

Inhaltsverzeichnis	
1.	Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland Stand: März 2018 Erstellt von: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.
2.	Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen und energetischen Verwertung von Ölen und Fetten in Deutschland (2011-2016) Stand: Januar 2018 Erstellt von: T+I Consulting
3.	Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen und energetischen Verwertung von Kohlehydraten in Deutschland (2011-2016) Stand: Januar 2018 Erstellt von: T+I Consulting

www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416

<http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Stand: März 2018

ANBAU UND VERWENDUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND

Erstellt im Rahmen des BMEL-Auftrages:

„Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat)“

FKZ 22004416

www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416

Ansprechpartner bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.:

Datenerhebung	Herr Dr. Becker, a.becker@fnr.de
Anbau von NawaRo:	Herr Dr. Becker, a.becker@fnr.de
Stoffliche Verwendung von NawaRo:	Herr Dr. Peters, d.peters@fnr.de
Energetische Verwendung von NawaRo:	Herr Dr. Becker, a.becker@fnr.de Herr Kemnitz, d.kemnitz@fnr.de

www.fnr.de/fnr-ueber-uns/fnr/mitarbeiter/

Fachagentur
Nachwachsende
Rohstoffe e.V.
OT Gülzow
Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: +49 3843 6930-0
Fax: +49 3843 6930-102

E-Mail: info@fnr.de
Internet: www.fnr.de

Inhalt

1.	Vorbemerkungen	1
2.	Methodische Hinweise	2
3.	Anbau nachwachsender Rohstoffe	3
3.1	Flächennutzung in Deutschland	3
	Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland 2016	3
3.2	Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland	4
	Abbildung 2: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2005-2017)	4
	Tabelle 1: Anbaufläche in Deutschland nach Verwendung nachwachsender Rohstoffe (2011-2017)	5
	Tabelle 2: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biogas in Deutschland (2011-2017)	5
	Tabelle 3: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biokraftstoffe in Deutschland (2011-2017)	6
	Tabelle 4: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe zur Nutzung als Festbrennstoff in Deutschland (2011-2017)	6
	Tabelle 5: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe in Deutschland nach Kulturarten (2012-2017)	7
4.	Stoffliche Verwendung nachwachsender Rohstoffe	8
4.1	Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland	8
	Tabelle 6: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2010-2016) - Übersicht	8
	Abbildung 3: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2016)	8
	Tabelle 7: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2010-2016) - Detailaufstellung	9
	Tabelle 8: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von Ölen und Fetten in Deutschland (2010-2016)	9
	Tabelle 9: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von Kohlenhydraten in Deutschland (2010-2016)	9
	Tabelle 10: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von sonst. nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (2010-2016)	10
4.2	Stoffliche Verwendungsbereiche nachwachsender Rohstoffe insgesamt in Deutschland	10
	Tabelle 11: Stoffliche Verwendungsmengen von Pflanzenölen in Deutschland (2011-2016)	10
	Tabelle 12: Stoffliche Verwendungsmengen von Zucker in Deutschland (2011-2016)	11
	Tabelle 13: Stoffliche Verwendungsmengen von Stärke in Deutschland (2011-2016)	11
	Tabelle 14: Stoffliche Verwendungsmengen von Chemiezellstoff in Deutschland (2011-2016)	11
4.3	Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland	12
	Tabelle 15: Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in D (2010-16) - Übersicht	12
	Abbildung 4: Stoffliche Einsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in D (2016)	12
	Tabelle 16: Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in D (2010-16) - Detail	13
	Abbildung 5: Anteil der stofflichen Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie an der gesamten stofflichen Nutzung in D (2007-2016)	13
	Abbildung 6: Stoffliche Einsatzmengen organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2016)	14
	Tabelle 17: Stoffliche Einsatzmengen organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2010-2016)	14
5.	Energetische Verwendung nachwachsender Rohstoffe	15
	Tabelle 18: Einsatzmengen agrarischer Rohstoffe für Bioenergie in Deutschland (2012-2016)	15

1. VORBEMERKUNGEN

Nachwachsende Rohstoffe, so die Definition, sind land- und forstwirtschaftlich erzeugte organische Rohstoffe pflanzlichen, tierischen oder mikrobiellen Ursprungs, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden, sondern stofflich zur Herstellung von Chemikalien, Werkstoffen und anderen biobasierten Produkten oder energetisch zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen genutzt werden.

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) erhebt die Anbauzahlen und Verwendungsmengen nachwachsender Rohstoffe in Deutschland jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Bei der Erhebung der Verwendungsmengen von nachwachsenden Rohstoffen werden Halbfertigerzeugnisse (Halbwaren, Zwischenprodukte) und Fertigerzeugnisse nicht berücksichtigt, sondern nur land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe.

Die Daten werden aufbereitet und über die Internetseiten der FNR und des BMEL veröffentlicht:

<https://www.fnr.de>

<https://www.bmel-forschung.de>

Grafiken zum Anbau sowie zur energetischen und stofflichen Nutzung stehen über die Mediathek der FNR zur Verfügung:

<https://mediathek.fnr.de/>

<https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten.html>

Nachwachsende Rohstoffe forstwirtschaftlichen Ursprungs werden flächenmäßig im Rahmen der vorliegenden Erhebung nicht erfasst. Ferner wird die Nutzung von holzartiger Biomasse nur für chemisch-technische Verwendungen (Chemiezellstoff) erfasst.

Der Bereich der Forst- und Holzwirtschaft wird im Auftrag des BMEL durch das Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei analysiert:

<https://www.thuenen.de/de/wf/>

Die nachfolgend aufgeführten Daten zur stofflichen und energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen schließen somit die Nutzung von Holz als Bau- und Werkstoff, als Papierrohstoff sowie als Bioenergieträger nicht mit ein.

2. METHODISCHE HINWEISE

Bei der Ermittlung der Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe ist zu beachten, dass, bis auf wenige Ausnahmen, kein gezielter Anbau von nachwachsenden Rohstoffen stattfindet. Vielmehr entscheiden sich deren Verwendung und damit die Zuordnung zur Gruppe der nachwachsenden Rohstoffe marktbedingt erst nach dem Erntezeitpunkt. Daher kann die Ermittlung von Anbauflächen nicht bereits zum Anbauzeitpunkt, sondern nur rückwirkend für ein abgeschlossenes Wirtschaftsjahr erfolgen. Dies geschieht maßgeblich auf Basis der tatsächlich stattgefundenen Rohstoffverbräuche von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, die jährlich von der FNR erfasst werden. Die Anbauflächen sind somit größtenteils kalkulatorische Größen.

Datengrundlage der Ermittlung der Verwendungsmengen nachwachsender Rohstoffe sind die amtliche Agrarstatistik, die amtlichen Produktions- und Außenhandelsstatistiken sowie die Meldungen an die BLE über Marktordnungswaren (MVO). Die Datenergebnisse sind wesentlich abhängig von der Aktualität und Verfügbarkeit dieser Eingangsdaten. Aufgrund vorhandener Einschränkungen¹ und der Auswirkungen des allgemeinen Statistikrückbaus werden auch ergänzende Quellen, wie Expertenbefragungen, aktuelle Entwicklungen in der Landwirtschaft und der Prozessindustrie, Sektorstudien sowie Informationen der Verbände und Unternehmen mit in die Betrachtung einbezogen. Dennoch sind die vorhandenen Informationen nicht immer geeignet, um trennscharf zwischen Food- und Non-Food und weiterführend zwischen stofflicher und energetischer Nutzung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse zu differenzieren. Aus diesem Grund erfolgen zusätzlich annahmebasierte Schätzungen.

Die in den Graphiken und Tabellen angebenen Werte sind auf signifikante Stellen gerundet. Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen.

Vorläufige Werte (v)

Zur Ermittlung der Anbauflächen bzw. der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen in einem Kalenderjahr sind Daten zu Rohstoffverbräuchen an nachwachsenden Rohstoffen für das zugrundeliegende Wirtschaftsjahr erforderlich. Auf dieser Basis können die Rohstoffnachfrage und abschließend die für die Rohstoffbereitstellung erforderlichen Anbauflächen der verschiedenen nachwachsenden Rohstoffe rückwirkend kalkuliert werden. Hierbei finden, neben weiteren Annahmen, insbesondere die jeweiligen Produktionsmengen bzw. Hektarerträge (beim Anbau), Lagerhaltung sowie Ex- und Importe der nachwachsenden Rohstoffe im Wirtschaftsjahr Berücksichtigung. Es ist auch zu beachten, dass nicht immer Wirtschaftsjahr und Kalenderjahr übereinstimmen.² Da vorläufige Daten zu Rohstoffverbräuchen jedoch frühestens zum Ende des Wirtschaftsjahres, in der Regel aber erst innerhalb der zweiten Jahreshälfte des Folgejahres (Kalenderjahr +1) verfügbar sind, unterliegt auch die darauf basierende Ermittlung der Anbauflächen bzw. Verwendungsmengen einer Vorläufigkeit. Erst nach Vorlage und abschließender Validierung dieser vorläufigen Daten können abschließende Angaben zu Anbauflächen bzw. zur Verwendung bereitgestellt werden. Dies ist erst in der ersten Hälfte des darauffolgenden Jahres (Kalenderjahr +2) möglich.

Geschätzte Werte (g)

Um auch Aussagen zu Entwicklungen der Anbauflächen an nachwachsenden Rohstoffen im aktuellen Kalenderjahr treffen zu können, zu dem noch keine Daten zu Rohstoffverbräuchen zur Verfügung stehen, wird eine vorläufige Schätzung vorgenommen. Diese basiert maßgeblich auf den vorliegenden Daten zu Rohstoffverbräuchen des Vorjahres sowie dem bereits bekannten Gesamtanbauumfang aller Ackerkulturen im aktuellen Wirtschaftsjahr. In diese Schätzung werden Annahmen über aktuelle Marktentwicklungen innerhalb der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen einbezogen. Eine Validierung dieser Schätzung, unter Hinzuziehen von vorläufigen Daten zu Rohstoffverbräuchen an nachwachsenden Rohstoffen, findet in der 2. Hälfte des Folgejahres statt und kann zu einer Aktualisierung der Schätzung führen. Die Validierung ergibt dann die oben bereits beschriebenen vorläufigen Werte.

¹ Beispielsweise aus Geheimhaltungsgründen gesperrte Einzelangaben oder Grenzwerte unterhalb der keine Meldepflicht besteht.

² Beispielsweise reicht das Wirtschaftsjahr für Zuckerrüben und Zucker von Oktober bis September.

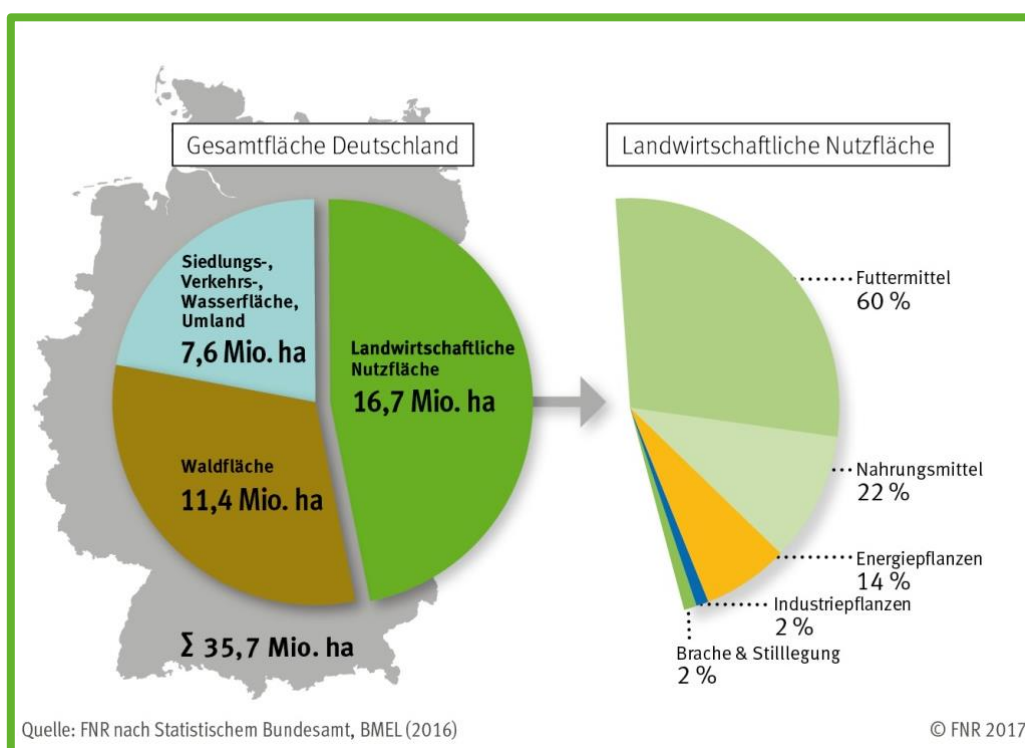
3. ANBAU NACHWACHSENDER ROHSTOFFE

3.1 Flächennutzung in Deutschland

Deutschland verfügt über eine Gesamtfläche von 35,7 Millionen Hektar (ha). Davon wurden im Jahr 2016 rund 16,7 Millionen ha landwirtschaftlich genutzt. Die landwirtschaftliche Nutzfläche lässt sich nach deren Nutzung weiter unterteilen in 11,8 Millionen ha Ackerflächen, 4,7 Millionen ha Dauergrünland und 0,2 Millionen ha Dauerkulturen. Der Umfang der Waldfläche belief sich im Jahr 2016 auf etwa 11,4 Millionen ha.

In der Landwirtschaft erzeugte nachwachsende Rohstoffe wuchsen 2016 auf rund 16% der landwirtschaftlichen Nutzfläche, hauptsächlich auf dem Acker (davon 14% für den Anbau von Energiepflanzen und 2% für den Anbau von Industriepflanzen, die einer stofflichen Verwertung zugeführt wurden). Aber auch ein Teil des Dauergrünlandes wird für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen genutzt, etwa die Flächen, von denen Mähgut in Biogasanlagen verwertet wird. 82% der landwirtschaftlichen Nutzfläche wurden zur Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln genutzt.

Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland 2016



3.2 Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland

Nachwachsende Rohstoffe wuchsen in Deutschland im Jahr 2017 auf rund 2,7 Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche. Im Jahre 2004 wurde erstmals der Umfang von 1 Millionen ha und 2007 von 2 Millionen ha erreicht. Das Wachstum des Anbauumfangs an nachwachsenden Rohstoffen hat sich seitdem verringert. Aktuell (2014-2017) liegt der Anbauumfang auf einem Niveau von etwa 2,5 bis 2,7 Millionen ha. Die Anbaufläche für Energiepflanzen ist dabei mit 2,35 Millionen Hektar in Deutschland deutlich größer als die für Industriepflanzen mit rund 0,3 Millionen ha.

Abbildung 2: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2005-2017)

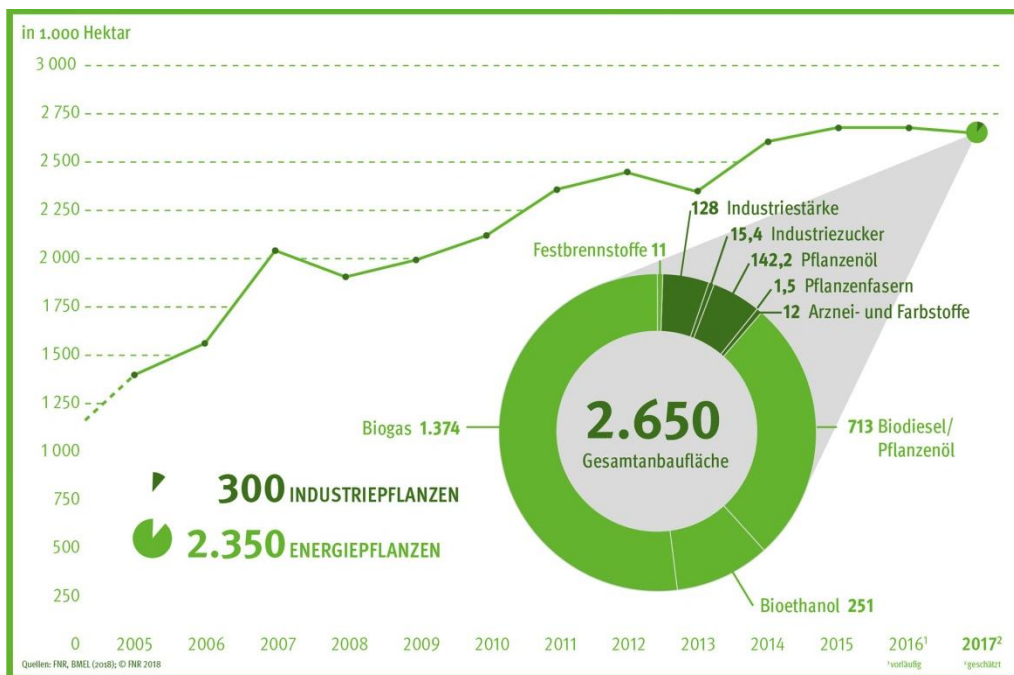


Tabelle 1: Anbaufläche in Deutschland nach Verwendung nachwachsender Rohstoffe (2011-2017)

ANBAUFLÄCHE (in ha)								
Nutzung	Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016v	2017g
Industriepflanzen	Industriestärke	121.000	110.000	107.000	106.000	108.000	128.000	128.000
	Industriezucker	15.000	16.000	17.000	12.500	12.300	12.800	15.400
	Technisches Rapsöl	146.000	140.000	139.000	116.000	138.000	132.000	131.000
	Technisches Sonnenblumenöl	8.000	8.000	7.500	6.000	7.100	7.740	7.740
	Technisches Leinöl	4.000	4.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
	Pflanzenfasern	500	500	500	1.000	1.490	1.520	1.520
	Arznei- und Färberstoffe	10.000	10.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
	Summe Industriepflanzen	304.000	289.000	286.000	257.000	283.000	298.000	300.000
Energiepflanzen	Raps für Biodiesel / Pflanzenöl	910.000	786.000	614.000	799.000	805.000	720.000	713.000
	Pflanzen für Bioethanol	241.000	201.000	173.000	188.000	238.000	259.000	251.000
	Pflanzen für Biogas	900.000	1.162.500	1.269.000	1.354.000	1.340.000	1.394.000	1.374.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe	5.500	10.500	9.000	10.500	11.000	11.000	11.000
	Summe Energiepflanzen	2.060.000	2.160.000	2.060.000	2.350.000	2.390.000	2.380.000	2.350.000
NawaRo-Anbaufläche gesamt		2.360.000	2.450.000	2.350.000	2.610.000	2.680.000	2.680.000	2.650.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

Energiepflanzen für Biogasanlagen beanspruchten die größte Fläche beim Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland.

Tabelle 2: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biogas in Deutschland (2011-2017)

ANBAUFLÄCHE (in ha)							
Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016v	2017g
Biogas (gesamt)	900.000	1.162.500	1.269.000	1.354.000	1.340.000	1.394.000	1.374.000
davon Mais (Silage)	700.000	834.000	848.000	877.000	872.000	911.000	913.000
davon Getreide (Korn)	k.A.	40.800	142.000	159.000	151.000	173.000	160.000
davon Getreide (Silage)	k.A.	111.000	102.000	104.000	123.000	101.000	88.000
davon GPS (Gras, Leguminosen und sonst. Raufutter)	k.A.	153.000	162.000	199.000	178.000	192.000	192.000
davon Zuckerrüben	k.A.	23.700	14.300	14.700	15.600	15.900	19.300
Sonstige NawaRo (Silphie)	k.A.	100	300	400	400	800	1.900

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

Für die Produktion von Biokraftstoffen verwenden die deutschen Biokraftstoffhersteller überwiegend Raps, Getreide und Zuckerrüben. Der Anbau von Energiepflanzen zur Produktion von Biokraftstoffen nimmt, nach der Anbaufläche für die Bereitstellung von Rohstoffen für die Biogasproduktion, den zweitgrößten Flächenumfang im Gesamtanbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland ein.

Tabelle 3: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für Biokraftstoffe in Deutschland (2011-2017)

ANBAUFLÄCHE (in ha)							
Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016v	2017g
Raps für Biodiesel / Pflanzenöl	910.000	786.000	614.000	799.000	805.000	720.000	713.000
Pflanzen für Bioethanol	241.000	201.000	173.000	188.000	238.000	259.000	251.000
<i>davon Zuckerrüben</i>	<i>k.A.</i>	<i>38.500</i>	<i>41.600</i>	<i>31.700</i>	<i>43.900</i>	<i>30.200</i>	<i>36.600</i>
<i>davon Weizen</i>	<i>k.A.</i>	<i>81.000</i>	<i>37.300</i>	<i>55.900</i>	<i>68.600</i>	<i>83.100</i>	<i>83.000</i>
<i>davon Roggen</i>	<i>k.A.</i>	<i>28.500</i>	<i>38.700</i>	<i>52.300</i>	<i>65.000</i>	<i>75.700</i>	<i>71.400</i>
<i>davon Körnermais</i>	<i>k.A.</i>	<i>24.800</i>	<i>26.100</i>	<i>14.800</i>	<i>20.500</i>	<i>21.700</i>	<i>20.500</i>
<i>davon sonst. Futtergetreide</i>	<i>k.A.</i>	<i>27.900</i>	<i>29.200</i>	<i>33.200</i>	<i>39.800</i>	<i>48.500</i>	<i>39.200</i>

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

Die regenerative Wärmeproduktion in Deutschland basiert überwiegend auf holzartiger Biomasse (Wald- und Waldrestholz, Altholz, Sägenebenprodukte, etc.). Festbrennstoffe aus der Landwirtschaft spielen in diesem Bereich nur eine untergeordnete Rolle. Auf landwirtschaftlicher Nutzfläche wird Energieholz in so genannten Kurzumtriebsplantagen (KUP), z.B. Pappeln und Weiden, angebaut. Eine ebenfalls mehrjährige Feldkultur, die zur Wärmeerzeugung genutzt wird, ist Miscanthus oder Chinaschilf.

Tabelle 4: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe zur Nutzung als Festbrennstoff in Deutschland (2011-2017)

ANBAUFLÄCHE (in ha)							
Rohstoffe	2011	2012	2013	2014	2015	2016v	2017g
Pflanzen für Festbrennstoffe	5.500	10.500	9.000	10.500	11.000	11.000	11.000
<i>davon Kurzumtriebsplantagen (KUP)</i>	<i>3.500</i>	<i>5.000</i>	<i>6.000</i>	<i>6.000</i>	<i>6.630</i>	<i>6.630</i>	<i>6.630</i>
<i>davon Miscanthus</i>	<i>2.000</i>	<i>2.500</i>	<i>3.000</i>	<i>4.500</i>	<i>4.500</i>	<i>4.500</i>	<i>4.600</i>
<i>sonst. Festbrennstoffe (bspw. Getreide)</i>	<i>k.A.</i>	<i>3.000</i>	<i>k.A.</i>	<i>k.A.</i>	<i>k.A.</i>	<i>k.A.</i>	<i>k.A.</i>

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

Viele der in Deutschland angebaute Ackerkulturen werden auch als Industrie- und Energiepflanzen verwertet. Hauptkulturen sind dabei Mais, Raps und Getreide.

Tabelle 5: Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe in Deutschland nach Kulturarten (2012-2017)

ANBAUFLÄCHE (in ha)								
Kultur	Nutzung		2012	2013	2014	2015	2016v	2017g
Raps	energetisch	Biodiesel, PÖ	786.000	614.000	799.000	805.000	720.000	713.000
	stofflich		140.000	139.000	116.000	138.000	132.000	131.000
	gesamt		926.000	752.000	914.000	943.000	852.000	844.000
Sonnenblume	stofflich		8.000	7.500	6.000	7.100	7.740	7.740
Lein	stofflich		4.000	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Getreide	energetisch	Festbrennstoff	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
		Bioethanol	137.000	105.000	141.000	173.000	207.000	194.000
		Biogas	151.000	244.000	263.000	274.000	274.000	248.000
	stofflich	Stärke	51.100	44.300	56.400	60.300	73.600	73.600
	gesamt		340.000	393.000	461.000	508.000	555.000	515.000
Kartoffel	stofflich	Industriestärke	24.900	26.500	26.300	20.562	24.714	26.921
Zuckerrüben	energetisch	Bioethanol	38.500	41.600	31.700	43.900	30.200	36.600
		Biogas	23.700	14.300	14.700	15.600	15.900	19.300
	stofflich	Industriezucker	16.000	17.000	12.500	12.300	12.800	15.400
	gesamt		78.200	72.900	58.900	71.800	58.900	71.300
Körnermais	energetisch	Bioethanol	24.800	26.100	14.800	20.500	21.700	20.500
	stofflich	Industriestärke	34.200	35.800	23.300	27.300	29.700	28.000
	gesamt		59.000	61.900	38.100	47.800	51.400	48.400
Mais(silage)	energetisch	Biogas	834.000	848.000	877.000	872.000	911.000	913.000
Arznei- und Färbepflanzen	stofflich		10.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Pflanzenfasern	stofflich		420	420	715	1.440	1.470	1.470
Miscanthus	energetisch	Festbrennstoff	2.500	3.000	4.500	4.500	4.500	4.600
Silphie	energetisch	Biogas	100	300	400	400	800	1.900
KUP	energetisch	Festbrennstoff	5.000	6.000	6.000	6.630	6.630	6.630
GPS (Gras, Leguminosen und sonst. Raufutter)	energetisch	Biogas	153.000	162.000	199.000	178.000	192.000	192.000
Anbaufläche für energetische Nutzung			2.160.000	2.060.000	2.350.000	2.390.000	2.380.000	2.350.000
Anbaufläche für stoffliche Nutzung			289.000	286.000	256.000	283.000	298.000	300.000
Anbaufläche Insgesamt			2.450.000	2.350.000	2.610.000	2.680.000	2.680.000	2.650.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

4. STOFFLICHE VERWENDUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE

Dem Begriff „stoffliche Verwendung“ werden alle Verwertungspfade von nachwachsenden Rohstoffen zugeordnet, die nicht der Bereitstellung von Strom und Wärme, also einer energetischen Verwertung, dienen.

Weiterführend kann aus der stofflichen Gesamteinsatzmenge von nachwachsenden Rohstoffen (vgl. Kapitel 4.1.) noch die Teilmenge separat dargestellt werden, welche in der Chemieindustrie (d.h. ohne Berücksichtigung der Nutzung von Naturfasern und Papierstärke) verarbeitet wird (vgl. Kapitel 4.3).

4.1 Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

Nachwachsende Rohstoffe wurden im Jahr 2016 in Deutschland im Umfang von rund 3,6 Millionen Tonnen stofflich verwendet. Dabei machen Kohlenhydrate (Stärke, Zucker, Zellstoff) mit rund 45% sowie tierische und pflanzlichen Öle und Fette mit etwas über 30% den überwiegenden Anteil aus.

Tabelle 6: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2010-2016) - Übersicht

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Fette und Öle	1.200.000	1.440.000	1.290.000	1.090.000	1.170.000	1.210.000	1.170.000
Kohlenhydrate	1.540.000	1.690.000	1.520.000	1.500.000	1.570.000	1.530.000	1.650.000
Sonstige	789.000	770.000	757.000	776.000	777.000	739.000	793.000
Insgesamt	3.530.000	3.900.000	3.570.000	3.370.000	3.520.000	3.490.000	3.610.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Es werden sowohl einheimische als auch importierte land- und forstwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe eingesetzt. So werden schätzungsweise etwa 60% der nachwachsenden Rohstoffe aus Europa und Übersee zur Verarbeitung in der deutschen Prozessindustrie importiert. Die hergestellten biobasierten Produkte werden dann entweder in Deutschland verbraucht oder auch exportiert.

Abbildung 3: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2016)

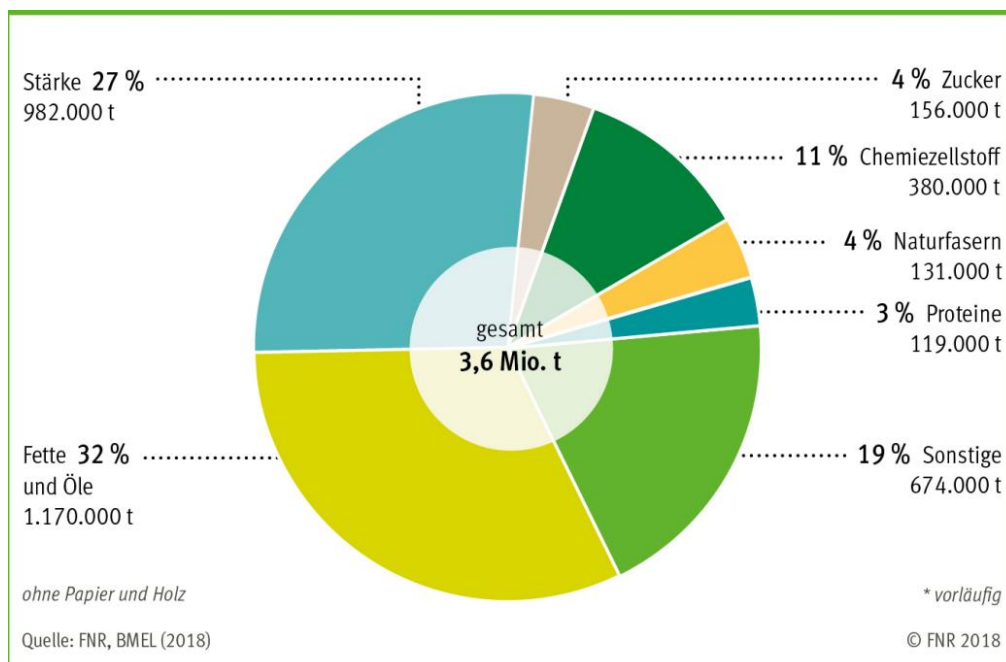


Tabelle 7: Stoffliche Gesamteinsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (2010-2016) - Detailaufstellung

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Fette und Öle	1.200.000	1.440.000	1.290.000	1.090.000	1.170.000	1.210.000	1.170.000
Stärke	880.000	980.000	838.000	878.000	855.000	869.000	982.000
Zucker	126.000	149.000	146.000	154.000	142.000	143.000	156.000
Chemiezellstoff	392.000	401.000	392.000	335.000	445.000	386.000	380.000
Naturfasern	141.000	161.000	144.000	137.000	132.000	136.000	131.000
Proteine	178.000	137.000	134.000	141.000	138.000	114.000	119.000
Sonstige	611.000	633.000	623.000	635.000	639.000	625.000	674.000
Insgesamt	3.530.000	3.900.000	3.570.000	3.370.000	3.520.000	3.490.000	3.610.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Tabelle 8: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von Ölen und Fetten in Deutschland (2010-2016)

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Pflanzliche Öle und Fette	1.000.000	1.225.000	1.100.000	906.000	973.000	1.008.000	988.000
Tierische Fette	200.000	210.000	192.000	185.000	195.000	205.000	183.000
Insgesamt	1.200.000	1.440.000	1.290.000	1.090.000	1.170.000	1.210.000	1.170.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Tabelle 9: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von Kohlenhydraten in Deutschland (2010-2016)

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Papierstärke	660.000	636.000	586.000	643.000	634.000	656.000	686.000
Chemiestärke	220.000	344.000	252.000	235.000	221.000	213.000	296.000
Chemiezucker	126.000	149.000	146.000	154.000	142.000	143.000	156.000
Chemiezellstoff	392.000	401.000	392.000	335.000	445.000	386.000	380.000
Naturfasern	141.000	161.000	144.000	137.000	132.000	136.000	131.000
Insgesamt	1.539.000	1.690.000	1.520.000	1.500.000	1.570.000	1.530.000	1.650.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Tabelle 10: Stoffliche Gesamteinsatzmenge von sonst. nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (2010-2016)

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Wachse, Harze, Gerbstoffe	129.000	113.000	103.000	109.000	97.000	92.000	104.000
Glycerin	142.000	171.000	207.000	210.000	194.000	182.000	200.000
Naturkautschuk	255.000	270.000	240.000	238.000	240.000	218.000	224.000
Kork	37.400	32.000	29.000	33.000	29.000	33.000	35.000
Andere	47.700	47.000	44.000	45.000	78.000	101.000	111.000
Insgesamt	611.000	633.000	623.000	635.000	639.000	625.000	674.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

4.2 Stoffliche Verwendungsbereiche nachwachsender Rohstoffe insgesamt in Deutschland

Nachwachsende Rohstoffe kommen in den unterschiedlichsten Bereichen der Industrie und im privaten Umfeld zum Einsatz. Es gibt bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe ein immenses Produktspektrum. Es reicht von Baustoffen über Papier und Pappe, Werkstoffe, Schmierstoffe, Zwischenprodukte für die chemische Industrie bis hin zu Arzneimitteln, Kosmetika, Lacken, Textilien und vielem mehr. Die bedeutendsten nachwachsenden Rohstoffe in Deutschland (Pflanzenöle, Zucker, Stärke, Chemiezellstoff) werden in zahlreichen, unterschiedlichen Verwendungsbereichen der Prozessindustrie, insbesondere der chemischen Industrie, zur Herstellung biobasierter Zwischen- und Endprodukte eingesetzt. Hierzu gehören Fein- und Spezialchemikalien und chemische Intermediate, Pharmaerzeugnisse, Polymeradditive sowie Funktionspolymere. Werkstoffliche Verwendungen wie bspw. naturfaserverstärkte Kunststoffe oder Strukturpolymere machen nur einen relativ geringen Anteil aus.

Tabelle 11: Stoffliche Verwendungsmengen von Pflanzenölen in Deutschland (2011-2016)

VERWENDUNGSMENGE (in t)						
Anwendung	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittel	588.578	571.502	592.245	596.974	646.898	599.693
Schmierstoffe	23.498	35.847	36.892	40.497	48.676	48.784
Polymere	162.900	162.900	163.000	162.800	162.600	162.600
Lacke und Farben	85.537	84.755	83.045	85.321	84.422	83.639
Sonstige Verwendungen	187.420	185.970	193.344	193.998	194.657	194.895
Bilanzausgleich ⁺	177.066	59.026	-162.526	-106.591	-129.252	-101.610
Insgesamt	1.225.000	1.100.000	906.000	973.000	1.008.000	988.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

⁺ Bilanzausgleich zwischen Aufkommen und Verwendung

Quellen: FNR, TI-Consulting (2018)

v - vorläufig

Tabelle 12: Stoffliche Verwendungsmengen von Zucker in Deutschland (2011-2016)

VERWENDUNGSMENGE (in t)						
Anwendung	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Pharma & Kosmetik	12.000	11.700	12.300	13.000	13.600	13.900
Bauchemie	2.000	2.000	1.900	2.000	2.100	2.100
Tenside	2.500	2.500	2.600	2.600	2.700	2.800
PU-Schäume	15.000	14.200	14.800	15.900	14.600	14.800
Fermentation	40.800	40.300	40.900	42.800	43.900	45.300
Technisches Bioethanol	76.700	74.800	81.800	65.300	66.400	77.300
Insgesamt	149.000	146.000	154.000	142.000	143.000	156.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, TI-Consulting (2018)

v - vorläufig

Tabelle 13: Stoffliche Verwendungsmengen von Stärke in Deutschland (2011-2016)

VERWENDUNGSMENGE (in t)						
Anwendung	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Papier	524.000	494.000	529.000	518.000	540.000	568.000
Wellpappe	112.000	92.000	114.000	115.000	116.000	118.000
Chemie, Fermentation	157.000	87.000	103.000	106.000	97.000	179.000
Technisches Bioethanol	187.000	165.000	132.000	115.000	116.000	118.000
Insgesamt	980.000	838.000	878.000	855.000	869.000	982.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, TI-Consulting (2018)

v - vorläufig

Tabelle 14: Stoffliche Verwendungsmengen von Chemiezellstoff in Deutschland (2011-2016)

VERWENDUNGSMENGE (in t)						
Anwendung	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
für Cellulosederivate	163.000	158.000	92.000	223.000	179.000	169.000
für Cellulosefasern	238.000	234.000	242.000	222.000	206.000	211.000
Insgesamt	401.000	392.000	335.000	445.000	386.000	380.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, TI-Consulting (2018)

v - vorläufig

4.3 Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland

Von der stofflichen Gesamtverwendungsmenge nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (rund 3,6 Millionen Tonnen) wurden im Jahr 2016 in Deutschland rund 2,7 Millionen Tonnen in der Chemieindustrie verarbeitet. Dabei machen tierische und pflanzlichen Öle und Fette mit rund 45% den überwiegenden Anteil aus. Der Anteil von Kohlenhydraten (Zucker, Stärke, Chemiezellstoff) beträgt etwas über 30%.

Tabelle 15: Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2010-2016) - Übersicht

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Fette und Öle	1.200.000	1.440.000	1.290.000	1.090.000	1.170.000	1.210.000	1.170.000
Kohlenhydrate	738.000	894.000	790.000	724.000	808.000	742.000	832.000
Sonstige	740.000	731.000	725.000	740.000	714.000	655.000	691.000
Insgesamt	2.680.000	3.060.000	2.810.000	2.560.000	2.690.000	2.610.000	2.690.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Es werden sowohl einheimische als auch importierte land- und forstwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe eingesetzt. So werden schätzungsweise etwa 70% der nachwachsenden Rohstoffe aus Europa und Übersee zur Verarbeitung in der deutschen chemischen Industrie importiert. Die hergestellten biobasierten Produkte werden in Deutschland verbraucht, aber auch in großem Umfang exportiert.

Abbildung 4: Stoffliche Einsatzmenge nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2016)

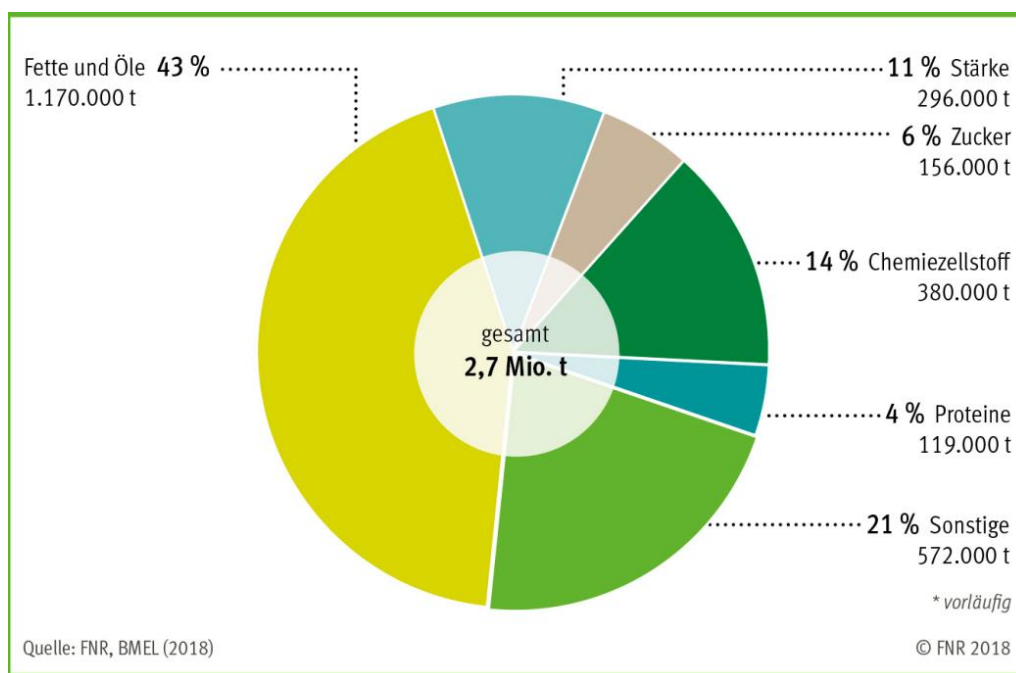


Tabelle 16: Stoffliche Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2010-2016) - Detailaufstellung

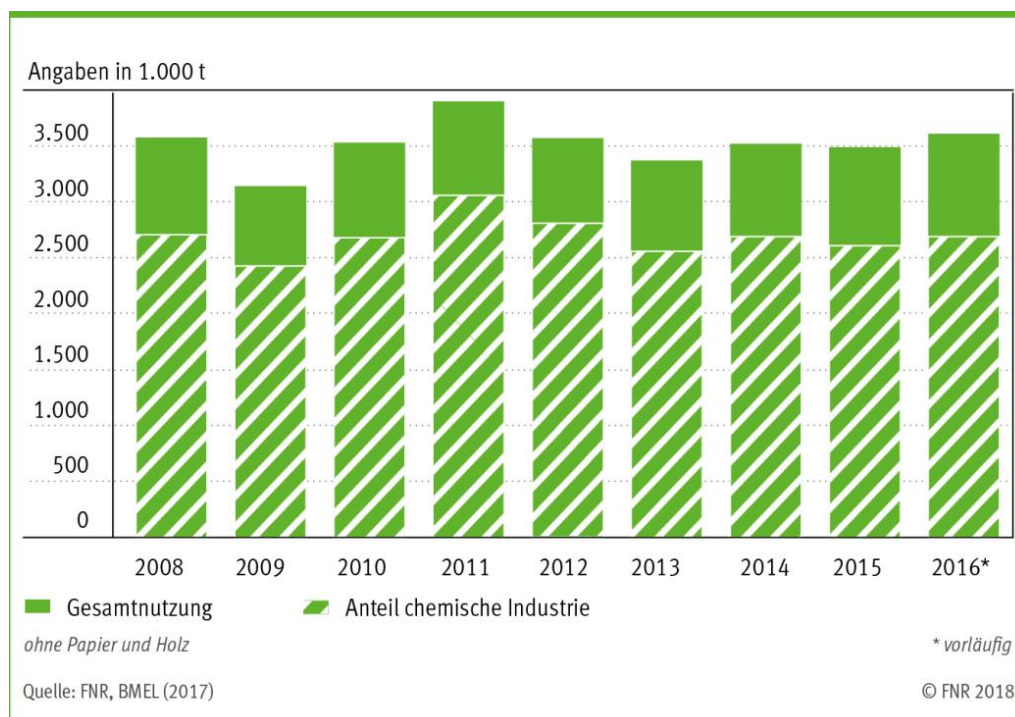
EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Fette und Öle	1.200.000	1.440.000	1.290.000	1.090.000	1.170.000	1.210.000	1.170.000
Stärke	220.000	344.000	252.000	235.000	221.000	213.000	296.000
Zucker	126.000	149.000	146.000	154.000	142.000	143.000	156.000
Chemiezellstoff	392.000	401.000	392.000	335.000	445.000	386.000	380.000
Proteine	178.000	137.000	134.000	141.000	138.000	114.000	119.000
Sonstige	562.000	594.000	591.000	599.000	576.000	541.000	572.000
Insgesamt	2.680.000	3.060.000	2.810.000	2.560.000	2.690.000	2.610.000	2.690.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig

Abbildung 5: Anteil der stofflichen Einsatzmengen nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie an der gesamten stofflichen Nutzung in Deutschland (2007-2016)



In Deutschland entfallen vom Verbrauch aller fossilen Rohstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle) circa 4 Prozent auf die Chemie (VCI, 2017). Die chemische Industrie setzte 2016 rund 17,7 Millionen Tonnen fossile Rohstoffe stofflich ein. Hinzu kommen noch 2,5 Millionen Tonnen biogene Rohstoffe. Somit sind rund 13% der eingesetzten organischen Rohstoffe nachwachsend.

Abbildung 6: Stoffliche Einsatzmengen organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2016)

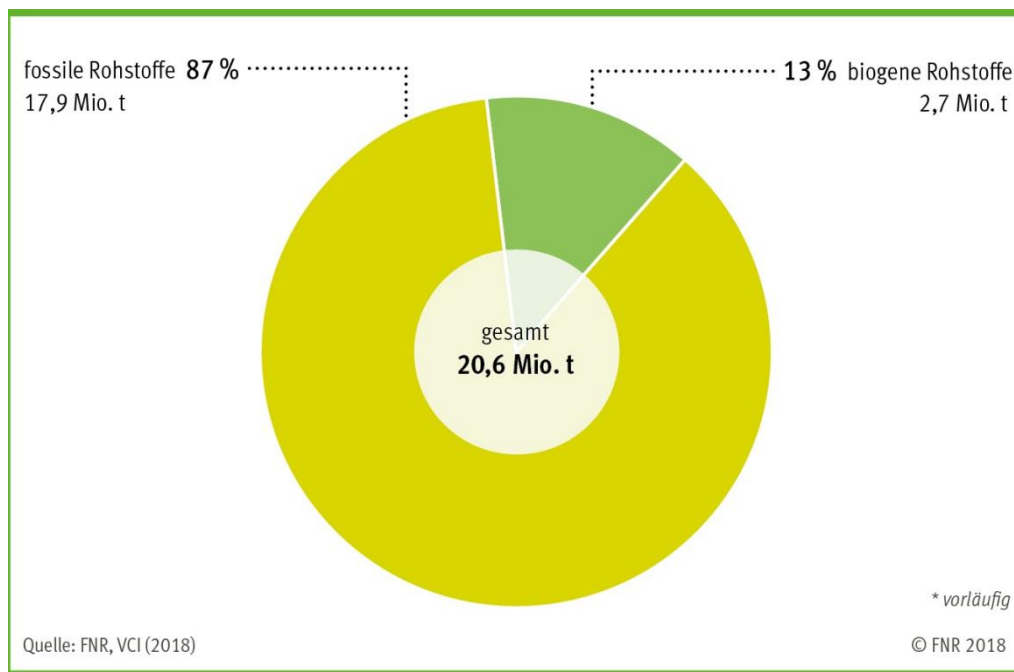


Tabelle 17: Stoffliche Einsatzmengen organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland (2010-2016)

EINSATZMENGE (in t)							
Rohstoffe	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016v
Fossile Rohstoffe	17.700.000	17.700.000	17.100.000	17.400.000	17.700.000	17.200.000	17.900.000
Biogene Rohstoffe	2.680.000	3.060.000	2.810.000	2.560.000	2.690.000	2.610.000	2.690.000
Biogener Anteil	13,2%	14,7%	14,1%	12,8%	13,2%	13,2%	13,1%
Insgesamt	20.380.000	20.760.000	19.910.000	19.960.000	20.390.000	19.810.000	20.590.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, VCI (2018)

v - vorläufig

5. ENERGETISCHE VERWENDUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE

Landwirtschaftlich erzeugte nachwachsende Rohstoffe wurden im Jahr 2016 in Deutschland in einem Umfang von insgesamt rund 64 Millionen Tonnen zur Produktion von Strom, Wärme und Biokraftstoffen verwendet.

Diese Verwendungsmengen werden sowohl durch die einheimische Landwirtschaft als auch über Rohstoffimporte bereitgestellt. Hiervon werden etwa 57,9 Millionen t zur Produktion von Strom und Wärme (vor allem Biogas) eingesetzt, während rund 6,6 Millionen t zur Erzeugung von Biokraftstoffen verwendet werden.

Bei diesen Mengenangaben ist jedoch zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Rohstoffe ganz unterschiedliche Wasser- und damit auch Energiegehalte aufweisen, so dass die Rohstoffmenge allein noch keine abschließende Schlussfolgerung über die daraus erzeugte Menge an Bioenergie oder -kraftstoffen zulässt.

Tabelle 18: Einsatzmengen agrarischer Rohstoffe für Bioenergie in Deutschland (2012-2016)

EINSATZMENGE (in t)							
Nutzung	Bioenergieträger	Rohstoff	2012	2013	2014	2015	2016v
Strom und Wärme	agrarische Festbrennstoffe	Getreidestroh	20.000	35.000	50.000	90.000	144.000g*
		Holz aus Kurzumtriebsplantagen	16.000	20.000	20.000	22.000	
		Miscanthus	34.000	33.000	51.000	54.000	
	Biogas / Biomethan (inkl. Biomethan zur Kraftstoffverwendung)	Maissilage	39.800.000	37.200.000	45.800.000	41.100.000	43.700.000
		Grassilage	6.080.000	6.120.000	7.530.000	6.760.000	7.290.000
		Ganzpflanzensilage	3.870.000	3.570.000	4.390.000	5.070.000	4.250.000
		Getreidekorn	276.000	1.020.000	1.260.000	1.130.000	1.210.000
	Flüssigbrennstoffe	Zuckerrüben	1.660.000	1.020.000	1.260.000	1.130.000	1.210.000
Pflanzenöl		100.000	50.000	50.000	50.000	50.000	
Biokraftstoffe	Pflanzenöl-Reinkraftstoff	Pflanzenöl	24.700	1.200	5.500	2.000	3.600
	Biodiesel	Rapsöl	2.120.000	1.770.000	2.320.000	2.230.000	2.040.000
		Palmöl	45.000	436.000	96.000	121.000	165.000
		Sojaöl	87.000	280.000	160.000	70.000	132.000
	Ethanol	Getreide	1.370.000	1.510.000	1.770.000	1.740.000	1.990.000
		Zuckerrüben	2.700.000	3.170.000	2.910.000	3.170.000	2.310.000
Gesamtnutzung für Strom und Wärme			51.900.000	49.100.000	60.400.000	55.400.000	57.900.000
Gesamtnutzung für Biokraftstoffe			6.330.000	7.160.000	7.250.000	7.330.000	6.630.000
Gesamtnutzung für Bioenergie			58.200.000	56.300.000	67.700.000	62.700.000	64.500.000

Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Quellen: FNR, BMEL (2018)

v - vorläufig
g - geschätzt

Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen und energetischen Verwertung von Ölen und Fetten in Deutschland (2011-2016)

T+I Consulting
Renewable Resources

für die
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Hofplatz 1 18276 Gülzow

im Rahmen des BMEL-Auftrages

„Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat), FKZ 22004416

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erstellt von

T+I Consulting

Dr. Rainer Busch
Bismarckstrasse 15
76530 Baden-Baden

Telefon +49 72 21 28 14 30
E-mail office@ticonsulting.de

für die

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (I

Hofplatz 1
18276 Gülzow

Baden-Baden, 22.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG UND ÜBERSICHT	5
2. VERWENDUNG VON PFLANZENÖLEN IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....	10
2.1 Verwendung von Pflanzenölen in Tensiden.....	10
2.1.1 Fettsäuren.....	10
2.1.2 Fettalkohole	11
2.2.1. Anionische Tenside (ohne Seifen)	15
2.2.2. Seifen	15
2.2.3. Kationische Tenside.....	16
2.2.4. Nichtionische Tenside (ohne Alkylpolyglycoside)	16
2.2.5. Alkylpolyglycoside	17
2.2.6. Andere Tenside.....	17
2.2 Verwendung von Tensiden in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln.....	18
2.3 Verwendung von Pflanzenölen in Schmierstoffen	20
2.4 Verwendung von Pflanzenölen in Polymeren	24
2.5 Verwendung von Pflanzenölen in sonstigen oleochemischen Verwendungen	25
2.6 Verwendung von Pflanzenölen in Farben und Lacken	27
2.7 Glycerin.....	28
2.8 Tallöl.....	29
3 ZUSAMMENFASSUNG	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Produktion von Ölsaaten in Deutschland	6
Tabelle 2:	Importe von Ölsaaten in Deutschland	6
Tabelle 3:	Exporte von Ölsaaten in Deutschland	7
Tabelle 4:	Inlandsverfügbarkeit von Ölsaaten in Deutschland	7
Tabelle 5:	Inlandsverfügbarkeit von Pflanzenölen in Deutschland	7
Tabelle 6:	Inlandsverbrauch von Pflanzenölen	9
Tabelle 7:	Inlandsverbrauch von Tierfetten	9
Tabelle 8:	Produktion und Handel von technischen Fettsäuren in Deutschland	11
Tabelle 9:	Produktion und Handel von technischen Fettalkoholen in Deutschland	11
Tabelle 10:	Darstellung der verschiedenen Tensidklassen	13
Tabelle 11:	Produktion, Ein- und Ausfuhrmengen von Tensiden in Deutschland	14
Tabelle 12:	Berechnung der in anionischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle	15
Tabelle 13:	Berechnung der in Seifen enthaltenen pflanzlichen Öle	15
Tabelle 14:	Berechnung der in kationischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle	16
Tabelle 15:	Berechnung der in nichtionischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle (ohne Alkylpolyglycoside)	16
Tabelle 16:	Berechnung der in Alkylpolyglycosiden enthaltenen pflanzlichen Öle	17
Tabelle 17:	Berechnung der in anderen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle	18
Tabelle 18:	Verbrauch von Ölen und Fetten zur Herstellung von Tensiden	18
Tabelle 19:	Zusammensetzung von Wasch- Pflege- und Reinigungsmitteln für private Haushalte	18
Tabelle 20:	Mengen und Anteil verschiedener Tensidgruppen in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln (2015)	19
Tabelle 21:	Produktgruppen mit Anteilen von Bioschmierstoffen am Gesamtabsatz	20
Tabelle 22:	Mengen an Ölen und Fetten in Schmierstoffen in Deutschland	22
Tabelle 23:	Entwicklung der Mengen an biobasierten Ölen und Fetten in Schmierstoffen in Deutschland	23
Tabelle 24:	Verbrauch von Rizinusöl in Deutschland	25
Tabelle 25:	Berechnung der Ölmengen in Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten	28
Tabelle 26:	Inlandsverfügbarkeit von Glycerin	28
Tabelle 27:	Inlandsverfügbarkeit von Rohallöl	30
Tabelle 28:	Inlandsverfügbarkeit von raffiniertem Tallöl	30
Tabelle 29:	Verfügbarkeit von Tallölfettsäuren	30
Tabelle 30:	Verwendung von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie in Deutschland	32

1. EINLEITUNG UND ÜBERSICHT

Pflanzliche und tierische Öle und Fette sind –chemisch gesehen- Triglyceride, denn sie bestehen aus dem dreifachen Alkohol (Triol) Glycerin, der über Esterbindungen mit drei Fettsäureresten verknüpft ist. Diese wiederum bestehen aus gesättigten, einfach oder mehrfach ungesättigten, unverzweigten oder verzweigten oder anders modifizierten Kohlenstoffketten mit 10 bis 20 oder mehr Kohlenstoffatomen, was zu einer großen Vielfalt an Ölen und Fetten führt.

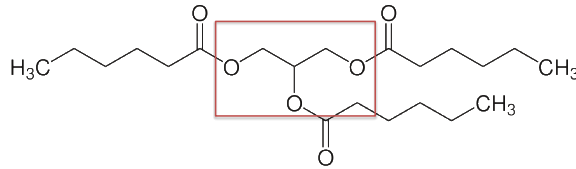


Abbildung 1: Chemische Struktur eines Triglycerids, der rote Rahmen zeigt den Glycerinteil

Diese Triglyceride können an der Esterbindung chemisch gespalten werden. Man erhält dabei Glycerin und die freien Fettsäuren. Letztere können zu den sogenannten Fettalkoholen reduziert werden. Sowohl Glycerin als auch die Fettsäuren und –alkohole spielen eine bedeutende Rolle in der Oleochemie.

Das Pflanzenöl kann aber auch direkt, d.h. ohne vorangehende chemische Modifikation, weiterverarbeitet werden und z.B. in der Lebensmittelindustrie oder als Energieträger genutzt werden. Die beim Pressen bzw. Extrahieren entstehenden Nebenprodukte wie beispielsweise Schrote und Presskuchen werden ebenfalls aufgearbeitet und als Rohstoff u.a. in der Tierernährung weiterverwendet. Man kann davon ausgehen, dass in Deutschland jährlich ca. 12-14 Mio. Tonnen Ölsaaten zu 5-6 Mio. Tonnen Ölen und 8-9 Mio. Tonnen Ölschroten verarbeitet werden. ¹

Die Inlandsverfügbarkeit von pflanzlichen Ölen bewegt sich seit Jahren ziemlich konstant zwischen fünf und sechs Millionen Tonnen. Dabei machen Raps- und Sojaöl mehr als 95% der einheimischen Produktion aus. Der Rest wird durch Importe abgedeckt. Dabei überwiegen Palmöl, Palmkern- und Kokosöl. Exportiert werden hauptsächlich Raps-, Soja- und Palmöl.

Um die Menge an von Pflanzenölen für die Verarbeitung in chemisch-technischen Anwendungen in Deutschland abzuleiten, muss eine Bilanzierung des deutschen Pflanzenölmarktes durchgeführt werden. Die Bilanz wird dabei wie folgt geschlossen:

Produktion von Pflanzenölen in Deutschland	
+	Importe
-	Exporte
-	Lagerbestände
=	Gesamtinlandsverwendung von Pflanzenölen in Deutschland

Dies wird in der folgenden Abbildung nochmals sehr anschaulich verdeutlicht.

¹ OVID - Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e. V., www.ovid-verband.de

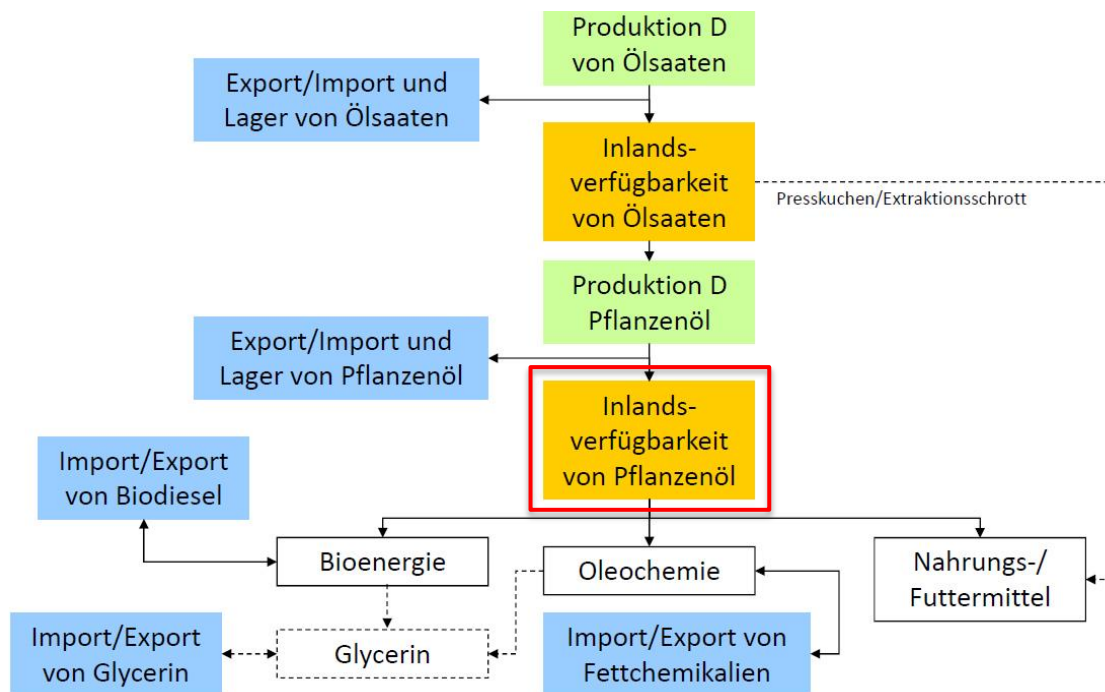


Abbildung 2: Bilanzierung von Ölsaaten und Pflanzenölen ²

Ölsaaten

Die folgenden Tabellen 1 - 4 fassen die Produktion, den Handel und daraus resultierend die Inlandsverfügbarkeit von Ölsaaten in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2016 zusammen.

Tabelle 1: Produktion von Ölsaaten in Deutschland ³

Produktion von Ölsaaten in Deutschland (in 1000 t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Soja	0	0	0	0	24	41
Raps	3.880	4.280	5.784	6.264	5.025	4.615
Sonnenblume	53	62	46	48	36	37
Lein	6	6	25	6	7	6
Sesam						
Gesamt	3.939	4.348	5.855	6.318	5.068	4.658

Tabelle 2: Importe von Ölsaaten in Deutschland ⁴

Importe von Ölsaaten in Deutschland (in 1000 t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Soja	3.188	3.445	3.628	3.714	3.786	3.140
Raps	3.127	4.136	4.608	4.453	4.738	5.440
Sonnenblume	360	511	407	470	423	356
Lein	124	170	129	110	169	151
Sesam	31	29	31	33	33	32
Gesamt	6.830	8.291	8.803	8.780	9.149	9.119

² AFC Consulting Group, Erhebung und Aufbereitung sowie Analyse der Validität und Reliabilität statistischer Daten zu NawaRo, FKZ 22000415, 2017, www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22000415

³ FEDIOL - Federation for European Oil and Proteinmeal Industry, www.fediol.eu, abgerufen am 11.4.2017

⁴ ebda

Tabelle 3: Exporte von Ölsaaten in Deutschland ⁵

Exporte von Ölsaaten in Deutschland (in 1000 t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Soja	46	41	20	59	91	91
Raps	218	139	111	178	125	112
Sonnenblume	60	32	36	32	33	40
Lein	10	16	12	15	20	14
Sesam	3	3	5	5	5	5
Gesamt	337	231	184	289	274	262

Tabelle 4: Inlandsverfügbarkeit von Ölsaaten in Deutschland ⁶

Inlandsverfügbarkeit von Ölsaaten in Deutschland (in 1000 t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Soja	3.142	3.404	3.608	3.655	3.719	3.090
Raps	6.789	8.277	10.281	10.539	9.638	9.943
Sonnenblume	353	541	417	486	426	353
Lein	120	160	142	101	156	143
Sesam	28	26	26	28	28	27
Gesamt	10.432	12.408	14.474	14.809	13.967	13.556

Pflanzenöle

Der Bilanzierung zufolge betrug die Menge an Pflanzenölen zur Inlandsverwendung in Deutschland in den Jahren 2011 bis 2016 stets zwischen 5,2 und 5,8 Millionen Tonnen. Die genauen Zahlen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 5: Inlandsverfügbarkeit von Pflanzenölen in Deutschland ^{7 8}

Pflanzl. Öl zur Weiterverarbeitung in Deutschland (in 1000 t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	3.874	4.434	4.618	4.901	4.993	4.858
Import	3.144	2.598	2.975	2.880	2.990	2.992
Exporte	1.335	1.786	2.152	1.942	2.244	2.310
Inlandsverfügbarkeit	5.683	5.246	5.441	5.839	5.739	5.540
Bilanzausgleich/ Lager	-1	-30	47	-15	6	-90
Bilanz	5.684	5.276	5.394	5.854	5.733	5.630

Bei Herleitung der Inlandsverwendung ist zu beachten, dass die Produktionszahlen, die von dem Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland (OVID) und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) veröffentlicht werden, teilweise voneinander abweichen. Der Grund hierfür liegt in unterschiedlichen Erhebungstichtagen sowie Erhebungsmethodiken der Pflanzenölherstellung und Pflanzenölein- und -ausfuhr. Die aus den OVID-Daten abgeleiteten Angaben zur Inlandsverwendung weichen von den in diesem Bericht errechneten ebenfalls teilweise ab. Diese Differenz ist mit abweichenden Annahmen zum Import/Export und der hier vorgenommenen Berücksichtigung von Lagerbeständen zu erklären, die seitens OVID nicht vorgenommen wird.

⁵ www.fediol.eu, abgerufen am 11.4.2017

⁶ ebda

⁷ Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), SJT- 4080300

⁸ Statistisches Bundesamt, WA1507 bis 1515, abgerufen am 20.1.2018

Die Pflanzenölerhebung bei der BLE erfolgt nach der Marktordnungswaren-Meldeverordnung (MVO), von der aber die folgenden Mengen an Pflanzenölen derzeit nicht oder nur unzureichend erfasst werden:

- die Herstellung und der Verbrauch von Klein- und Kleinstmengen (bis 1000 Tonnen)
- der Verbrauch, der an den Handel abgegebenen Pflanzenöle
- der Verbrauch von Industrieunternehmen, die Pflanzenöle direkt importieren
- die industrielle Verwendung für technische Zwecke/Oleochemie und Energiezwecke

Ferner ist festzustellen, dass die realen Verbrauchsmengen im Lebensmittel-Sektor durch die BLE Statistik seit 2014 unterschätzt werden und dies durch einen Mengenzuschlag für den Verbrauch an Pflanzenölen im Lebensmittelsektor ausgeglichen werden muss, der objektiv aber nicht quantifiziert werden kann. Er kann jedoch aus der seit 2014 in der BLE-Bilanz auftretenden zusätzliche Menge von rd. 300 kt abgeleitet werden, die rechnerisch der industriellen Verwendung zugeordnet wurde.

Die industrielle Verwendung für technische Zwecke/Oleochemie und Energiezwecke ist in der BLE-Bilanzierung nur eine Rechengröße und nicht Resultat der Erfassung. Die über die MVO bei „Abgang von Öl“ erfassten Mengen sind deutlich niedriger als die in der Bilanz rechnerisch angegebene industrielle Verwendung.⁹

Um von der Gesamtverwendung auf die für rein chemisch-technische Zwecke verwendeten Pflanzenölmengen schließen zu können, wurde die folgende Rechnung durchgeführt:

Gesamtinlandsverwendung von Pflanzenölen in Deutschland

- Verwendung in der Lebensmittelproduktion
- Verwendung in der Futtermittelproduktion
- Verwendung in der Biodiesel und Pflanzenölkraftstoffproduktion
- Verwendung in Blockheizkraftwerken
- = **Chemisch / technische Nutzung**

Die wichtigsten Verwendungsbereich für pflanzliche Öle sind der Nahrungs- und Futtermittelbereich, die direkte energetische Verwertung (der Kraftstoffbereich als Biodiesel oder Reinkraftstoff und die Strom-/Wärmebereitstellung über BHKW) sowie die chemische Industrie. Zu letzterer Verwendung gehören u.a. die Herstellung von Schmierstoffen, Tensiden, Polymeren, sowie Lacken und Farben. Tabelle 6 gibt einen detaillierten Überblick über die Mengen zur Inlandsverwendung von Pflanzenölen für den Zeitraum 2011 bis 2016.

⁹ Ergebnis eines Gespräches mit Vertretern der BLE am 27.4.2016 und 30.11.2017

Tabelle 6: Inlandsverbrauch von Pflanzenölen ^{10 11 12}

Verwendung von pflanzlichen Ölen in Deutschland (1000 Tonnen)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nahrungs- und Futtermittel	1.814	1.796	1.951	2.253	2.250	2.247
Nahrung	1.351	1.317	1.467	1.767	1.767	1.767
Futter	463	479	484	486	483	480
Industrielle Verwendung	3.870	3.480	3.443	3.601	3.483	3.383
Energetisch	2.645	2.380	2.537	2.628	2.475	2.395
Chemisch-technisch	1.225	1.100	906	973	1.008	988
Gesamtinlandsverwendung	5.684	5.276	5.394	5.854	5.733	5.630

Aus den Mengen für Nahrungs- und Futtermittel sowie zur energetischen Nutzung von Pflanzenölen in Heizkraftwerken oder als Kraftstoff und den insgesamt zur Verfügung stehenden Mengen aus Tabelle 5 erhält man, wie oben beschrieben, durch Differenzbildung die Mengen an Pflanzenölen, die für eine chemisch-technische Verwendung zur Verfügung stehen. **Diese betragen für den Zeitraum 2011 bis 2016 zwischen 0,91 und 1,25 Millionen Tonnen.**

Rund jeweils etwa 40% dieser in Deutschland verbrauchten pflanzlichen Öle und Fette gehen in den Nahrungs- und Futtermittelbereich und in die energetische Nutzung, ca. 20% werden in der chemischen Industrie weiterverarbeitet.

Eine weitere Quelle für Öle und Fette liegt in der Verwertung von tierischen Fetten. Diese fallen seit Jahren in der Größenordnung von 550.000 Tonnen an und werden in der Lebens- und Futtermittelindustrie als Proteinequelle, in der chemischen Industrie sowie als Kraftstoff oder thermisch verwertet. Die chemische Industrie nutzte dabei im Zeitraum 2011 bis 2016 ca. 180.000 bis 210.000 Tonnen jährlich. Der Einsatz in der Biodieselherstellung ist seit 2011 kontinuierlich von rund 170.000 t auf ca. 250.000 t im Jahre 2016 gestiegen.

Tabelle 7: Inlandsverbrauch von Tierfetten ¹³

Tierische Fette zur Weiterverarbeitung in Deutschland (t)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Lebensmittel	29.586	12.342	13.731	17.226	13.843	10.700
Futtermittel	122.748	104.128	107.406	109.704	113.774	124.012
Oleochemie	210.463	192.494	184.602	194.796	204.952	183.205
Biodiesel	169.232	201.685	218.419	223.165	248.288	249.534
Thermische Verwertung	17.383	6.176	5.833	17.796	3.935	696
Sonstige *	14.094	6.897	5.430	4.602	4.669	456
Gesamtmenge an tierischen Fetten	563.506	523.722	535.421	567.289	589.461	568.603

¹⁰ FNR, Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat), FKZ 22004416, www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416

¹¹ BLE, Versorgungsbilanz Öle und Fette - Kalenderjahr 2010-2016 vom 24.7.2017
www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Oele-Fette/oele-fette_node.html,

¹² UFOP - Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., Geschäftsbericht 2016/2017, www.ufop.de

¹³ STN - Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte mbH, www.stn-vvtn.de, abgerufen am 12.4.2017

2. VERWENDUNG VON PFLANZENÖLEN IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

Etwa 15 % der Weltproduktion von Fetten und Ölen werden für technische Zwecke eingesetzt und dazu mittels chemischer Synthesen in Fettsäuren, Fettalkohole, Seifen, Ester und andere Derivate überführt.

In den Jahren 2011 bis 2016 lag der Verbrauch von Pflanzenölen für chemisch- technische Verwendungen in Deutschland relativ konstant zwischen 906.000 und 1,22 Millionen Tonnen.

Die chemische Industrie nutzt pflanzliche Öl und tierische Fette bzw. ihre Derivate als Tenside in Wasch- und Reinigungsmitteln, Schmierstoffen, Polymeren und als Polymeradditive sowie in Lacken und Farben eingesetzt. In dieser Studie wird versucht, diese Verwendung quantitativ nachzuvollziehen und zu beschreiben.

2.1 Verwendung von Pflanzenölen in Tensiden

Tenside sind Stoffe, die die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit oder die Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen herabsetzen und dadurch die Bildung von Emulsionen und Dispersionen begünstigen. Darauf beruht ihre Wirkung als waschaktive Substanzen in Wasch-, Spül- und Reinigungsmitteln, aber auch als Emulgatoren in der Lebensmitteltechnik sowie als Benetzung- Schäum- und Dispergiermittel in Kosmetika, Textilien vielen anderen industriellen Anwendungen.¹⁴

Ausgangsstoffe für die Herstellung von Tensiden sind Fettsäuren und Fettalkohole. Letztere können aus ersteren durch chemische Reduktion erhalten werden.

2.1.1 Fettsäuren

Die wichtigsten technischen Fettsäuren sind **Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure** sowie ihre Derivate (siehe Abb. 3). Die wichtigste Fettsäure für die Herstellung von Tensiden ist auf Grund ihrer Eigenschaften die **Laurinsäure (Dodecansäure, Abb. 3)**, denn diese und ihre Ester bilden wegen ihrer hohen Kapillar- und Grenzflächenaktivität sehr schnell und leicht Schäume. Daher werden sie vorwiegend in der Emulgatoren- und Tensidherstellung verwendet. Kokos- und Palmkernöl enthalten besonders hohe Anteile an Laurinsäure (bis zu 45%) und werden daher ebenfalls gerne in der Tensidherstellung eingesetzt. In Ölen aus heimischem Anbau findet sich jedoch keine Laurinsäure.

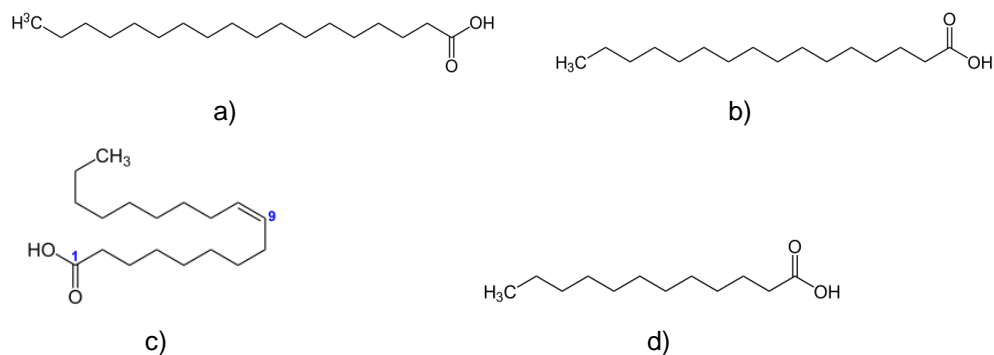


Abbildung 3: a) Stearinsäure (Octadecansäure), b) Palmitinsäure (Hexadecansäure), c) Ölsäure (cis-9-Octadecensäure), d) Laurinsäure (Dodecansäure)

¹⁴ Wikipedia „Tenside“, abgerufen am 20.1.2018

Palmitinsäure findet sich u.a. in hoher Konzentration in Palmöl oder Rindertalg, **Stearinsäure** bevorzugt in Schweineschmalz, Rinder- und Hammeltag und in Butter. Daher bilden diese Öle und Fette die Grundlage für viele Schmiermittel und Seifen.

Für die Jahre 2011 bis 2016 sind zwar die Ein- und Ausfuhrmengen der technischen Fettsäuren bekannt, die Produktionsdaten sind aber durchgängig unvollständig. So fehlen für das Jahr 2011 die Informationen zur technischen Ölsäure, 2012 bis 2014 die Angaben zur technischen Ölsäure und zur technischen Stearinsäure, 2015 und 2016 Angaben zur Stearinsäure, zur Palmitinsäure und zu anderen technischen Fettsäuren. Dadurch können die Bilanzen nicht geschlossen werden und sind fehlerbehaftet.

Da ein Rückgang der Produktion um rund 250.000 t seit 2011 sehr unwahrscheinlich ist, wurden die Produktionsdaten so geschätzt, daß die Inlandsverfügbarkeit über die Jahre ab 2011 annähernd gleich bleibt. Damit ergibt sich in der Summe im Zeitraum von 2011 bis 2016 eine Inlandsverfügbarkeit zwischen 480.000 und 580.000 Tonnen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Produktion und Handel von technischen Fettsäuren in Deutschland¹⁵

Technische Fettsäuren (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion *	355.383	375.000	350.000	415.000	450.000	430.000
Import	442.694	404.151	458.449	413.809	384.607	390.082
Export	218.393	197.396	224.601	251.261	252.494	239.426
Verfügbarkeit	579.684	581.755	583.848	577.548	582.113	580.656

* ab 2012 geschätzt

2.1.2 Fettalkohole

Technische Fettalkohole sind lineare, primäre Alkohole mit 10 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 und nur in technischen Anwendungen verwertet werden. Sie werden hauptsächlich in Form ihrer Schwefelsäureester (Alkylsulfate, FAS) bzw. ihrer Ethoxylate (FAEO) als nichtionische bzw. anionische Tenside in Waschmitteln und Körperpflegemitteln eingesetzt. Wichtige Fettalkohole sind diejenigen, die sich von Laurin-, Palmitin-, Stearin- oder Ölsäure ableiten.

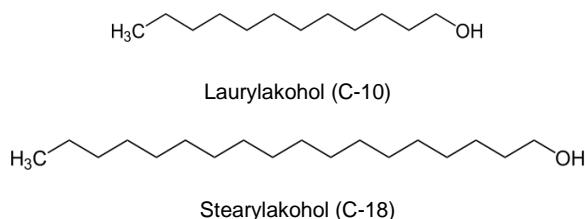


Abbildung 4: Beispiele für Fettalkohole

Tabelle 9: Produktion und Handel von technischen Fettalkoholen in Deutschland¹⁶

Technische Fettalkohole (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	324.203	224.813	221.308	222.779	205.545	227.753
Import	90.720	108.948	123.382	126.483	113.753	124.064
Export	213.047	197.267	174.749	175.960	183.823	193.638
Verfügbarkeit	201.877	136.494	169.941	173.302	135.475	158.180

¹⁵ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 14.7.2017

¹⁶ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 15.7.2017

Tenside kann man nach ihrer chemischen Struktur in vier Klassen einteilen:

1. anionische Tenside
2. kationische Tenside
3. nichtionische Tenside
4. amphotere Tenside

Im Folgenden werden die einzelnen Klassen im Detail betrachtet.

1. Anionische Tenside

Anionische Tenside tragen eine negativ geladene hydrophile funktionelle Gruppe. Sie stellen gemeinsam mit den nichtionischen Tensiden die wichtigste Klasse der Tenside dar. Zu ihnen gehören neben den klassischen Seifen die Fettalkoholsulfate (FAS) und Fettalkoholethersulfate (FAES) sowie die linearen Alkylbenzolsulfonate, welche aufgrund ihrer günstigen technischen Eigenschaften zu den wichtigsten Waschmitteltensiden zählen.

2. Kationische Tenside

Kationische Tenside sind Tenside, die eine positiv geladene funktionelle Gruppe, jedoch keine negativ geladene Gruppe im Molekül besitzen.

Ein großer Teil dieser Produktgruppe besteht aus quartären Ammoniumsalzen (Quats) mit langkettigen Substituenten am Stickstoffatom (C-16) und Chlorid als Gegenion (z.B. Distearyl-dimethylammoniumchlorid). Wegen ihrer schlechten biologischen Abbaubarkeit werden sie zunehmend durch die sogenannten Esterquats ersetzt, die auf Di- oder Triethanolamin aufbauen.

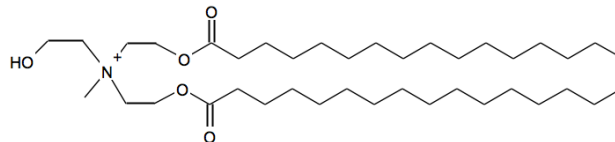


Abbildung 5: Chemische Struktur eines Esterquats

3. Nichtionische Tenside

Der hydrophile Anteil der nichtionischen Tenside besteht aus stark polaren Alkohol- oder Etherfragmenten, der hydrophobe Anteil wie bei anderen Tensidgruppen aus einem langkettigen Kohlenwasserstoffrest. Zu den nichtionischen Tensiden zählen z. B. ethoxylierte Fettalkohole oder Fettsäuren sowie die Alkylpolyglycoside. In den meisten modernen Wasch- und Reinigungsmitteln sind anionische und nichtionische Tenside miteinander kombiniert; die Vorteile der einzelnen Tenside können sich so optimal ergänzen.

4. Amphotere Tenside

Amphotere Tenside enthalten eine negativ und eine positiv geladene Gruppe im hydrophilen Teil des Moleküls (Carboxylate, quartäre Ammoniumgruppen). Ihre wichtigsten Vertreter sind die Betaine und die Sulfobetaine (Sultaine). Weiterhin sind die Fettamin-N-Oxide, deren bedeutendster Vertreter das N-Dodecyl-N,N-dimethylaminoxid ist, von Bedeutung.

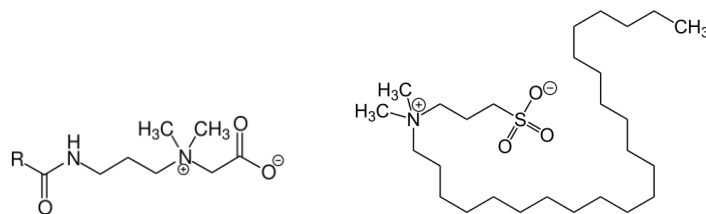
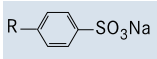
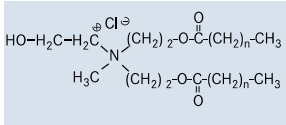
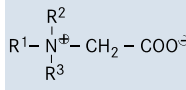


Abbildung 6: Beispiele für Betaine (R = C5 – C21) und Sulfobetaine

Diese Tenside werden, kombiniert mit anionischen Tensiden, in Haarshampoos und in anderen Kosmetikprodukten eingesetzt, da sie die Hautverträglichkeit von anionischen Tensiden wesentlich verbessern helfen und zur Schaumstabilisierung beitragen. In der folgenden Tabelle 10 ist das alles noch einmal übersichtlich zusammengefasst:

Tabelle 10: Darstellung der verschiedenen Tensidklassen ¹⁷

Tensidklasse	Beispiele	Varianten	Chemische Bezeichnung	Kürzel
Anionische Tenside	$R-CH_2-O-SO_3^-$ $R-CH_2-O-(CH_2-CH_2-O)_n-SO_3^-Na$  $R-CH_2COONa$	$R = C11 - 13$ $R = C11 - 13$ $n = 2$ $R = C10 - C13$ $R = C10 - C16$	Fettalkoholsulfate Fettalkoholethersulfate Lineares Alkylbenzolsulfonat Alkylcarboxylat	FAS FAES LAS Seifen
Kationische Tenside		$n = 10 - 16$	Quaternäre Dialkylammoniumester	Ester- Quats
Nichtionische Tenside	$R-CH_2-O-(CH_2-CH_2-O)_nH$	$R = C10 - 18,$ $n = 3 - 15$	Fettalkoholethoxylyat	FAEO
Amphotere Tenside		$R^1 = C12 - 18,$ $R^2, R^3 = CH_3$	Betain	

Insgesamt wurden im Zeitraum 2011 bis 2016 in Deutschland jährlich zwischen 830.000 und 912.000 Tonnen an Tensiden verbraucht. Dabei dominieren bei den anionischen Tensiden mengenmäßig die Fettalkoholethersulfate, bei den nicht-ionischen Tensiden die Fettalkoholethoxylyate.

Da für die kationischen Tenside in den amtlichen Statistiken Produktionsdaten nur für 2015 vorliegen, mussten die Werte für die übrigen Jahre daher wie folgt geschätzt werden:

Die statistischen Daten erfassen den Wert der Tensidproduktion in Euro sowie die Produktionsmengen vieler, aber eben nicht aller Tenside, in Tonnen. Jedoch lässt sich daraus der Preis pro Tonne von z.B. nichtionischen Tensiden errechnen. Unter der Annahme, daß kationische

¹⁷ eigene Darstellung nach TEGEWA e.V. „Die fleißigen Verbindungen – Eine kurze Einführung in die Welt der Tenside“, Frankfurt 2014

Tenside genauso viel kosten wie nichtionische, kann man nun die Menge der produzierten kationischen Tenside, wie in Tabelle 12 gezeigt, berechnen.

Zu Alkylpolyglycosiden sind weder statistische Daten zur Produktion noch zu Ein- und Ausfuhrvolumina verfügbar. Es wird daher die Produktionskapazität der BASF-Anlage in Düsseldorf (ehemals Henkel bzw. COGNIS) zur Berechnung der Ölanteile zugrunde gelegt. Diese betrug ursprünglich 21.000 Tonnen pro Jahr¹⁸, hat aber im Laufe der Jahre eine Kapazitätserweiterung auf 25.000 Tonnen pro Jahr erfahren.¹⁹ Alkylpolyglycoside werden daher in der folgenden Tabelle nicht separat bilanziert, sie sind aber in der Bilanz der nichtionischen Tenside mit enthalten.

Tabelle 11: Produktion, Ein- und Ausfuhrmengen von Tensiden in Deutschland ²⁰

Verfügbarkeit von Tensiden in Deutschland (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anionisch (ohne Seifen)						
Produktion (GP09-204120200)	566.699	560.202	572.627	572.744	547.354	554.557
Import (WA34021190)	56.856	62.833	56.072	60.439	66.760	59.365
Export (WA34021190)	293.344	296.191	305.349	300.002	274.783	327.327
	330.211	326.844	323.350	333.181	339.331	286.595
Kationisch						
Produktion (GP09-204120300) *	66.739	57.219	57.905	55.973	94.931	60.590
Import (WA34021200)	7.643	15.210	16.990	11.877	6.807	7.366
Export (WA34021200)	50.493	36.329	33.092	32.002	29.801	26.214
	23.889	36.100	41.803	35.849	71.936	41.742
Nichtionisch (incl. Alkylpolyglucoside)						
Produktion (GP09-204120500)	446.236	466.928	466.810	461.575	442.347	454.530
Import (WA34021300)	120.329	116.889	121.000	107.854	114.243	116.986
Export (WA34021300)	308.648	318.270	309.945	305.887	298.833	332.757
	257.917	265.547	277.865	263.542	257.758	238.759
Seifen						
Produktion (GP09-2041 31 200, ...31 500, ...31 803, ...31 809)	157.526	154.936	170.030	185.061	186.970	195.610
Import (WA 340119, WA 340120)	63.019	49.544	45.220	51.793	61.165	68.556
Export (WA 340119, WA 340120)	58.564	64.419	62.881	71.314	78.257	84.056
	161.981	140.062	152.370	165.540	169.878	180.110
Andere						
Produktion (GP09-204120900)	116.470	109.671	116.048	107.537	94.634	90.294
Import (WA34021900)	38.490	48.210	47.444	37.981	43.829	40.314
Export (WA34021900)	36.576	42.567	46.300	35.409	40.570	45.235
	118.384	115.314	117.193	110.110	97.893	85.374
Gesamtverfügbarkeit	892.382	883.866	912.580	908.221	936.796	832.580

* eigene Berechnung

¹⁸ Henkel AG & Co. KGaA, Umweltbericht1996, <https://www.henkel.de/blob/47256/c71a6e242878cd0ea3fe3bf510aa9d00/data/1996-umweltbericht.pdf>

¹⁹ <https://www.icis.com/resources/news/2010/10/04/9396996/surfactant-manufacturers-look-for-green-but-cheap-petro-alternatives/>, abgerufen am 4.3.2018

²⁰ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 15.7.2017

2.2.1. Anionische Tenside (ohne Seifen)

Der Gesamtverbrauch an anionischen Tensiden ohne Berücksichtigung der Seifen betrug in Deutschland im Zeitraum 2011 bis 2016 zwischen 285.000 und 333.000 Tonnen pro Jahr.

Bei diesen Verbindungen entfallen ca. 40% auf die auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden Fettalkoholethersulfate (FAES) und 7% auf die Fettalkoholsulfate (FAS) ²¹, die restlichen 53% auf erdölbasierte Alkylbenzolsulfonate (LAS), Alkylsulfonate (SAS) und sonstige anionische Tenside. Mit diesen Angaben lassen sich nun die Mengen an Fettalkoholderivaten berechnen.

Unter der Annahme, dass in einem durchschnittlichen Fettalkoholethersulfat etwa 50% des Gewichts auf den Alkohol entfallen, in einem durchschnittlichen Fettalkoholsulfat (FAS) ca. 65% lassen sich die verwendeten Ölmengen abschätzen. Dies wird in der folgenden Tabelle gezeigt.

Tabelle 12: Berechnung der in anionischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle

Pflanzenöle in anionischen Tensiden (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	566.699	560.202	572.627	572.744	547.354	554.557
davon Fettalkoholethersulfate (40%)	226.680	224.081	229.051	229.098	218.942	221.823
davon Fettalkoholsulfate (7%)	39.669	39.214	40.084	40.092	38.315	38.819
Ölanteil in Fettalkoholethersulfaten (50%) **	113.340	112.040	114.525	114.549	109.471	110.911
Ölanteil in Fettalkoholsulfaten (65%) **	25.785	25.489	26.055	26.060	24.905	25.232
Gesamtmenge an Pflanzenöl	139.125	137.530	140.580	140.609	134.375	136.144

* eigene Berechnung

** Gewichtsanteil

Werden längerkettige Fettalkoholsulfate verwendet, erhöht sich der Gewichtsanteil des Alkohols im Tensid, was zu größeren Mengen an eingesetztem Pflanzenöl führt.

2.2.2. Seifen

Die Seifen gehören formal ebenfalls zu den Tensiden. Chemisch gesehen sind sie die Alkalisalze der Fettsäuren. Zu ihrer Herstellung werden hauptsächlich pflanzliche Fette wie Kokosfett, Palmkernfett, Palmöl, Olivenöl, Sonnenblumenöl, Maisöl, Sojabohnenöl und tierische Fette wie Talg, Schmalz oder Fett aus Knochen, die bei der Tierverwertung anfallen, verwendet.²²

Der Fettsäureanteil in Seifen ist sehr hoch und liegt in der Regel bei 90%.

Tabelle 13: Berechnung der in Seifen enthaltenen pflanzlichen Öle

Pflanzenöl in Seifen (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	157.526	154.936	170.030	185.061	186.970	195.610
Fettsäureanteil (90%)	141.773	139.442	153.027	166.555	168.273	176.049
Ölanteil in Seifen	141.773	139.442	153.027	166.555	168.273	176.049

* eigene Berechnung

²¹ Meo Carbon Solutions GmbH, MARKTANALYSE NACHWACHSENDE ROHSTOFFE, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 34, FNR (Hrsg.), 2014, <https://fnr.de/marktanalyse/marktanalyse.pdf> S. 530

²² Wikipedia „Seife“ abgerufen am 27.2.2016

2.2.3. Kationische Tenside

Esterquats werden aus Tierfetten bzw. palmitinsäurereichen Pflanzenölen hergestellt, da diese beiden Rohstoffquellen die benötigten C16- und C18- Fettsäuren (Palmitin- und Stearinsäure) in ausreichender Menge besitzen. Betrachtet man die chemische Struktur dieser Verbindungen, so wird deutlich, dass die Carbonsäurereste ca. 85% des Molgewichts des Quats ausmachen.

Zur Ermittlung der in kationischen Tensiden enthaltenen Ölmengen werden die geschätzten und berechneten Produktionsdaten aus Tabelle 10 übernommen. Beim Umrechnen der Fettsäureanteile in Ölanteile ist zu beachten, daß aus 1 Tonne Palmöl höchstens 500 kg eines Gemisches aus Palmitin- und Stearinsäure erhalten werden können. Der Rest besteht aus den ungesättigten Fettsäuren Ölsäure und Linolsäure. Das heißt, daß der rechnerisch ermittelte Wert für den Fettsäureanteil in kationischen Tensiden verdoppelt werden muss, um auf die erforderliche Menge an Pflanzenöl zu kommen.

Tabelle 14: Berechnung der in kationischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle

Pflanzenöle in kationischen Tensiden (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion *	66.739	57.219	57.905	55.973	94.931	60.590
Fettsäureanteil in kationischen Tensiden (85%)	56.728	48.636	49.220	47.577	80.691	51.502
Gesamtmenge an Pflanzenöl	113.457	97.272	98.439	95.154	161.383	103.003

* eigene Berechnung

2.2.4. Nichtionische Tenside (ohne Alkylpolyglycoside)

Von den nichtionischen Tensiden entfallen ca. 75% auf die Fettalkoholethoxylate, die restlichen 25% auf erdölbasierte Octylphenoethoxylate, Nonylphenoethoxylate, andere Ethoxylate und sonstige nichtionische Tenside. ²³

Unter der Annahme, dass in einem durchschnittlichen Fettalkoholethoxylat 40% des Gewichts auf den Alkohol und 60% auf die Polyetherkette entfallen, lassen sich die verwendeten Ölanteile wieder wie in Tabelle 9 abschätzen.

Tabelle 15: Berechnung der in nichtionischen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle (ohne Alkylpolyglycoside)

Pflanzenöl in nichtionischen Tensiden (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	421.236	441.928	441.810	436.575	417.347	429.530
davon Fettalkoholethoxylate (75%)	315.927	331.446	331.358	327.431	313.010	322.148
Ölanteil in FAEO (40%)	126.371	132.578	132.543	130.973	125.204	128.859
Gesamtmenge an Pflanzenöl	126.371	132.578	132.543	130.973	125.204	128.859

* eigene Berechnung

²³ nach [21], Seite 530

2.2.5. Alkylpolyglycoside

Alkylpolyglycoside (APG) liegen als Mischung von Alkylglycosiden verschiedener Alkylkettenlänge, verschiedener Polymerisierungsgrade des Zuckers, Anomeren und Isomeren vor. Die Fettalkohole haben meist eine Kettenlänge von 8 bis 16 Kohlenstoffatomen und stammen aus Palmöl. Der Polymerisationsgrad des Zuckers liegt zwischen 1 (Alkylmonoglycosid) und 5 (Alkylpolyglycosid).²⁴

Zur Ermittlung der in den Alkylpolyglycosiden enthaltenen Ölmengen muss man von deutlich geringeren Ölanteilen am Molgewicht des APG ausgehen. Für das in der Abbildung gezeigte APG mit den numerischen Werten $m = 3$ und $n = 13$ errechnet sich somit ein Masseanteil von rund 27%. Auch hier muss der rechnerische Fettsäureanteil verdoppelt werden, um den Ölanteil zu erhalten.

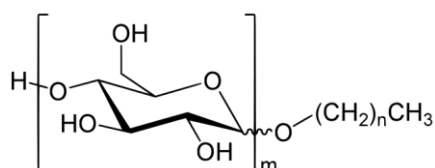


Abbildung 7: Beispiel eines APGs auf Glucose basierend ($m = 1 - 5$ und $n = 11 - 15$)

Tabelle 16: Berechnung der in Alkylpolyglycosiden enthaltenen pflanzlichen Öle

Pflanzenöl in Alkylpolyglucosiden (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
Fettalkoholanteil in APG (27%)	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750
Gesamtmenge an Pflanzenöl	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500

* eigene Schätzung und Berechnung

2.2.6. Andere Tenside

Zur Berechnung des Ölanteils in den anderen Tensiden werden exemplarisch die Cocamidopropyl-Betaine (CAPB) herangezogen, eine Produktgruppe, die aus den Fettsäuren des Kokosöls hergestellt wird und in Kosmetika und Haushaltschemikalien Verwendung findet. Die drei Fettsäuren Laurinsäure, Myristinsäure und Palmitinsäure, die zwischen 75 und 80% des Fettsäurespektrums des Kokosöls ausmachen, bilden dabei die Grundlage zur Herstellung der CAPB.

Im Laurylamidopropylbetain (siehe Abb. 8) beträgt der Ölsäureanteil 54%, im Myristylamidopropylbetain 57% und im Palmitylamidopropylbetain 58%. Gewichtet und gemittelt kommt man auf eine durchschnittlichen Ölsäureanteil von 42%.

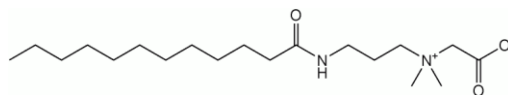


Abbildung 8: Laurylamidopropylbetain

²⁴ Wikipedia, Alkylpolyglycoside, abgerufen am 27.2.2016, siehe auch: K. Hill, W. von Rybinski, G. Stoll (Editors) "Alkyl Polyglycosides: Technology, Properties and Applications", VCH, 2008 <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9783527614691>

Tabelle 17: Berechnung der in anderen Tensiden enthaltenen pflanzlichen Öle

Pflanzenöl in anderen Tensiden (t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	116.470	109.671	116.048	107.537	94.634	90.294
Fettsäureanteil (42%)	48.917	46.062	48.740	45.166	39.746	37.923
Gesamtmenge an Pflanzenöl	54.353	51.180	54.156	50.184	44.163	42.137

* eigene Berechnung

Fasst man die Ergebnisse der Tabellen 11 - 17 zusammen, so ergibt sich für die Herstellung von Tensiden im Zeitraum 2011 bis 2016 ein Verbrauch an Ölen und Fetten von rund 577.000 bis 635.000 Tonnen pro Jahr (Tabelle 18).

Tabelle 18: Verbrauch von Ölen und Fetten zur Herstellung von Tensiden

Pflanzenölanteil in Tensiden (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ölverbrauch für anionische Tenside	139.125	137.530	140.580	140.609	134.375	136.144
Ölverbrauch für nichtionische Tenside (ohne APG)	126.371	132.578	132.543	130.973	125.204	128.859
Ölverbrauch für kationische Tenside	113.457	97.272	98.439	95.154	161.383	103.003
Ölverbrauch für APG	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
Ölverbrauch für Seifen	141.773	139.442	153.027	166.555	168.273	176.049
Ölverbrauch für andere Tenside	54.353	51.180	54.156	50.184	44.163	42.137
Gesamtmenge an Pflanzenöl	588.578	571.502	592.245	596.974	646.898	599.693

2.2 Verendung von Tensiden in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln

Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittel (WPR) umfassen eine Vielzahl an Stoffgruppen und sind in ihrer Zusammensetzung häufig sehr komplex. Die wichtigsten Bestandteile sind Tenside, Natriumcarbonat, Natriumsulfat, Enthärter, Lösungsmittel und Bleichmittel sowie Enzyme. Tabelle 18 zeigt die Entwicklung der Zusammensetzung von WPR für private Haushalte in den Jahren 2010, 2012 und 2015.

Tabelle 19: Zusammensetzung von Wasch- Pflege- und Reinigungsmitteln für private Haushalte ²⁵

Inhaltsstoffe von Wasch- Pflege- und Reinigungsmitteln (t)	2010	2012	2015
1. alkoholische Lösungsmittel (Ethanol, Isopropanol)	30.594	21.167	13.636
2. Carboxymethylcellulose	3.062	3.152	3.548
3. Citronensäure und deren Salze	21.047	21.588	19.854
4. Enzyme (inklusive der Beistoffe, z. B. Verkapselung)	5.974	6.488	5.513
5. Farbstoffe (Farbstoffe und 109 Pigmente)	319	100	109
6. Farbübertragungsinhibitoren	499	537	548
7. Komplexbildner, biologisch schnell abbaubar (z. B. GLDA, MGDA)	n.e.	n.e.	314
8. Natriumcarbonat (Soda)	102.754	95.613	80.355
9. Natriumperborat	66	*	*
10. Natriumpercarbonat	42.554	32.590	35.822
11. Natriumsulfat	80.579	77.107	76.088
12. Nitrittriacetat (NTA)	157	*	*
13. optische Aufheller (fluoreszierende Weißmacher)	414	389	434
14. Paraffine (aliphatische Kohlenwasserstoffe, dünnflüssig, dickflüssig, einschließlich Hartparaffine)	3.108	4.157	2.747
15. Parfümöle/Duftstoffe (einschließlich Lösungsmittel und Beistoffe)	7.202	8.394	9.027
16. Phosphate	30.226	29.910	19.444
17. Phosphonate	4.115	4.326	4.673
18. Phosphorsäure	326	173	195
19. Polycarboxylate	14.080	13.904	12.488
20. Schmutzabweiser/Schmutzentfernungs-polymere (nicht-ionische Terephthalat-Polymere)	1.276	1.646	2.100
21. Silikate	14.231	12.720	12.813
22. Silikone (alle organischen Silicium- Sauerstoff-Verbindungen)	552	946	507
23. Tenside (inklusive Seifen)	182.752	179.554	184.419
24. Tetraacetylenylendiamin (TAED)	9.091	8.774	8.315
25. Zeolithe	50.805	32.472	37.519
Gesamteinatzmenge WPR	605.782	555.679	530.470

* Die Summe geht gegen Null und kann aus Wettbewerbsgründen nicht genannt werden, da weniger als vier Firmen diesen Stoff eingesetzt haben
n.e. nicht erfasst

²⁵ Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel e.V., Bericht Nachhaltigkeit in der Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelbranche in Deutschland 2015 – 2016 (März 2017), abgerufen am 20.11.2017

Tenside machen rund ein Drittel der relevanten Inhaltsstoffe der Wasch- und Reinigungsmittel aus.²⁶

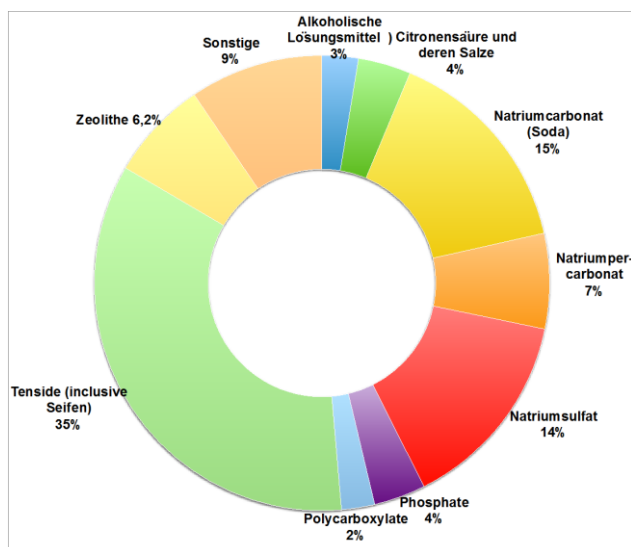


Abbildung 9: Inhaltsstoffe in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln für private Haushalte 2015

Tenside können sowohl auf Basis nachwachsender als auch petrochemischer Rohstoffe hergestellt werden. Als nachwachsende Rohstoffe werden dabei hauptsächlich Palmkern- sowie Kokosöl eingesetzt. Im Hinblick auf die eingesetzten Rohstoffquellen lassen sich die Tenside in drei Kategorien unterteilen:

1. Tenside, die ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Diese Tenside spielen in WPR-Produkten derzeit mengenmäßig jedoch eine eher untergeordnete Rolle.
2. Tenside, die ausschließlich aus petrochemischen Rohstoffen hergestellt werden.
3. Tenside, die sowohl Bestandteile auf Basis nachwachsender als auch petrochemischer Rohstoffe enthalten.

Ausgehend von der Gesamtmenge von 184.000 Tonnen Tensiden, die im Jahr 2015 in Deutschland in WPR-Produkten für die Privathaushalte eingesetzt wurden (siehe Tabelle 18), können für die einzelnen Kategorien in Tabelle 19 die entsprechenden Einsatzmengen abgeschätzt werden:

Tabelle 20: Mengen und Anteil verschiedener Tensidgruppen in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln (2015)²⁷

Anteil an Tensiden aus unterschiedlichen Rohstoffen in Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln (2015)		
	Menge (t)	Anteil
Tenside ausschließlich auf Basis nachwachsender Rohstoffe	13.000	7%
Tenside ausschließlich auf Basis petrochemischer Rohstoffe	92.000	50%
Tenside auf Basis nachwachsender und petrochemischer Rohstoffe	79.000	43%

²⁶ Meo Carbon Solutions GmbH, MARKTANALYSE NACHWACHSENDE ROHSTOFFE, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Band 34, FNR (Hrsg.), 2014, <https://fnr.de/marktanalyse/marktanalyse.pdf>

²⁷ J. Tropsch, Europe's bio-based Initiative: Standardization in the Surfactants Industry, 4. ICIS European Surfactants Conference, Berlin, 2015

2.3 Verwendung von Pflanzenölen in Schmierstoffen

Der Markt für Schmierstoffe ist in Deutschland seit vielen Jahren konstant und beläuft sich auf 1 bis 1,1 Millionen Tonnen. Davon waren 2016 rund 270.000 Tonnen Motorenöle, 105.000 Tonnen Hydrauliköle, 153.000 Tonnen Prozessöle und 128.000 Tonnen sogenannte Basisöle.²⁸ Unter letzteren versteht man unlegierte Grundöle, die zur Herstellung aller oben genannten Produkte verwendet werden oder verwendet werden können oder als Trägeröle an Additivhersteller geliefert werden. Der Rest findet Verwendung als Getriebeöl, Maschinenöl, Öl zur Metallbearbeitung, Schmierfett u.a.

Vom technischen Standpunkt aus könnten mehr als 90 % aller Schmierstoffe auf biogener Basis sein. Das Hauptproblem beim breiten Einsatz der marktreifen Bioschmierstoffe ist der höhere Preis gegenüber den etablierten Produkten auf Basis von Mineralöl. Dass dieser Nachteil sowohl durch technische Vorteile als auch durch ein gutes Ölmanagement weitestgehend ausgeglichen werden kann, ist immer noch zu wenig bekannt.

Basis für die Ermittlung des Anteils von Ölen und Fetten in Schmierstoffen in Deutschland sind die in den amtlichen Statistiken des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) veröffentlichten Mengen an Schmierstoffen für den Zeitraum 2011 – 2016 sowie die folgende Übersicht zur Abschätzung des Anteils von Bioschmierstoffen in den einzelnen Produktgruppen, die in einer 2014 veröffentlichten Studie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe aus Expertengesprächen hervorgegangen war.²⁹

Diese dient als Basis für die Schätzung der biobasierten Ölmengen für die Jahre 2011 bis 2016.

Tabelle 21: Produktgruppen mit Anteilen von Bioschmierstoffen am Gesamtabsatz

Sortengruppen	Anteil 2011
Motorenöle	<1%
Kompressorenöle	<1%
Turbinenöle	<1%
Getriebeöle:	1-2%
Hydrauliköle	3-4%
Elektroisolieröle	<1%
Maschinenöle (ohne Sägekettenöle, ohne Sägegatteröle)	<1%
Andere Industrieöle (incl. Schalöle)	
Prozessöle	<1%
Metallbearbeitungsöle:	1-2%
Sägekettenöle, Sägegatteröle	50%
Schalöle	25%
Schmierfette	5%
Basisöle	k.A.

Nach einer Überprüfung mit Experten aus der Schmierstoffindustrie³⁰ wurden die Anteile bei den Sortengruppen ab 2012 wie folgt ergänzt bzw. geändert:

1. Motorenöle: 5%
2. Basisöle: 5%

²⁸ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Amtliche Mineralöldaten (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016)

²⁹ nach [21], Seite 463

³⁰ Experteninterview mit Rolf Luther, Fuchs Schmierstoffe GmbH, am 5.10.2015; Austausch div. E-Mails

3. Getriebeöle:	3%
4. Hydrauliköle:	4% (2015 12%, 2016 15%)
5. Maschinenöle:	9%
6. Industrieöle:	3%
7. Metallbearbeitungsöle:	1%

Das Expertengespräch führte weiterhin zu der Erkenntnis, dass über den gesamten Markt der Schmierstoffe in der Summe mindestens 5% an biogenen Rohstoffen eingesetzt werden, davon ein nicht unerheblicher Teil an tierischen Fetten. In der Studie von 2014 werden ein Anteil von 25% an tierischen Fetten, 25% an Rapsöl, 35% an Palm- und Palmkernöl sowie 5% an Rizinusöl und 2% für Sonnenblumenöl genannt; diese Verteilung hat sich bis 2016 nicht signifikant geändert.

Die Öle und Fette werden nur zu einem kleinen Teil chemisch unverändert verwendet, sondern meistens in Form von modifizierten Fettsäuren, Fettalkoholen, ethoxylierten Fettsäuren und sonstigen Derivaten.

Bei den Pflanzenölen sind vier Hauptgruppen zu erkennen, die direkt oder indirekt (nach chemischen Modifikationen) in Schmierstoffen eingesetzt werden:

- C18-Fractionen, vorzugsweise aus europäischen/nordamerikanischen Pflanzen, inkl. deren Spaltprodukte (z.B. C9)
- C16-Fractionen, zumeist aus Palmöl
- C12/C14-Fractionen, zumeist aus Palmkernöl
- Hydroxy-Fettsäuren, vor allem aus Rizinusöl. Die mittelkettigen Fettsäuren spielen hier nur eine untergeordnete Rolle.

In der Studie von 2014 wurde die Gesamtmenge an Pflanzenölen und Fetten auf 22.500 Tonnen geschätzt. Dieser Wert liegt ziemlich nahe bei den rund 23.300 Tonnen, die in dieser Studie ermittelt wurden (siehe die folgende Tabelle 20).

Tabelle 22: Mengen an Ölen und Fetten in Schmierstoffen in Deutschland

Sortengruppen	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Motorenöle	2.852	14.077	14.234	13.465	14.184	13.641
Kompressorenöle	46	82	66	51	81	78
Turbinenöle	30	57	50	48	26	18
Getriebeöle:	1.548	3.089	3.270	3.322	3.517	3.656
Hydrauliköle	6.594	4.961	5.186	4.927	14.280	15.798
Elektroisolieröle	117	94	125	142	182	116
Maschinenöle (incl. Kettenöle)	3.636	2.230	2.451	3.938	3.634	3.210
Andere Industrieöle (incl. Schalöle)	1.708	956	1.138	1.760	1.588	1.986
Prozessöle	2.013	1.897	1.902	1.778	1.711	1.537
Metallbearbeitungsöle:	1.635	665	657	648	668	801
Schmierfette	2.045	1.295	1.456	1.577	1.476	1.533
Basisöle	1.275	6.444	6.357	8.842	7.330	6.409
Insgesamt	23.498	35.847	36.892	40.497	48.676	48.784

davon Rapsöl	5.875	8.962	9.223	10.124	12.169	12.196
davon Palm- und Palmkernöl	8.224	12.547	12.912	14.174	17.036	17.074
davon Rizinusöl	1.175	1.792	1.845	2.025	2.434	2.439
davon Sonnenblumenöl	470	717	738	810	974	976
davon tierische Fette	5.875	8.962	9.223	10.124	12.169	12.196
davon sonstige	1.880	2.868	2.951	3.240	3.894	3.903

Der Anteil an Ölen und Fetten in Schmierstoffen hat sich damit zwischen 2011 und 2016 von 2,3% auf 4,7% verdoppelt. Darin sind 2015 und 2016 rund 12.000 Tonnen bzw. 25% tierische Fette enthalten.

Die ausführliche Berechnung dieser Mengen wird in der Tabelle 21 im Detail gezeigt. Die Mengen wurden danach mit den entsprechenden Wachstumsraten bis 2016 hochgerechnet.

Tabelle 23: Entwicklung der Mengen an biobasierten Ölen und Fetten in Schmierstoffen in Deutschland

Sortengruppen	2011	Anteil (%)	Menge	2012	Anteil (%)	Menge	2013	Anteil (%)	Menge
Motorenöle	285.171	1%	2.852	281.544	5%	14.077	284.681	5%	14.234
Kompressorenöle	9.240	<1%	46	8.176	1%	82	6.622	1%	66
Turbinenöle	6.017	<1%	30	5.722	1%	57	4.955	1%	50
Getriebeöle:	103.227	1-2%	1.548	102.979	3%	3.089	108.992	3%	3.270
Hydrauliköle	131.876	5%	6.594	124.030	4%	4.961	129.660	4%	5.186
Elektroisolieröle	11.684	1%	117	9.361	1%	94	12.473	1%	125
Maschinenöle (incl. Kettenöle)	36.357	10%	3.636	24.778	9%	2.230	27.238	9%	2.451
Andere Industrieöle (incl. Schalöle)	17.076	10%	1.708	31.857	3%	956	37.918	3%	1.138
Prozessöle	201.321	1%	2.013	189.704	1%	1.897	190.203	1%	1.902
Metallbearbeitungsöle	54.491	3%	1.635	66.480	1%	665	65.696	1%	657
Schmierfette	40.908	5%	2.045	25.907	5%	1.295	29.126	5%	1.456
Basisöle	127.475	1%	1.275	128.883	5%	6.444	127.138	5%	6.357
Extrakte aus der Schmierölraffination	5.579			34.056			7.817		
Insgesamt	1.030.422		23.498	1.033.477		35.847	1.032.519		36.892

Sortengruppen	2014	Anteil (%)	Menge	2015	Anteil (%)	Menge	2016	Anteil (%)	Menge
Motorenöle	269.305	5%	13.465	283.674	5%	14.184	272.816	5%	13.641
Kompressorenöle	5.052	1%	51	8.075	1%	81	7.783	1%	78
Turbinenöle	4.773	1%	48	2.592	1%	26	1.820	1%	18
Getriebeöle:	110.723	3%	3.322	117.235	3%	3.517	121.879	3%	3.656
Hydrauliköle	123.166	4%	4.927	118.996	12%	14.280	105.320	15%	15.798
Elektroisolieröle	14.209	1%	142	18.232	1%	182	11.632	1%	116
Maschinenöle (incl. Kettenöle)	43.753	9%	3.938	40.375	9%	3.634	35.671	9%	3.210
Andere Industrieöle (incl. Schalöle)	58.659	3%	1.760	52.926	3%	1.588	66.209	3%	1.986
Prozessöle	177.829	1%	1.778	171.071	1%	1.711	153.716	1%	1.537
Metallbearbeitungsöle	64.847	1%	648	66.829	1%	668	80.147	1%	801
Schmierfette	31.545	5%	1.577	29.515	5%	1.476	30.650	5%	1.533
Basisöle	176.835	5%	8.842	146.601	5%	7.330	128.171	5%	6.409
Extrakte aus der Schmierölraffination	9.629		0	8.763		0	18.847		0
Insgesamt	1.090.325		40.497	1.064.884		48.676	1.034.661		48.784

2.4 Verwendung von Pflanzenölen in Polymeren

Pflanzenöle können chemisch modifiziert oder unbehandelt im Polymerbereich verwendet werden. 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. In diesen Formen werden sie oft als Additive eingesetzt und dienen dazu, bestimmte Eigenschaften des Polymers einzustellen.

Zu ihnen gehören auch epoxidierte Pflanzenöle wie Sonnenblumen-, Raps-, Lein-, Rizinus- oder Sojaöl. Diese werden als Weichmacher und Co-Stabilisatoren für PVC eingesetzt, wo sie zunehmend Phthalate substituieren. In der Meo-Studie von 2014 wurden für diese Anwendung 45.000 Tonnen genannt.³¹ Diese konnten nicht bestätigt, aber bisher auch nicht falsifiziert werden.

Eine weitere Anwendung für epoxidierte Pflanzenöle sind die weit verbreiteten Reaktivverdünner bzw. reaktiven Lösungsmittel für Lacke und industrielle Beschichtungen auf Basis von Epoxidharzen. Die genauen Mengen sind nicht bekannt, werden aber auf mindestens 8.000 Tonnen jährlich geschätzt.

Des Weiteren dienen Öle auch als Pflanzenölkomponente bei der Herstellung von Polyetherpolyolen, einer wichtigen Komponente für Polyurethanschäume. Die 45.000 Tonnen aus der Meo-Studie von 2014 konnten nicht bestätigt werden. In einem Experteninterview mit einem Vertreter der Covestro AG wurden für 2015 1.000 t an Rizinusöl zur Verwendung als sogenannte Natural Oil Polyols (NOP) für PU-Schäume genannt. Eine kürzlich veröffentlichte Studie spricht von etwa 1.600 Tonnen an biobasierten Polyurethanen für 2015 bei einer Marktgröße von 400.000 Tonnen für NOP.³²

Polyetherpolyesterpolyole und Polyesterpolyole aus pflanzlichen Ölen finden weite Anwendung in allen Bereichen der Polyurethanchemie sowie als Rohstoffe für Polyester, Tenside und Schmiermittel. Produktbeispiele sind die Merginole[®] der Firma HOBUM oder die Sovermole[®] der BASF.

Insgesamt werden schätzungsweise jährlich etwa 15.000 t pflanzlichen Öle im Bereich der Polyole eingesetzt.

Für sonstige Gummi- und Kautschukanwendungen wurden 2013 12.600 Tonnen, 2015 12.200 Tonnen an Pflanzenölen verwendet.

Rizinus- und Leinöl werden zur Herstellung von Polyamiden wie PA 11 und PA 6.10 (Sebacinsäure aus Rizinusöl) eingesetzt. Polyamid 11 wird von der Firma Arkema seit Jahren unter dem Handelsnamen Rilsan[®] verkauft, Polyamid 6.10 seit ein einigen Jahren von der BASF als Ultramid BALANCE[®] angeboten. EVONIK hat unter dem Namen Vestamid[®] Terra Polyamid 6.10, 10.10 und 10.12 ebenfalls Polyamide auf Basis von Rizinusöl im Portfolio.

Das dazu benötigte Rizinusöl wird nicht in Deutschland hergestellt, sondern vollständig importiert und verbraucht. Rizinusöl wird statistisch unter 3 Warennummern (Zolltarifnummern) erfasst:

- WA15153010 Rizinusöl und Fraktionen, für Chemiefasern und Kunststoffe
- WA15153090 Rizinusöl und Fraktionen, auch raffiniert
- WA15162010 Hydriertes Rizinusöl

³¹ nach [21], Seite 158

³² Natural Oil Polyols (NOP) Market Size By Product (Soy Oil, Castor Oil, Palm Oil, Canola Oil, Sunflower Oil), Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2016 – 2023, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/natural-oil-polyols-nop-market>, abgerufen am 22.2.2018

Tabelle 24: Verbrauch von Rizinusöl in Deutschland ³³

Verbrauch von Rizinusöl (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Rizinusöl und Fraktionen, für Chemiefasern						
Import	392	666	600	1.566	516	267
Export	59	62	25	3	4	13
Inlandsverbrauch	333	604	574,9	1.563	512	254
Rizinusöl und Fraktionen, auch raffiniert						
Import	52.735	43.628	52.045	52.191	36.599	37.806
Export	9.727	10.501	11.098	8.674	8.261	11.961
Inlandsverbrauch	43.008	33.127	40.948	43.518	28.338	25.845
Hydriertes Rizinusöl						
Import	6.358	5.398	4.805	4.180	5.025	6.984
Export	1.839	1.664	1.765	1.765	2.150	1.807
Inlandsverbrauch	4.519	3.734	3.041	2.415	2.875	5.177
Gesamtverbrauch	47.860	37.465	44.563	47.495	31.725	31.276

Bedeutung hat Rizinusöl im Wesentlichen als Rohstoff für Schmierstoffe (jeweils 2.400 t in 2015 und 2016), lufttrocknende Lacke und Dispersionsfarben, für Beschichtungen auf Polyurethanbasis, Polyamid-11, für Weichmacher im Bereich der Kosmetik und in der Pharmazie. Faktis, auch bekannt als Ölkautschuk, ist ein gummiartiger Werkstoff, der durch Vernetzung ungesättigter Mineral- und Pflanzenöle, vor allem von Raps- und Rizinusöl entsteht. Dafür werden in Deutschland jährlich ca. 400 Tonnen an Ölen eingesetzt.

In den meisten Fällen wird Rizinusöl nicht direkt, sondern nach chemischen Umsetzungen verarbeitet. Konkrete Zahlen dazu sind nicht bekannt und auch nicht erhältlich, sodass der Verbrauch geschätzt werden muss. Es ist davon auszugehen, dass in der chemischen Industrie über alle Anwendungen ca. 40.000 Tonnen an Rizinusöl eingesetzt werden.

Für sonstige Anwendungen in der Polymerchemie (Herstellung von Fettsäuren und nur teilweise gespaltenen Fetten, andere, nicht näher bestimmte chemisch modifizierte Öle und Fette sowie Hilfsmittel für die Textil- und Lederindustrie) werden geschätzt rund 50.000 Tonnen an Ölen und Fetten eingesetzt.

2.5 Verwendung von Pflanzenölen in sonstigen oleochemischen Verwendungen

Pflanzenöle werden in vielen traditionellen Nischenanwendungen eingesetzt. In die Herstellung des Bodenbelags Linoleum gehen z.B. jährlich bis zu 58.000 Tonnen Leinöl.

Als Rapsasphalt wird ein Asphalt bezeichnet, der eine nennenswerte Menge Rapsöl im Bitumenanteil enthält und damit eine Raps-Bitumenemulsion darstellt. Solche Asphalte werden schon seit vielen Jahren im Straßenbau getestet. Ca. 2000 t Rapsöl wurden 2012 in dieser Anwendung verbraucht.

Weitere 11.000 Tonnen an Rapsöl gingen 2011 in die Herstellung von „grünen“ Wasch- und Reinigungsmitteln. Prominente Hersteller sind die Unternehmen ECOVER und Werner & Mertz GmbH (Frosch, Erdal.). Da keine Daten zur Entwicklung dieses Marktes vorliegen, wurde der Wert für 2011 mit einer Wachstumsrate von 2%/a weitergeführt.

³³ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 18.7.2017

Weiterhin sind Pflanzenöle ein wichtiger Rezepturbestandteil bei der Formulierung von Klebstoffen auf Basis von Polyurethanen und Polyamiden. In dieser Applikation wurden 2014 12.000 Tonnen eingesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass sich bis 2016 keine wesentlichen Änderungen ergeben haben.

In zwei Studien wurde von Meo Carbon Solutions speziell die Verwendung von Palm- und Palmkernöl in den Jahren 2013 und 2015 untersucht und für chemische und pharmazeutische Anwendungen ein Markt von rund 145.0000 Tonnen für die beiden Jahre identifiziert^{34 35}. Davon entfallen 2013 12.600 Tonnen und 2015 17.200 Tonnen auf Schmierstoffe, (bzgl. 2013 siehe auch Tabelle 22³⁶), 2.300 Tonnen auf Pharmazeutika (2015: 6.900 Tonnen), 94.000 Tonnen gehen 2013 in die Herstellung von Kerzen (2015 rund 90.000), 7.000 in die Herstellung von Kunststoffen (2015: 3.000 Tonnen), 2.000 in Farben und Lacke (2015: 1.700 Tonnen) und 13.600 in „Andere Anwendungen“ (2015: 13.850 Tonnen). Bei letzteren handelt es sich in der Hauptsache um Tenside in Pflanzenschutzmitteln, als Hilfsstoffe bei der Herstellung von synthetischen Fasern, in der Altpapieraufbereitung und in der Bauindustrie zur Hydrophobierung von Baustoffen.

Diese Mengen wurden bis 2016 linear fortgeschrieben.

³⁴ Meo Carbon Solutions, Ergebnispräsentation „Analyse des Palmölsektors in Deutschland“, Köln, 22. April 2015, http://www.ovid-verband.de/fileadmin/downloads/hintergruende/MEO_Studie_Analyse_des_Palmölsektors_in_Deutschland.pdf, abgerufen am 11.10.2016

³⁵ Meo Carbon Solutions „Der Palmölmarkt in Deutschland im Jahr 2015“ Endbericht, Köln, 7. September 2016 http://www.forumpalmoel.org/fileadmin/user_uploads/Factsheets/20160927_Palmoel-in-Deutschland_Endbericht.pdf, abgerufen am 11.10.2016

³⁶ Die Differenz von 312 Tonnen erklärt sich aus der Methodik: Experteninterviews bei Meo Carbon Solutions in 2014 für die Abschätzung der Mengen in 2013, Hochrechnung der Mengen für 2013 aus den in Experteninterviews ermittelten Mengen in 2011 in dieser Studie

2.6 Verwendung von Pflanzenölen in Farben und Lacken

Anstrichfarben sind flüssig bis pastenförmige Beschichtungsstoffe, die vorwiegend durch Streichen oder Rollen aufgetragen werden. 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 bzw. Farbstoffen, Bindemitteln wie Baumharzen (Kolophonium), Flüssigharzen (Alkydharze), Firnissen und organischen Lösungsmitteln sowie Additiven. Ihre Einteilung erfolgt hauptsächlich nach dem Verfahren zu ihrem Einsatz und dem Bedruckstoff. Man unterscheidet zwischen Flachdruck (Offset), Tiefdruck, Hochdruck (Flexodruck) und Siebdruck. Im Offsetdruck unterteilt man weiter in Rollenoffset und Bogenoffset.

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, lufttrocknenden Bautenlacken inkl. Ölfarben, Einbrennlacken, industriellen wasserverdünnbaren Alkydharzlacken, Alkydemulsionslacken, Reaktivverdünnern aus epoxidierten Pflanzenölen sowie Nitrocelluloselacken eingesetzt.³⁷

In der Meo-Studie von 2014 wurden für Lacke (Anstrichmittel) 45.000 Tonnen und Farben (Druckfarben) 32.000 Tonnen an Ölen für das Jahr 2011 angegeben. Diese Mengen konnten nur über mehrere Schätzungen ermittelt werden und waren stark fehlerbehaftet. Es ist daher im Sinne dieser Studie nicht zielführend, die gleichen Schätzungen für den Zeitraum 2012 bis 2016 zu wiederholen. Daher wurden die Zahlen für 2011 übernommen, allerdings um mehrere tausend Tonnen an Pflanzenölen aus Kitten erweitert (siehe Tabelle 25). Um die Entwicklung bei den Anstrichmitteln und Druckfarben entsprechend zu berücksichtigen, wurde auf die entsprechenden Daten des Verbandes der chemischen Industrie (VCI) zurückgegriffen. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt, zusammen mit den dazu gehörenden Ölmengen. Dabei wurde angenommen, dass sich der prozentuale Anteil der Öle in den Anstrichmitteln und Druckfarben zwischen 2011 und 2016 nicht geändert hat.

Bei den Kitten wurde angenommen, dass nur 15% der unter dem Produktionscode GP09-203022530 „Glaserkitt, Harzzement u.a. Kitte“ aufgeführten Volumina aus pflanzenöhlhaltigen Kitten bestehen und davon rund die Hälfte Pflanzenöle darstellt.

³⁷ nach [21], Seite 153

Tabelle 25: Berechnung der Ölmengen in Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten ³⁸

Öle in Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anstrichmittel (Produktion)	2.274.087	2.263.227	2.171.196	2.263.568	2.256.556	2.234.864
davon Pflanzenöle	45.000	44.785	42.964	44.792	44.653	44.224
Druckfarben (Produktion)	550.387	539.857	535.335	527.589	505.692	501.778
davon Pflanzenöle	32.000	31.388	31.125	30.675	29.401	29.174
Kitte (Produktion)	113.827	114.426	119.419	131.387	138.234	136.554
davon ölhaltige Kitte (15%)	17.074	17.164	17.913	19.708	20.735	20.483
davon Pflanzenöl (50%)	8.537	8.582	8.956	9.854	10.368	10.242
Gesamtmenge an Ölen	85.537	84.755	83.045	85.320	84.422	83.639

Allgemein bleibt festzustellen, daß die Datenerhebung für den Bereich Farben und Lacke sich wiederum als äußerst schwierig erwies, da der Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. seit Jahren keine Datenerhebungen mehr durchführt und keine eigenen Statistiken zum Rohstoffeinsatz veröffentlicht. Interviews mit Lack- und Druckfarbenherstellern führen auch nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen, da der Markt sehr kleinteilig strukturiert ist.

2.7 Glycerin

Glycerin ist das Nebenprodukt aus der Synthese von Fettsäuren und Fettalkoholen durch Verseifung von Ölen und Fetten und fällt daher auch in großen Mengen bei der Produktion von Biodiesel an (ca. 90 kg Glycerin pro Tonne Rapsöl). Es kann auch petrochemisch durch alkalische Hydrolyse von Epichlorhydrin oder Allylalkohol hergestellt werden; dieser Syntheseweg war aber aufgrund des Angebots von großen Mengen an billigem Naturglycerin viele Jahre unattraktiv, doch seit 2015 werden in den Produktionsstatistiken des Statistischen Bundesamtes wieder 16, für 2016 15 Unternehmen mit Produktion aufgeführt.

Die Menge an in Deutschland produziertem Glycerin schwankt seit Jahren zwischen 344.000 und 402.000 Tonnen, die verfügbare Menge zwischen 170.000 und 210.000 Tonnen. Darin enthalten sind auch die Mengen aus sogenannten Glycerinwässern, d.h. aus wässrigen Glycerinlösungen mit einem Wassergehalt zwischen 20 und 80%. Bei einem angenommenen mittleren Wassergehalt von 50% gehen diese mit 63.000 bis 94.000 t an Glycerin in die Bilanz ein.

Tabelle 26: Inlandsverfügbarkeit von Glycerin ^{39 40}

Inlandsverfügbarkeit von Glycerin (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion (Glycerin und Glycerinwässer)	344.398	334.903	351.300	385.618	379.705	402.433
davon aus der Biodieselproduktion	250.000	235.000	235.000	270.000	280.000	288.000
Import	96.246	122.501	114.866	108.952	113.467	110.146
Export	269.970	249.996	256.697	300.428	311.265	312.329
Verfügbarkeit	170.674	207.408	209.470	194.142	181.907	200.251

³⁸ Verband der chemischen Industrie (VCI), Chemiewirtschaft in Zahlen 2017, <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/chemiewirtschaft-in-zahlen-print.pdf>

³⁹ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 28.06.2017, 19.08. 2018 und 21.01.2018

⁴⁰ nach [12]

Rund die Hälfte des in Deutschland angebotenen Glycerins wird in Pharmaqualität (mind. 99,5% Gehalt) für Verwendungen in der Kosmetik-, Pharma- und als Lebensmittelzusatzstoff E422 für die Lebensmittelindustrie verkauft. Diese Qualitätsstufe darf nur aus pflanzlichen, nicht gentechnisch veränderten Rohstoffen hergestellt werden. Rund 50% davon werden Kosher- bzw. Halal-zertifiziert.⁴¹ Sie werden hauptsächlich in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie verwendet, insbesondere als Feuchthalte- oder Süßungsmittel.

Technisches Glycerin (rund 86% Gehalt) geht in die Herstellung von u.a. Weichmachern, Schmierstoffen, Frostschutzmitteln, Sprengstoffen und Polyetherpolyolen für Polyurethanschäume. Für letztere Applikation werden zurzeit ungefähr 15.000 Tonnen eingesetzt.⁴² Noch am Anfang steht die Verwendung von Glycerin als Fermentationssubstrat zur Herstellung von biobasierten Plattformchemikalien wie z.B. 1,3 – Propandiol oder Polyhydroxyalkanoaten (PHA). Eine neue Verwendung von Glycerin findet sich im Segment E-Zigaretten als sogenanntes Liquid. Hierfür wurden 2013 ca. 90 Tonnen eingesetzt.⁴³ Dieser Markt ist mit Sicherheit stark gewachsen, sodass für 2016 150 Tonnen geschätzt werden.

2.8 Tallöl

Tallöl, dessen Name sich vom schwedischen Wort für Tall = Kiefer ableitet, ist ein öliges Nebenprodukt aus der Herstellung von Zellstoff nach dem Kraft-Verfahren. Es besteht vor allem aus Fettsäuren (Linolsäure, Ölsäure), Harzsäuren (Abietinsäure, Pimarsäure, Zimtsäure, Benzoessäure) sowie Phytosterolen. Obwohl Tallöl einen pflanzlichen Ursprung hat, wird es nicht zu den Pflanzenölen gerechnet.

In Deutschland wird rohes Tallöl von den beiden Unternehmen der Mercer-Gruppe (Zellstoff Stendal seit 2004 und Zellstoff Rosenthal seit 2014) hergestellt und auch exportiert. Die veröffentlichten Produktionskapazitäten betragen 25.500 t (Stendal) und 6.000 (Rosenthal). Die importierten Mengen sind vernachlässigbar. Eine Weiterverarbeitung in Deutschland findet nicht statt. Details dazu sind in den Tabellen 24 – 26 dargelegt.

Leider sind die Produktionsmengen für Tallöl seit Mitte 2017 nicht mehr über die Internetseite der Mercer-Gruppe abrufbar. Aus den Produktionsmengen bei voller Kapazitätsauslastung lässt sich jedoch berechnen, daß pro Tonne Zellstoff 38,6 kg (Stendal) bzw. 16,7 kg (Rosenthal) Tallöl abgetrennt werden. Mit den jährlichen Zellstoffproduktionsdaten von 2012 bis 2016 lassen sich so die in Tabelle 24 gezeigten Mengen ermitteln. Der Wert für 2011 stammt aus einer persönlichen Mitteilung.⁴⁴

⁴¹ pers. Mitteilung von Hr. Marcus Turré, GLACONCHEMIE GmbH

⁴² pers. Mitteilung von Dr. Niklas Meine, Covestro AG

⁴³ nach [34]

⁴⁴ pers. Mitteilung von Dr. Martin. Zenker, Zellstoff Stendal

Tabelle 27: Inlandsverfügbarkeit von Rohtallöl ^{45 46}

Tallöl, roh	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inland. Produktion (Tonnen)	22.000	24.739	24.527	31.950	31.069	30.950
Import (WA38030010)	13	6	4	77	5	4
Exporte (WA38030010)	19.784	22.424	20.511	20.512	18.969	25.060
Inlandsverfügbarkeit	2.229	2.321	4.020	11.515	12.105	5.894

Durch Destillation gereinigtes und raffiniertes Tallöl wird in der Größenordnung von 7.000 t importiert und steht in diesen Mengen zu Weiterverarbeitung in Deutschland zur Verfügung.

Tabelle 28: Inlandsverfügbarkeit von raffiniertem Tallöl

Tallöl, raffiniert	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inland. Produktion	0	0	0	0	0	0
Import (WA38030090)	7.188	7.634	6.870	7.352	6.850	7.227
Exporte (WA38030090)	177	202	142	159	155	147
Inlandsverfügbarkeit	7.011	7.433	6.727	7.193	6.695	7.080

Zu den aus dem Tallöl isolierten Tallölfettsäuren liegen keine Produktionsdaten des statistischen Bundesamtes für Deutschland vor, da es dafür nur einen einzigen Hersteller gibt. Aus den Handelsdaten kann man aber schließen, daß jährlich ca. 10.000 - 13.000 im Inland verbraucht werden.

Tabelle 29: Verfügbarkeit von Tallölfettsäuren ⁴⁷

Tallölfettsäuren	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inland. Produktion (GP09-2014)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Import (WA38231300)	14.356	12.614	11.713	13.647	16.503	17.189
Exporte (WA38231300)	1.235	1.857	1.134	631	671	446
Saldo Import/Export	13.121	10.757	10.578	13.016	15.832	16.743

Sowohl raffiniertes Tallöl als auch Tallölfettsäuren werden als Rohstoffe in der Farben- und Lackindustrie verwendet.

⁴⁵ Mercer Gruppe, <https://mercerint.com/operations>, abgerufen am 24.11.2017

⁴⁶ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 12.07.2017

⁴⁷ ebda, abgerufen am 12.07.2017

3 ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahr 2011 wurde in Deutschland rund. 1 Mio. Tonnen an Pflanzenölen und Fetten in chemisch-technischen Verwendungen verarbeitet. In einer Meo-Studie aus dem Jahre 2014 konnten davon insgesamt 571.000 Tonnen diesem Bereich konkret zugeordnet werden, fast 429.000 Tonnen aber nicht.⁴⁸

Daher wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe im Rahmen des Projektes „Erhebung und Aufbereitung sowie Analyse der Validität und Reliabilität statistischer Daten zu NawaRo“ 2015 eine weitere Studie in Auftrag gegeben, um die Lücke in der Verwendung von rund einer halben Million Tonnen an Ölen und Fetten zu erklären und zu schließen.

Die vorliegende Studie sollte das Zahlenwerk von 2011 bis 2014 überarbeiten und um die Datensätze von 2015 und 2016 ergänzen.

Wie Tabelle 30 zeigt, konnte die Datenlage, verglichen mit der Erhebung von 2014, signifikant verbessert werden. So konnte zum einen bei Tensiden und Schmierstoffen durch Berechnungen, Abschätzungen und Expertenbefragungen belastbare Verbrauchsmengen an Pflanzenölen und Fetten dargestellt werden, zum anderen über eine 2015 veröffentlichte Studie von Meo Carbon Solutions³⁴ für ca. 130.000 Tonnen Palm- und Palmkernöl bis dato nicht bekannte Verwendungen erfasst und einbezogen werden.

Dadurch war es möglich, eine fast vollständige Zuordnung der aus der theoretischen Marktbilanzierung abgeleiteten jährlichen Verbrauchsmenge an Pflanzenölen, die in der chemischen Industrie verarbeitet werden, zu erreichen.

Die nichtzuzuordnenden Mengen für die Jahre 2011 und 2012 konnten deutlich reduziert werden. Für die Jahre 2013 bis 2016 ist die Zuordnungsbilanz negativ, was aus den Fehlerintervallen der inkludierten annahmebasierten Schätzungen in einigen Verwendungsbereichen bei einigen Anwendungen resultiert. Die relativen Abweichungen von den jährlichen Verbrauchsmengen liegen zwischen +14 und -18%.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass - im Rahmen der methodenbedingten Ungenauigkeiten - durch die Ergebnisse dieser Sektorstudie die Angebots- und die Verwendungsseite weitgehend in Einklang gebracht werden konnten.

⁴⁸ nach [21], Seite 117ff

Tabelle 30: Verwendung von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie in Deutschland

Verwendung von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie (t)		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Hauptanwendung	Untergruppe						
Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittel	Anionische Tenside	139.125	137.530	140.580	140.609	134.375	136.144
	Nichtionische Tenside	126.371	132.578	132.543	130.973	125.204	128.859
	Kationische Tenside	113.457	97.272	98.439	95.154	161.383	103.003
	Alkylpolyglucoside	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
	Seifen	141.773	139.442	153.027	166.555	168.273	176.049
	Andere	54.353	51.180	54.156	50.184	44.163	42.137
	Zwischensumme	588.578	571.502	592.245	596.974	646.898	599.693
Schmierstoffe	Motorenöle	2.852	14.077	14.234	13.465	14.184	13.641
	Kompressorenöle	46	82	66	51	81	78
	Turbinenöle	30	57	50	48	26	18
	Getriebeöle	1.548	3.089	3.270	3.322	3.517	3.656
	Hydrauliköle	6.594	4.961	5.186	4.927	14.280	15.798
	Elektroisolieröle	117	94	125	142	182	116
	Maschinenöle (incl. Kettenöle)	3.636	2.230	2.451	3.938	3.634	3.210
	Andere Industrieöle (incl. Schalöle)	1.708	956	1.138	1.760	1.588	1.986
	Prozessöle	2.013	1.897	1.902	1.778	1.711	1.537
	Metallbearbeitungsöle	1.635	665	657	648	668	801
	Schmierfette	2.045	1.295	1.456	1.577	1.476	1.533
	Basisöle	1.275	6.444	6.357	8.842	7.330	6.409
Zwischensumme	23.498	35.847	36.892	40.497	48.676	48.784	
Polymere	Weichmacher	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
	Polyole	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
	Polyamide	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
	Faktis (Ölkautschuk)	400	400	400	400	400	400
	Gummi/ Kautschuk	12.500	12.500	12.600	12.400	12.200	12.200
	Sonstige	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
	Zwischensumme	162.900	162.900	163.000	162.800	162.600	162.600
Lacke und Farben	Anstrichmittel	45.000	44.785	42.964	44.792	44.653	44.224
	Druckfarben	32.000	31.388	31.125	30.675	29.401	29.174
	Kitte	8.537	8.582	8.956	9.854	10.368	10.242
	Zwischensumme	85.537	84.755	83.045	85.320	84.422	83.639
Sonstige oleochemische Verwendungen	Klebstoffe	11.500	11.500	12.000	12.000	12.000	12.000
	Linoleum	58.000	58.000	58.000	58.000	58.000	58.000
	Rapsasphalt	120	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
	Kerzen	91.100	87.500	94.000	92.000	90.000	90.000
	Pharmazeutika	2.200	2.250	2.300	4.600	6.900	6.900
	Rapsöl in Waschmitteln & Seifen	11.000	11.220	11.444	11.673	11.907	12.145
	Andere	13.500	13.500	13.600	13.725	13.850	13.850
	Zwischensumme	187.420	185.970	193.344	193.998	194.657	194.895
Ölmenge, zugeordnet		1.047.934	1.040.974	1.068.526	1.079.590	1.137.252	1.089.611
Ölmenge, nicht zugeordnet		177.066	59.026	-162.526	-106.590	-129.252	-101.611
Gesamte Verwendung von Ölen in der Chemie		1.225.000	1.100.000	906.000	973.000	1.008.000	988.000
	Abweichung	14%	5%	-18%	-11%	-13%	-10%

Erstellt im Rahmen des BMEL-Auftrages

„Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat), FKZ 22004416

<https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416>

durch T+I Consulting Dr. Busch

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen und energetischen Verwertung von Kohlehydraten in Deutschland (2011-2016)



für die

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Hofplatz 1

18276 Gülzow

im Rahmen des BMEL-Auftrages

„Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat), FKZ 22004416

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erstellt von

T+I Consulting Dr. Busch

Bismarckstraße 15
76530 Baden-Baden

Dr. Rainer Busch
Bismarckstrasse 15
76530 Baden-Baden

Telefon: +49-7221 28 14 30
E-Mail: office@rbusch.de

Baden-Baden, 31.01.2018

Inhaltsverzeichnis

1	STOFFLICHE VERWENDUNG VON ZUCKER (SACCHAROSE)	5
1.1	Produktion von Weißzucker	5
1.2	Zuckerbilanz.....	5
1.3	Melassebilanz.....	7
1.4	Verwendung von Weißzucker	8
1.5	Herstellung von Hefe	9
1.6	Herstellung von Bioethanol	9
1.7	Chemie und Fermentation.....	11
2	STOFFLICHE VERWENDUNG VON STÄRKE	13
2.1	Überblick	13
2.2	Produktion, Verfügbarkeit und Bilanzierung von Stärke	14
2.3	Verwendung von Stärke	16
2.4	Herstellung und Verwendung von modifizierter Stärke	17
2.5	Herstellung und Verwendung von Stärkeabbauprodukten.....	18
2.6	Verwendung von Stärke im chemisch-technischen Bereich	20
3	STOFFLICHE VERWENDUNG VON ZELLULOSE	21
3.1	Bilanzierung von Zellstoff in Deutschland	21
3.2	Verwendung von Zellstoff	22
3.3	Faserstoffe	23
3.4	Cellulosefasern	24
3.5	Cellulosederivate	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Produktions- und Handelsmerkmale von Saccharose (Weißzucker)	7
Tabelle 2:	Bilanzierung von Roh- und Weißzucker	7
Tabelle 3:	Verfügbarkeit und Verwendung von Melasse	8
Tabelle 4:	Verwendung von Zucker in der Hefeproduktion	9
Tabelle 5:	Verwendung von Zucker in der Herstellung von Ethanol als Kraftstoff	10
Tabelle 6:	Verwendung von Bioethanol in Deutschland	11
Tabelle 7:	Wachstumsparameter für ausgewählte Sparten und Produkte der chemischen und pharmazeutischen Industrie für die Jahre 2011 bis 2016	12
Tabelle 8:	Verwendung von Zucker in der Fermentation und in der Chemie	12
Tabelle 9:	Verwendung von Zucker im chemisch-technisch Bereich.....	12
Tabelle 10:	Entwicklung und Struktur der Getreideproduktion in Deutschland	13
Tabelle 11:	Entwicklung der Kartoffelproduktion in Deutschland	14
Tabelle 12:	Produktion, Ein- und Ausfuhr von Stärke in Deutschland	15
Tabelle 13:	Bilanzen von nativer Stärke	15
Tabelle 14:	Verbrauch und Verwendung von Stärke und Stärkederivaten	16
Tabelle 15:	Herstellung, Ein- und Ausfuhr von modifizierten Stärken	17
Tabelle 16:	Stärkezucker und ihre Warennummern.....	18
Tabelle 17:	Produktion von Stärkezuckern	18
Tabelle 18:	Außenhandel mit Stärkezuckern	19
Tabelle 19:	Verwendung von Stärke im chemisch-technisch Bereich	20
Tabelle 20:	Handel mit Zellstoff, Warennummern.....	21
Tabelle 21:	Inlandsverfügbarkeit von Zellstoff	22
Tabelle 22:	Verbrauch von Zellstoff in Deutschland.....	22
Tabelle 23:	Produktion von und Handel mit Holzstoff und Altpapier.....	23
Tabelle 24:	Einsatzmengen von Zell- und Faserstoffen in der Papierindustrie	23
Tabelle 25:	Produktion, Handel und Verbrauch von Papier, Karton und Pappe in Deutschland ..	24
Tabelle 26:	Produktions- und Handelsdaten von Cellulosefasern in Deutschland	24
Tabelle 27:	Warennummern und Bezeichnung von Cellulosederivaten	25
Tabelle 28:	Entwicklung der Bilanz von Cellulosederivaten	25

1 STOFFLICHE VERWENDUNG VON ZUCKER (SACCHAROSE)

Zucker wird vor allem in Form von Weißzucker und Rübenschnitzel in chemischen und Fermentationsprozessen eingesetzt. Große Mengen gehen dabei in die Produktion von technischem Bioethanol und Hefen. Reine Saccharose wird als Starter bei der Herstellung von Polyetherpolyolen verwendet, die für die Produktion von Polyurethanschaumstoffen benötigt werden. Daneben ist es Ausgangsstoff für die Synthese des Zuckeraustauschstoffs Isomalt und für biologisch abbaubare Tenside. Glucose dient nach einer Funktionalisierung mit Fettalkoholen als Tensid (Alkylpolyglycoside), hydriert als pharmazeutischer Hilfsstoff Sorbitol, sowie in oxidierten Form als Zuckersäure für verschiedene industrielle Zwecke, z.B. als Korrosionsinhibitor.

Zucker und enzymatisch verzuckerte Stärke sind mit Abstand die bedeutendsten Rohstoffe für industrielle Fermentationsprozesse und bilden damit die Grundlage für die Herstellung fermentativ erzeugter Produkte der chemischen und pharmazeutischen Industrie (Industrielle Biotechnologie). Mengenmäßig bedeutende Produkte sind neben Bioethanol vor allem Aminosäuren, organische Säuren, Dextrane, Vitamine sowie Duft-, Aroma- und Süßstoffe für die Lebens- und Futtermittelindustrie.

1.1 Produktion von Weißzucker

Die wichtigsten Rohstoffe zur Zuckerherstellung in Deutschland und Europa sind Zuckerrüben. Aus ihnen wird der Zucker extrahiert und in verschiedenen Formen und Reinheitsgraden verbrauchsfähig hergestellt. Die Zwischenprodukte sind Rohzucker, raffinierter Zucker mit oder ohne Zusatz von Aromastoffen, chemisch reine Saccharose, Melasse, Sirupe und Rübenschnitzel.

Die Rübenschnitzelerzeugung bewegt sich seit Jahren in der Größenordnung von 2,5 bis 3 Mio. Tonnen. Sie werden ausschließlich in der Tierernährung verwendet und spielen damit bei der industriellen Nutzung von Saccharose keine Rolle. Die Jahresproduktion von Melasse schwankt in Abhängigkeit von der Rübenproduktion seit vielen Jahren zwischen 560.000 und 810.000 Tonnen.

1.2 Zuckerbilanz

Verfügbarkeit

Angaben zur Inlandsverwendung von Zucker werden von der Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft (BLE) auf Grundlage der Meldeverordnung (MVO)¹ in der Statistik „Zuckerabsatz der Zuckerfabriken und Handelsunternehmen“ und im jährlichen „Bericht zur Markt- und Versorgungslage Zucker“ veröffentlicht. Diese Statistiken sind jedoch ungeeignet, um exakt zwischen der Nutzung von Zucker im Nahrungs- und Futtermittelsektor sowie der Nutzung als Rohstoff für den Non-Food Sektor zu unterscheiden. Zudem ist über die MVO im Non-food Sektor aus den folgenden Gründen keine trennscharfe Unterscheidung zwischen der stofflichen und energetischen Nutzung von Zucker möglich:

- Über die MVO können etwa 15% des jährlichen Zuckerabsatzes in Deutschland nicht explizit zugeordnet werden. Diese Mengen werden unter der Absatzkategorie „Sonstige Produkte“

¹ MVO bei der BLE:

https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Warenmeldungen/Einfuehrung/Einfuehrung_node.html
https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Warenmeldungen/warenmeldungen_node.html
https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Zucker/zucker_node.html

aufsummiert. Für diese Zuckermenge ist auf der Anwendungsseite keine sektorale Zuordnung möglich.

- Der Zuckerabsatz an den Handel wird dem Nahrungsabsatz zugerechnet, ohne die weitere Verwendung zu berücksichtigen. Die BLE stellt außerdem fest: „Durch die seit 01.01.2012 erfolgte Erhöhung der Meldeschwellen der MVO lassen sich genaue Mengen an Zucker, die vom Großhandel an Verarbeitungsbetriebe abgesetzt werden, nicht vollständig erfassen.“¹
- Die Weiterverarbeitung von Zucker in Folgeprodukte wie z.B. Zuckeralkohole, die dann in der chemischen Industrie verwendet werden, wird in den Zuckerfabriken selbst nicht verwendungsseitig erfasst, sondern dem Nahrungsabsatz zugerechnet.
- Die Absatzkategorie „Chemische Industrie“ kann auch Nahrungsmittelverwendungen enthalten. Dies war bis 2012 der Fall, denn bis dahin erfolgte die Erfassung der Verwendung von Zucker für die fermentative Produktion von Hefen durch die BLE nicht in einer separaten Kategorie. Da diese Verwendungsrichtung allerdings der Lebensmittelproduktion und nicht der stofflichen Nutzung im Non-Food-/Feed-Bereich zuzuordnen ist, sind die entsprechend verwendeten Zuckermengen auch nicht in der Gruppe der nachwachsenden Rohstoffe zu subsumieren. Da in der von der BLE gemeldeten Menge an chemisch verwendetem Zucker für Fermentationen teilweise Zucker für die Hefefermentation enthalten waren, wurden diese im Rahmen dieser Studie bis 2012 bereinigt und der Lebensmittelverwendung zugeordnet. Ab 2012 wurde diese Ungenauigkeit durch die BLE behoben, so dass ab 2013 auf eine entsprechende Bereinigung verzichtet werden konnte.
- Es gibt Unsicherheiten im Bereich der Zuckerverwendung für die Herstellung von Bioethanol. Insbesondere die Nutzung von technischem Bioethanol im Chemiesektor wird von der MVO nicht explizit erfasst. Diese Mengen können ganz oder teilweise sowohl in der in der Absatzkategorie „Energiezwecke“ als auch unter „Bier, Spirituosen“ miterfasst sein. Die Zuckermenge zur Herstellung von Bioethanol als Kraftstoff wird ferner in der Absatzkategorie „Energiezwecke“ nicht immer vollständig erfasst. Auch hier kann es sein, dass Mengen teilweise auch unter „Bier, Spirituosen“ miterfasst werden. Daher findet in der vorliegenden Studie auch an dieser Stelle eine annahmebasierte Schätzung der Verwendungsmengen von Zucker für die Herstellung von technischem Ethanol (d.h. Non-Food, Non-Energy) statt, die im Detail unter „Herstellung von Bioethanol“ erläutert wird.

Infolge der genannten Aspekte ist die ausgewiesene Zuckermenge zur Verwendung im Non-Food-Bereich in der BLE-Statistik bis zum Bezugsjahr 2016 zu niedrig. Auch wenn sich das Berichtsformat der BLE im Rahmen der MVO in den letzten Jahren verändert hat, ist eine exakte Zuordnung nach wie vor mit großen Unsicherheiten verbunden. Die BLE-Angaben zur Verwendung von Zucker in Non-Food-Bereich konnten daher innerhalb dieser Studie nur teilweise und unter Zuhilfenahme weiterer Annahmen genutzt werden. Die Tatsache, dass auch andere öffentliche Statistiken eine solche trennscharfe Unterscheidung der Zuckerverwendung im Lebensmittel-, Futtermittel-, Energie- und chemisch-technischem Bereich nicht exakt umsetzen, erschwert die annahmebasierte Schätzung. Die zur Schätzung erforderlichen Annahmen zur jährlichen Verwendung von Zucker im chemisch-technischen Bereich basieren dabei primär auf den Ergebnissen der von der Firma Eco Sys im Auftrag des BMEL über die FNR im Jahre 2009 durchgeführten Detailstudie² und Expertenbefragungen.

² Eco Sys (2009): Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland, FKZ 22018709, www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22018709.

Zucker (chemisch: Saccharose, ein Zweifachzucker aus Glucose und Fructose) wird unter drei Nummern in der amtlichen Produktionsstatistik (GP 9-Steller) und unter insgesamt elf Nummern in der amtlichen Handelsstatistik (WA 8-Steller) geführt (siehe Tabelle 1). Allerdings werden in der Produktionsstatistik nur Mengen zu GP09-108112300 (Weißzucker, fest, ohne Aroma- oder Farbstoffe) aufgeführt, die beiden anderen werden wegen der geringen Anzahl an Herstellern nicht ausgewiesen. Daher wird bei den Angaben zur Zuckerproduktion auf die Angaben der BLE zurückgegriffen.

Tabelle 1: Produktions- und Handelsmerkmale von Saccharose (Weißzucker)

GP09-108111000	Roher Rohr-,Rübenzucker, fest, ohne Aromastoffe
GP09-108112300	Weißzucker,fest, ohne Aroma- oder Farbstoffe
GP09-108112900	Anderer raff. Rohr-,Rübenzucker u. chem. Saccharo.
WA17011110	Rohrzucker, zur Raffination bestimmt (bis 2011)
WA17011190	Rohrzucker, ohne Zusatz von Aroma (bis 2011)
WA17011210	Rübenzucker, zur Raffination bestimmt
WA17011290	Rübenzucker, ohne Zusatz von Aroma
WA17011310	Rohrzucker, roh, zur Raffination bestimmt, o.Z
WA17011390	Rohrzucker, roh, ohne Aroma- oder Farbstoffe, o.Z.
WA17011410	Rohrzucker, roh, zur Raffination bestimmt
WA17011490	Rohrzucker, roh, ohne Aroma- oder Farbstoffe
WA17019100	Rohr- und Rübenzucker, mit Zusatz von Aroma
WA17019910	Weißzucker, ohne Zusatz von Aroma
WA17019990	Rohr- und Rübenzucker, Saccharose, fest

Zwischen 2011 und 2016 wurden pro Jahr zwischen 3,3 und 4,7 Millionen Tonnen Roh- und Weißzucker produziert, rund 1 Million Tonnen exportiert und 600.000 bis 680.000 Tonnen importiert.^{3 4} Die daraus resultierende Verfügbarkeit von Roh- und Weißzucker (ohne zuckerhaltige Erzeugnisse) in Deutschland ist in der folgenden Tabelle 2 zusammengefasst. Dabei wurden bei der Herstellung die Anfangs-/Endbestände für das jeweilige Wirtschaftsjahr berücksichtigt und die resultierenden Angaben dann nachfolgend anteilig von den jeweiligen Wirtschaftsjahren auf das Kalenderjahr umgerechnet.

Tabelle 2: Bilanzierung von Roh- und Weißzucker

Zuckerversorgung (1000 t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Herstellung (einschließlich Lager)	3.899	4.728	4.378	3.963	4.340	3.441
Import	592	633	592	645	679	619
Export	930	929	798	1.006	825	979
Bilanz	3.561	4.432	4.172	3.602	4.194	3.081

1.3 Melassebilanz

Die inländische Produktion von Melasse hängt stark von der verfügbaren Rübenproduktion ab und bewegt sich seit Jahren zwischen 600.000 und 800.000 Tonnen.⁵ Der Verbrauch an Melasse schwankt zwischen 450.000 und 650.000 Tonnen, Differenzen zwischen Produktion und Verbrauch werden durch Im- bzw. Exporte ausgeglichen. Für den Zeitraum 2011 bis 2016 bestehen erhebliche Differenzen zwischen den Produktionsdaten bzw. den Importmengen des Statistischen Bundesam-

³ BLE, https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Zucker/zucker_node.html

⁴ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 9.1.2018

⁵ Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V. (WVZ), www.zuckerverbaende.de, abgerufen am 29.1.2018

tes und denen der Wirtschaftlichen Vereinigung Zucker e.V., die 2012 und 2013 zu deutlichen Unterschieden in der Verfügbarkeit führen. Das liegt zum einen daran, dass die Zuckerverbände auch Lagerbestände mit in die Bilanz aufnehmen, zum anderen, dass in der amtlichen Produktionsstatistik nicht alle Meldungen aufgeführt sind. So fehlen beispielsweise die Angaben zur Produktion von Melasse aus der Rohrzuckerverarbeitung, da es hier nur 1 bzw. 2 Hersteller gibt. Außerdem ist der unterschiedliche Bezug von Kalenderjahr (Statistisches Bundesamt) und Wirtschaftsjahr (WVZ) zu beachten.

Melasse ist ein definiertes und registriertes Nebenprodukt der Zuckerherstellung. Die Verwendung beschränkt sich seit Jahren auf den direkten Einsatz als Futtermittel, die Nutzung als Pelletbinder und Kleber sowie als Fermentationssubstrat für die Herstellung von Hefe und für Ethanol, wobei letztere seit 2011 signifikant zugenommen hat, wie die folgende Tabelle 3 zeigt.

Tabelle 3: Verfügbarkeit und Verwendung von Melasse ⁶

Melassebilanz (t)	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
Produktion	726.422	806.538	713.815	592.469	704.716	559.146
Import	160.400	184.181	125.137	156.624	89.350	109.593
Export	326.429	326.719	367.977	237.161	329.723	239.393
Lagerbestand	31.964	28.264	55.821	85.223	87.714	112.942
Inlandsabsatz	564.093	635.813	441.574	509.441	439.115	420.467
<i>davon für Tierfutter</i>	<i>349.193</i>	<i>432.131</i>	<i>166.065</i>	<i>163.093</i>	<i>183.948</i>	<i>153.918</i>
<i>für Fermentation von Hefe</i>	<i>96.467</i>	<i>110.024</i>	<i>163.755</i>	<i>202.423</i>	<i>175.814</i>	<i>120.778</i>
<i>für Alkohol</i>	<i>8.582</i>	<i>9.363</i>	<i>97.290</i>	<i>45.615</i>	<i>66.518</i>	<i>60.424</i>
<i>für Sonstige</i>	<i>109.851</i>	<i>84.295</i>	<i>14.464</i>	<i>98.310</i>	<i>12.835</i>	<i>85.347</i>
Gesamt	564.093	635.813	441.574	509.441	439.115	420.467

1.4 Verwendung von Weißzucker

Zucker wird in Form von kristallinem Weißzucker oder als Rübensaft in industriellen Anwendungen eingesetzt. Rübensaft ist eine extrahierte, stark viskose und nicht aufgereinigte wässrige Saccharoselösung, die auf Grund ihres osmotischen Verhaltens ohne weitere Stabilisierung lagerbar und ohne weitere Behandlung oder Modifikation in der Fermentationsindustrie als Kohlenstoffquelle verwendet werden kann. 1,5 Tonnen Rübensaft entsprechen rund einer Tonne Zucker. Die einzigen bekannten großvolumigen Applikationen von Rübensaft in Deutschland sind - neben der Verarbeitung zu Weißzucker in der sogenannten „Dicksaftkampagne“ (April bis Juni) - der Einsatz in der Hefefermentation, in der Rübensaft zunehmend Melasse ergänzt oder ersetzt und die Konversion zu Bioethanol.

⁶ Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V. (WVZ), www.zuckerverbaende.de, abgerufen am 29.1.2018

1.5 Herstellung von Hefe

Die Hefeproduktion in Deutschland, standardisiert auf Hefe mit 30% Wassergehalt (D30), beträgt seit Jahren zwischen 230 und 260.000 Tonnen. Zur Herstellung von Hefe wird gewöhnlich Melasse verwendet. Für 250.000 Tonnen Hefe werden rund 250.000 Tonnen Melasse-Äquivalente benötigt. Diese stehen jedoch nicht in vollem Umfang zur Verfügung und werden seit dem Wirtschaftsjahr 2013/14 wieder zunehmend durch Rübensaft ergänzt. Die Entwicklung des Zuckereinsatzes in der Hefeherstellung seit 2011 zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Verwendung von Zucker in der Hefeproduktion ^{7 8}

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Wirtschaftsjahr	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016
Produzierte Hefemenge	262.036	251.762	230.236	243.165	239.423	234.596
davon aus Melasse	96.467	110.024	163.755	202.423	175.814	120.778
Melassedefizit	165.569	141.738	66.481	40.742	63.609	113.818
Zucker für die Hefeherstellung (47% des Melassedefizits)	77.817	66.617	31.246	19.149	29.896	53.494

1.6 Herstellung von Bioethanol

Die Bioethanolerzeugung in Deutschland steigt seit Jahren kontinuierlich an. Betrug sie im Jahr 2007 nur rund 300.000 Tonnen, hatte sie sich bis 2009 auf rund 600.000 Tonnen verdoppelt. Nach einem leichten Rückgang auf 570.000 Tonnen im Jahre 2011 stieg sie bis 2016 wieder bis auf 738.000 Tonnen an.⁹

Zusätzlich zu dem durch Fermentation hergestellten Bioethanol wurden über viele Jahre konstant ca. 110.000 Tonnen Synthesealkohol von der Firma Sasol in Herne erzeugt. Dieses Werk wurde 2014 an INEOS verkauft, die darin sowohl Ethanol als auch Isopropanol herstellt.¹⁰ Die aktuellen Produktionsmengen für die beiden Alkohole sind jedoch nicht bekannt und gehen daher nicht in die Bilanz ein.

Bioethanol kann sowohl aus Stärke als auch aus Zucker durch Fermentation hergestellt werden. Die Stärke stammt dabei entweder aus Getreide oder aus Kartoffeln, der Zucker in Form von Dicksaft aus Zuckerrüben. Ethanolanlagen, die Getreide verarbeiten können, sind auch für Rübensaft geeignet. Anlagen, die jedoch nur auf Rübensaft ausgelegt sind, können kein Getreide verarbeiten, da passende Mahl- und Hydrolyseeinrichtungen als Vorstufe fehlen. Zur Herstellung von 1 Tonne Bioethanol werden 11,8 Tonnen Zuckerrüben mit einem mittleren Zuckergehalt von 17,5% benötigt.¹¹

Die Verwendung von Ethanol gliedert sich in Lebensmittel-, Kraftstoff- und chemisch-technische Anwendungen (z.B. Reinigungsmittel).

⁷ Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V. (WVZ), www.zuckerverbaende.de, abgerufen am 13.12.2017

⁸ Hefeproduktion: Statistisches Bundesamt, abgerufen am 13.12.2017

⁹ Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V., www.bdbe.de

¹⁰ www.ineos-solvents.de/fileadmin/pdf/2015_Umwelterklaerung_INEOS_Solvents_Germany.pdf,
www.ineos-solvents.de/fileadmin/pdf/2016_Umwelterklaerung_INEOS_Solvents.pdf,
www.ineos-solvents.de/fileadmin/pdf/2017_Umwelterklaerung_INEOS_Solvents.pdf

¹¹ www.bdbe.de/daten/umrechnung-und-formeln

Die Anwendungen für Non-fuel-Ethanol (im Lebensmittel- und chemisch-technischen Bereich) stagnierten in Deutschland über viele Jahre nach der von Eco Sys 2009 durchgeführten Detailstudie und lagen in der Größenordnung von zusammen rund 220.000 Tonnen. Davon betrug die für technisch-chemische Anwendungen jährlich verwendete Menge zwischen 2006 und 2009 ziemlich konstant 70.000 bis 80.000 Tonnen.

Eine Unterscheidung zwischen technischem – aber nicht Kraftstoffethanol – und Lebensmittelalkohol wird in offiziellen Statistiken nicht gemacht. In den öffentlich zugänglichen Statistiken sind im technischen Ethanol zumeist Mengen enthalten, die dem Nahrungsmittelbereich zugeordnet werden können und somit per definitionem keine stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen darstellen. Demnach ist es hier notwendig, eine annahmebasierte Schätzung durchzuführen, die im Folgenden beschrieben wird.

Produktionsangaben zu Bioethanol als Kraftstoff können beim Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. erhalten werden (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Verwendung von Zucker in der Herstellung von Ethanol als Kraftstoff ¹²

(alle Angaben in t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Menge an erzeugtem Kraftstoffethanol	571.275	613.382	672.028	726.881	739.821	738.169
<i>davon aus</i>						
<i>Getreide</i>	406.838	359.030	404.954	475.962	467.272	534.589
<i>Zuckerrüben</i>	164.437	253.866	267.074	242.714	264.665	191.270
<i>Kartoffeln und andere</i>	0	486	0	8.205	7.884	12.130
Zucker zur Ethanolherstellung *, **	318.000	491.000	517.000	470.000	512.000	370.000

* Umrechnungsfaktor für die Konversion von Zucker zu Ethanol: 0,517

** gerundet

Weitere Informationen findet man auch beim Statistischen Bundesamt.¹³ Die Gesamtmenge an produziertem Ethanol in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2016 sowie die Aufteilung der Produktionsmengen in Kraftstoff- und Nicht-Kraftstoffverwendung findet man bei F.O. Licht.¹⁴ Leider schlüsselt diese Quelle die Angaben zur Nicht-Kraftstoffverwendung von Bioethanol nicht in Lebensmittel- und chemisch-technische Verwendungen auf.

Diese Information erhält man wiederum aus den Branntweinsteuerstatistiken des Statistischen Bundesamtes. Dort können die Anteile an Bioethanol entnommen werden, die für chemisch-technische Anwendungen verwendet wurden.¹⁵

Zur Ermittlung der Mengen an Ethanol, die in diesen Sektoren aus Zucker hergestellt wurden, wird angenommen, dass das Verhältnis von aus Zucker hergestelltem Kraftstoffethanol zur Gesamtmenge an Kraftstoffethanol aus Tabelle 5 auch für die Gesamtmenge an Bioethanol gilt. Mit diesem Verhältnis erhält man dann die in Tabelle 6 ausgewiesenen Mengen an Ethanol für chemisch-technische Anwendungen, die aus Zucker produziert wurden. Die gleiche Berechnung kann man auch für Ethanol aus Stärke durchführen; man erhält so eine Übersicht, aus welchen Rohstoffen das in Deutschland produzierte Bioethanol für chemisch-technischen Anwendungen hergestellt wurde.

¹² Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V., www.bdbe.de, abgerufen am 26.7.2017

¹³ Statistisches Bundesamt, <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/Energie/Biotreibstoffe063.html>

¹⁴ F.O. Licht, World Ethanol & Biofuels Report, Vol. 13, Nr. 2 (22.9.2014)

¹⁵ Statistisches Bundesamt „Finanzen und Steuern, Arbeitsunterlage zur Branntweinsteuerstatistik“, abgerufen am 27.06.2017

Tabelle 6: Verwendung von Bioethanol in Deutschland ^{16 17 18}

Bioethanolverwendung (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gesamtmenge an Bioethanol	779.756	766.879	834.531	884.881	885.023	1.002.819
Verwendung als Kraftstoff	571.275	613.382	672.028	726.881	739.821	738.169
<i>davon aus Zucker</i>	<i>164.437</i>	<i>253.866</i>	<i>267.074</i>	<i>242.714</i>	<i>264.665</i>	<i>191.270</i>
<i>davon aus Stärke</i>	<i>406.838</i>	<i>359.030</i>	<i>404.954</i>	<i>475.962</i>	<i>467.272</i>	<i>534.589</i>
Verwendung im Nicht-Kraftstoffbereich	208.481	153.497	162.503	158.000	145.202	264.650
Nicht-Kraftstoff: % Anteil für Chemie	66,08%	60,84%	65,48%	63,97%	66,08%	58,26%
Chemisch-technische Verwendung	137.772	93.383	106.411	101.072	95.948	154.175
<i>davon aus Zucker</i>	<i>39.657</i>	<i>38.649</i>	<i>42.289</i>	<i>33.749</i>	<i>34.325</i>	<i>39.949</i>
<i>dafür eingesetzte Zuckeräquivalente ⁺</i>	<i>76.705</i>	<i>74.757</i>	<i>81.797</i>	<i>65.279</i>	<i>66.392</i>	<i>77.270</i>
<i>davon aus Stärke</i>	<i>98.115</i>	<i>54.660</i>	<i>64.122</i>	<i>66.182</i>	<i>60.601</i>	<i>111.655</i>
<i>dafür eingesetzte Stärkeäquivalente ^{**}</i>	<i>156.985</i>	<i>87.456</i>	<i>102.594</i>	<i>105.891</i>	<i>96.961</i>	<i>178.647</i>
Lebensmittel und Getränke	70.709	60.114	56.092	56.928	49.254	110.475
<i>davon aus Zucker</i>	<i>20.353</i>	<i>24.880</i>	<i>22.292</i>	<i>19.009</i>	<i>17.620</i>	<i>28.626</i>
<i>davon aus Stärke</i>	<i>50.356</i>	<i>35.186</i>	<i>33.800</i>	<i>37.276</i>	<i>31.109</i>	<i>80.007</i>

⁺ Konv. Faktor: 0,517, gerundet

^{**} Konv. Faktor: 0,625, gerundet

1.7 Chemie und Fermentation

Industrielle Nutzungen beziehen sich auch auf die Verwendung von Zucker zur Herstellung von Chemikalien wie z.B. Succroseester als Additive für Pharmazeutika und Kosmetikprodukte, bauchemische Formulierungen oder als Startermolekül bei der Herstellung von Polyetherpolyolen in der Polyurethanschaumproduktion. Ebenfalls als industrielle Nutzung gilt die Verwendung als Kohlenstoffquelle für Fermentationen. Fermentationen über Hefe und Ethanol hinaus, die Saccharose als Kohlenstoffquelle in Deutschland nutzen können, umfassen die Herstellung von pharmazeutischen Inhaltsstoffen, Vitaminen und Enzymen, sowie von den Zuckeralkoholen Isomalt und Erythritol, die als Zuckeraustauschstoffe allerdings dem Lebensmittelbereich zuzuordnen sind (ca. 140.000 Tonnen). Geschätzte 2,5% davon finden allerdings als Zusatzstoff in der pharmazeutischen und Kosmetikindustrie Verwendung. Der Gesamtbedarf an Zucker für industrielle Nutzungen in Chemie und Pharmazie wird seit Jahren auf rund 70 – 80.000 Tonnen geschätzt. Diese sind in der folgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Die dabei zugrundeliegenden Wachstumsparameter und –raten seit dem Ausgangsjahr 2011 sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Hierbei ist zu beachten, dass bei den Produktionsstatistiken des statistischen Bundesamtes zur fermentativen Herstellung von Enzymen nicht nach Typ, Konzentration und Formulierung differenziert wird, sondern alle Sorten unter der gemeinsamen Kennung GP09-201464700 „Andere Enzyme, andere zubereitete Enzyme, a.n.g.“ subsummiert werden. Daher wird auf Basis der Ergebnisse aus einer Studie zur Fermentationsindustrie in Deutschland ¹⁹ angenommen, dass über alles pro Tonne Enzym 1,25 Tonnen Zucker benötigt werden.

¹⁶ www.bdbe.de/daten/umrechnung-und-formeln

¹⁷ F.O. Licht, World Ethanol & Biofuels Report , Vol. 13, Nr. 2 (22.9.2014)

¹⁸ F.O. Licht, <https://www.agra-net.com/agra/world-ethanol-and-biofuels-report/>

¹⁹ ECO SYS GmbH, Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich, 2009, www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22003310

Tabelle 7: Wachstumsparameter für ausgewählte Sparten und Produkte der chemischen und pharmazeutischen Industrie für die Jahre 2011 bis 2016 ^{20 21 22}

Produktionsindizes (%)	2012	2013	2014	2015	2016	Quelle
Pharmazeutische Industrie	-2,3	5,3	5,2	4,4	2,6	19)
Absatz (%)						
Bauchemie	-1,0	-2,0	4,5	2,0	2,5	20)
Produktion (t)						
Tenside	1,0	2,1	-0,7	4,5	-5,1	19)
Polyurethane	-5,2	4,3	7,5	-8,9	1,8	19)
Fermentationen						
Zuckeralkohole	wie pharmazeutische Industrie					19)
Antibiotika						19)
Vitamine						19)
Ephedrin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Enzyme	0,8	-8,1	5,7	-1,5	6,3	21)

Mit diesen Wachstumsparametern erhält man die in Tabelle 8 gezeigten, von der Chemie-, Fermentations- und pharmazeutischen Industrie hergestellten Produkte, zu deren Herstellung Zucker als Rohstoff verwendet wurde.

Tabelle 8: Verwendung von Zucker in der Fermentation und in der Chemie ²³

Chemie u. Fermentation (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pharmazeutika und Kosmetika	12.000	11.700	12.300	13.000	13.600	13.900
Bauchemie (Verzögerer u. Schalungshilfsmittel)	2.000	2.000	1.900	2.000	2.100	2.100
Sucrosester (Tenside)	2.500	2.500	2.600	2.600	2.700	2.800
Polyetherpolyole für PU-Anwendungen	15.000	14.200	14.800	15.900	14.600	14.800
Fermentationen	40.800	40.300	40.900	42.800	43.900	45.300
Zuckeralkohole	3.300	3.200	3.400	3.600	3.700	3.800
Ephedrin	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Antibiotika	12.000	11.700	12.300	13.000	13.600	13.900
Vitamine	11.000	10.700	11.300	11.900	12.400	12.800
Enzyme	9.500	9.600	8.800	9.300	9.200	9.800
Gesamt	72.300	70.800	72.600	76.300	76.800	78.900

Eine Zusammenfassung der Tabellen 6 und 7 ergibt dann die Menge an Zucker, die industriell im chemisch-technischen Bereich verwendet wird.

Tabelle 9: Verwendung von Zucker im chemisch-technisch Bereich

Zuckeräquivalente (t) zur Herstellung von	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Technischem Ethanol	76.705	74.757	81.797	65.279	66.392	77.270
Chemikalien u. Fermentationsprodukten	72.300	70.800	72.600	76.300	76.800	78.900
Summe	149.005	145.557	154.397	141.579	143.192	156.170

²⁰ Verband der Chemischen Industrie, www.vci.de/die-branche/zahlen-berichte/chemiewirtschaft-in-zahlen-online.jsp

²¹ Deutsche Bauchemie e.V., <http://www.deutsche-bauchemie.de/publikationen/deutsch/jahresberichte/>

²² Statistisches Bundesamt, www.destatis.de, GP09-201464700, abgerufen am 21.11.2017

²³ Basis: Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland, ECO SYS GmbH, 2009; Wachstumsraten: Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland als Standort für die Fermentationsindustrie im internationalen Vergleich, ECO SYS GmbH, 2011, Seite 66; Deutsche Bauchemie e.V., Jahresbericht 2014; Mitteilung der Firma ECO SYS GmbH, Experteninterview Covestro AG

2 STOFFLICHE VERWENDUNG VON STÄRKE

2.1 Überblick

Kohlenhydrate in Form von Stärke, hydrolysierter Stärke und ähnlichem werden in Deutschland hauptsächlich aus Mais, Weizen, Kartoffeln und Erbsen hergestellt und durch importiertes Inulin, Maniok- und Reisstärke komplettiert.

Dabei gelten die meisten Randbedingungen aus der ECO SYS Studie von 2009 immer noch:

- Mais- und Weizenstärke werden in erster Linie in hydrolysierter Form als Glucose-, Fructose oder Dextrosesirup im Lebensmittel-, Fermentations- und Chemiebereich verwendet
- Alle nativen Stärken können physikalisch und/oder chemisch modifiziert werden und sind nur begrenzt austauschbar
- Erbsen-, Maniok- und Reisstärke spielen aufgrund der geringen verarbeiteten und gehandelten Mengen für die Gesamtbilanz Deutschlands keine Rolle
- Weizen (Roggen, Triticale und Gerste weniger) wird in der Bioethanolherstellung als Korn und nicht in der aufbereiteten Form als Stärke eingesetzt
- Neben der Nutzung von Getreide ist auch die Verwendung von Zucker zur Bioethanolherstellung zu berücksichtigen. Der Anteil von Bioethanol aus Zucker lag in den letzten Jahren auf einem Niveau von etwa 30-40%
- Kartoffeln werden nur zur Trinkalkoholherstellung, jedoch nicht zur Produktion von Kraftstoffethanol eingesetzt

In Deutschland liegt die Getreideproduktion seit annähernd zehn Jahren in der Größenordnung von 40-50 Millionen Tonnen.²⁴ Jährliche Abweichungen sind überwiegend witterungsbedingt. Ein eindeutiger Produktionstrend ist nicht erkennbar. Fast die Hälfte der Gesamtproduktion entfällt auf Weizen, gefolgt von Gerste, Körnermais, Triticale, Roggen und anderen. Auch hier findet man Schwankungen in der jährlichen Produktionen; eindeutige Anbautrends lassen sich nicht erkennen. Der Saldo aus Import und Export lag 2011 bis 2013 bei ca. 42 Millionen Tonnen pro Jahr²⁵, um 2014 und 2015 auf über 50 Millionen Tonnen anzusteigen. Für 2016 sind noch keine Handelsdaten verfügbar. Die Entwicklung der Inlandsverfügbarkeit von Getreide und Kartoffeln ist in den folgenden Tabellen 10 und 11 zusammengefasst.

Tabelle 10: Entwicklung und Struktur der Getreideproduktion in Deutschland ²⁶

(alle Angaben in Mio. t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion insgesamt	42	45	48	52	49	45
Weizen	23	22	25	28	27	25
Gerste	9	10	10	12	12	11
Mais	5	6	4	5	4	4
Roggen/Triticale/sonstige	5	6	5	7	6	5
Import	9	9	9	10	14	k.A.
Export	11	12	14	11	20	k.A.
Verfügbarkeit gesamt *	40	42	43	51	50	k.A.

* ohne Berücksichtigung von Lagerbeständen

²⁴ Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2016
<https://www.bmel-statistik.de/footer/navigation/archiv/statistisches-jahrbuch/>

²⁵ ebda.

²⁶ ebda.

Tabelle 11: Entwicklung der Kartoffelproduktion in Deutschland ²⁷

(alle Angaben in Mio. t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	12,1	10,9	9,7	11,8	10,6	10,8
Import	0,7	0,9	1,1	0,6	0,4	0,3
Export	1,6	2	2	2,2	1,5	1,5
Verfügbarkeit gesamt *	11,2	9,8	8,8	10,2	9,5	9,6

* ohne Berücksichtigung von Lagerbeständen

2.2 Produktion, Verfügbarkeit und Bilanzierung von Stärke

Bei den Angaben zur Produktion bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Zahlen, die der Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller VDGS e.V. angibt und denen, die das statistische Bundesamt veröffentlicht. Diese Diskrepanz rührt unter anderem daher, dass die amtlichen Statistiken nicht alle Stärkeproduzenten erfassen ²⁸ (je nach Stärkesorte werden für 2016 2 bis 5 Hersteller in der Statistik aufgeführt, in den Jahren davor sind die Schwankungen noch größer), der Verband aber auf die Angaben von neun Herstellern zurückgreift. Daher werden in dieser Studie für die Produktionsmengen die Angaben des Verbandes verwendet. Für Im- und Exporte werden dagegen die Daten des statistischen Bundesamtes herangezogen, die Rohstoffsorten werden dabei durch ihre Warennummer charakterisiert.

Die aus Mais, Weizen, Kartoffeln hergestellten Stärkemengen betragen in den Jahren 2011 bis 2016 zwischen 1,35 und 1,66 Millionen Tonnen.²⁹

Die Importmengen betragen im Berichtszeitraum 330-350.000 Tonnen, die Exportmengen 480-600.000 Tonnen.³⁰ Alle Produktions- und Handelsdaten sind in der Tabelle 11 zusammengefasst.

Dabei sind die Stärken von Maniok (WA11081400), Reis (WA11081910) und anderen Rohstoffen (WA11081990) unter „Andere“ subsummiert. Erbsenstärke wird dabei nicht mitbilanziert, da die eingesetzten Erbsen importiert und die extrahierte Stärke vollständig exportiert wird. Darüber hinaus gibt es mit der Firma Emslandstärke auch nur einen einzigen Hersteller in Deutschland, sodass statistische Daten zur Produktion nicht verfügbar sind.

²⁷ Bericht zur Markt- und Versorgungslage Kartoffeln, BLE März 2017
https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Kartoffeln/Kartoffeln_node.html

²⁸ GP09-106211110, GP09-106211130, GP09-106211150, GP09-106211190

²⁹ Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller - VDGS e.V.,
www.staerkeverband.de/html/zahlen.html, abgerufen am 19.11.2017

³⁰ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 19.11.2017

Tabelle 12: Produktion, Ein- und Ausfuhr von Stärke in Deutschland ^{31 32}

(alle Angaben in 1000 t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion						
Weizenstärke	537	533	581	624	648	660
Maisstärke	379	370	378	359	360	375
Kartoffelstärke	663	577	392	577	432	465
Gesamt	1.579	1.480	1.351	1.660	1.440	1.500
Import						
Weizenstärke (WA11081100)	137	115	106	98	103	113
Maisstärke (WA11081200)	148	157	160	162	177	166
Kartoffelstärke (WA11081300)	41	37	39	37	37	52
Andere (WA11081910, WA11081990, WA11081400))	31	21	23	25	23	22
Gesamt	357	330	328	322	340	353
Export						
Weizenstärke (WA11081100)	72	78	81	108	122	115
Maisstärke (WA11081200)	83	87	93	100	93	100
Kartoffelstärke (WA11081300)	306	368	280	277	348	267
Andere (WA11081910, WA11081990, WA11081400))	21	29	24	32	42	49
Gesamt	482	562	478	517	605	531
Inlandsverfügbarkeit *	1.453	1.248	1.201	1.465	1.175	1.322

* Abweichungen in der Summe ergeben sich durch Rundungen der Einzelwerte

Eine Bilanzierung über die einzelnen Stärkesorten zeigt, dass die Verfügbarkeit der Sorten aus Getreide über die Jahre ziemlich konstant bleibt: Weizenstärke bei rund 650.000 Tonnen und Maisstärke bei 430.000 Tonnen, Reisstärke bei 3.000 Tonnen. Die Verfügbarkeit von Kartoffelstärke schwankt hingegen zwischen 120.000 und 400.000 Tonnen.

Tabelle 13: Bilanzen von nativer Stärke

Stärkebilanzen (in 1000 t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Weizenstärke						
Produktion	537	533	581	624	648	660
Import	137	115	106	98	103	113
Export	72	78	81	108	122	115
Inlandsverfügbarkeit	602	570	606	614	629	658
Maisstärke						
Produktion	379	370	378	359	360	375
Import	148	157	160	162	177	166
Export	83	87	93	100	93	100
Inlandsverfügbarkeit	444	440	445	421	444	441
Kartoffelstärke						
Produktion	663	577	392	577	432	465
Import	41	37	39	37	37	52
Export	306	368	280	277	348	267
Inlandsverfügbarkeit	398	246	151	337	133	226
Andere Stärken						
Produktion *	3	8	5	7	19	27
Import	31	21	23	25	23	22
Export	21	29	24	32	42	49
Inlandsverfügbarkeit	13	0	4	0	0	0
Gesamtinlandsverfügbarkeit **	1.453	1.248	1.201	1.465	1.176	1.321

* geschätzt, damit die Summe aus Import und Export nicht negativ wird

** Abweichungen in der Summe ergeben sich durch Rundungen der Einzelwerte

³¹ Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller - VDGS e.V., www.staerkeverband.de/html/zahlen.html, abgerufen am 19.11.2017

³² Statistisches Bundesamt, abgerufen am 19.11.2017

2.3 Verwendung von Stärke

Zwischen 2011 und 2016 wurden in Deutschland zwischen 1,87 und 1,96 Millionen Tonnen Stärke und Stärkederivate verarbeitet²⁸. Davon wurden 52 - 56% für Verzuckerungsprodukte verbraucht. Darunter fallen die Stärkezucker wie Glucose, Dextrose, Isoglucose, Fructose, Inulin sowie Maltodextrine. Hauptanwendungsgebiet dieser Produktgruppe ist die Lebensmittel- und Getränkeindustrie. 23 - 29% wurden als native Stärke verarbeitet. Diese werden sowohl für die Lebensmittelherstellung als auch für technische Anwendungen wie Kleber für Wellpappe verwendet. 19 - 21% wurden als modifizierte Stärke eingesetzt. Das sind chemische Derivate der nativen Stärken, sie finden im Wesentlichen in der Papier- und Wellpappenindustrie Verwendung, aber auch im Lebensmittelbereich oder als Additive für die unterschiedlichsten Anwendungen.³³

Betrachtet man den Verbrauch nach Sektoren, so wurden 56-61% der Stärke und Stärkemodifikate in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt, und 41- 44 % wurden stofflich zur Herstellung von Papier (27-29%), Wellpappe (5-6%) und in der chemischen sowie der Fermentationsindustrie (6-10%) verarbeitet. In Tabelle 13 sind diese Zahlen zusammengestellt.

Tabelle 14: Verbrauch und Verwendung von Stärke und Stärkederivaten ³⁴

Verbrauch und Verarbeitung von Stärke und Stärkederivaten (1000 t) *	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Verbrauch	1.870	1.830	1.890	1.920	1.930	1.960
Produktgruppen						
Verzuckerungsprodukte	991	952	1.058	1.056	1.062	1.078
Native Stärke	542	531	435	499	502	510
Modifizierte Stärke	337	348	397	365	367	372
Gesamt	1.870	1.830	1.890	1.920	1.930	1.960
Verwendung						
Lebensmittel	1.047	1.080	1.115	1.171	1.158	1.156
Technische Verwendung	823	750	775	749	772	804
davon Papier und Wellpappe	636	586	643	634	656	686
davon Chemie, Fermentation	187	165	132	115	116	118
Gesamt	1.870	1.830	1.890	1.920	1.930	1.960

* Inlandsproduktion einschliesslich Importe

Der Verein der Deutschen Papierfabriken e.V. veröffentlicht ebenfalls Zahlen zu den in der Papierherstellung eingesetzten Stärkemengen. Diese sind für die Jahre 2015 und 2016 mit 493.000 Tonnen bzw. 503.000 Tonnen allerdings deutlich niedriger als die vom Stärkeverband publizierten mit 656.000 bzw. 686.000 Tonnen.

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. 10.000 Tonnen³⁵) von Appreturen für Textilien und Leder sowie von Fermentationshilfen. Für die Fermentationsindustrie sind die Stärkehydrolysate von Bedeutung, d.h. wässrige Lösungen der Reaktionsprodukte einer sauren Hydrolyse von Stärke (in der Regel Weizenstärke). Sie bestehen hauptsächlich aus Glukose und Dextrose. In diese Verwendung geht die größte Stärkemenge.

³³ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 19.11.2017

³⁴ ebda.

³⁵ Industrieverband Klebstoffe e.V., www.klebstoffe.com

Insgesamt wurden in Deutschland zwischen 2011 und 2016 jährlich zwischen 430.000 und 510.000 Tonnen an nativer Stärke verarbeitet. Tendenziell geht der Verbrauch an nativer Stärke in Deutschland zurück, womit sich der seit 2006 festzustellende Trend auch 2016 fortgesetzt. Er wird wohl auch weiter anhalten, da die Bevölkerung insgesamt abnimmt und älter wird. Eine alternde Gesellschaft konsumiert generell weniger stärkehaltige Nahrungsmittel, während der berufstätige Bevölkerungsanteil stärker vorgefertigte Produkte nachfragt, zu deren Herstellung eher Stärkemodifikate und weniger native Stärke verwendet wird.

Neben der wichtigen technischen Anwendung in der Papierindustrie werden Produkte aus nativer Stärke hauptsächlich als Viskositätsregulator, Suspensionsmittel, Emulgator, Gelbildner, Bindemittel, Flockungshilfsmittel und als Filmbildner verwendet. Zunehmend größere Bedeutung findet Stärke in biobasierten Kunststoffen und Kunststoffblends sowie in der Chemie und als Kohlenstoffquelle in Fermentationsverfahren. Hierbei ist sie in vielen Fällen gegen Zucker austauschbar. Verfügbarkeit und Preise bestimmen letztendlich über die Art des Rohstoffs.

2.4 Herstellung und Verwendung von modifizierter Stärke

Ein wesentlicher Teil der aus Getreide extrahierten Stärken wird für die Herstellung von Modifikaten, Stärkemischungen, Klebstoffen und Dextrinen verwendet. Davon wurden im Zeitraum von 2011 bis 2016 jährlich zwischen 340.000 und 400.000 Tonnen hergestellt und nach entsprechenden Im- und Exporten zwischen 330.000 und 450.000 Tonnen zur Inlandsverarbeitung bereitgestellt.

Bei den Produktionszahlen gilt das weiter oben gesagte: es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Zahlen, die der Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller - VDGS e.V. angibt und denen des statistischen Bundesamtes. Aus den dort genannten Gründen werden hier für die Produktionsmengen nur die Angaben des Verbandes verwendet.

Den größten Anteil an den chemisch modifizierten Stärken machen die Stärkeether, die Stärkeester und die Dextrine aus. Tabelle 14 zeigt Produktions- und Handelsdaten für die Jahre 2011 bis 2016.

Tabelle 15: Herstellung, Ein- und Ausfuhr von modifizierten Stärken ³⁶

Dextrine, Stärkeether und -ester (1.000 t) (WA35051010, WA35051050, WA35051090)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	337	348	397	365	367	372
Import	368	329	325	369	257	267
Export	293	281	268	282	294	285
Verfügbarkeit	412	396	454	452	330	354

Modifizierte Stärke wird in vielen Bereichen eingesetzt. Wesentlich hierbei sind die Nutzung als Verdickungsmittel im Lebensmittelbereich, als Formgebungs- und Streichmittel in der Papierherstellung sowie in der kosmetischen Industrie. Es wird erwartet, dass der Konsum von modifizierten Stärkeprodukten auf Kosten der Verwendung nativer Stärke weiterhin kontinuierlich ansteigt.

³⁶ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 19.11.2017

2.5 Herstellung und Verwendung von Stärkeabbauprodukten

Unter Stärkeabbau versteht man die durch Säuren oder Enzyme katalysierte Hydrolyse zu den Stärkezuckern Glucose, Fructose, Maltose, die in reiner Form oder in verschiedenen Mischungsverhältnissen angeboten werden. Registriert sind Stärkezucker unter insgesamt 12 Warennummern, die in Tabelle 15 aufgeführt sind:

Tabelle 16: Stärkezucker und ihre Warennummern

Warennummer	Stärkezucker
WA17023010	Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose <20 GHT
WA17023050	Glucose als weißes, kristall. Pulver, agglomeriert
WA17023090	Glucose und Glucosesirup, auch agglomeriert
WA17024010	Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose >20 <50 GHT
WA17024090	Glucose und Glucosesirup, Gehalt an Fructose
WA17025000	Chemisch reine Fructose
WA17026010	Isoglucose, gewonnen aus Glucose
WA17026080	Inulinsirup, durch Hydrolyse von Inulin gewonnen
WA17026095	Fructose und Fructosesirup > 50 GHT
WA17029010	Chemisch reine Maltose
WA17029030	Isoglucose, gewonnen aus Glucose 50 GHT
WA17029050	Maltodextrin und Maltodextrinsirup

In der ECO SYS Erhebung von 2009 wurden konstant 540.000 Tonnen Weizen- und Maisstärke hydrolysiert und damit 605.000 bis 610.000 Tonnen an Stärkezuckern hergestellt. Für die Jahre 2011 bis 2016 fehlen in den amtlichen Produktionsstatistiken die Angaben für Glucose, Glucosesirupe und für Maltodextrin und Maltodextrinsirupe. Da aber nach den Angaben des Verbandes der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller jährlich zwischen 950.000 und 1.050.000 Tonnen an Verzuckerungsprodukten hergestellt werden und das Verhältnis von Glucose- zu Maltosederivaten ungefähr 90:10 beträgt, lässt sich diese Lücke gut abschätzen (Tabelle 16).

Tabelle 17: Produktion von Stärkezuckern ³⁷

Produktion von Stärkezuckern (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Glucose, Glucosesirupe*	350.000	290.000	400.000	420.000	445.000	450.000
Fructose, Fructosesirup, Isoglucose	155.473	217.326	205.028	182.270	188.541	185.924
Maltodextrin, Maltodextrinsirupe*	30.000	30.000	35.000	40.000	50.000	50.000
Andere Zucker (einschl. Invertzucker)	455.583	417.100	419.292	416.688	379.915	384.693
Gesamt *	991.000	952.000	1.058.000	1.056.000	1.062.000	1.078.000

* geschätzt

Die Außenhandelsdaten weisen einen großen Importüberschuss auf, so dass in den Jahren 2011 bis 2016 insgesamt rund 1,5 Millionen Tonnen an Stärkezucker zur inländischen Verarbeitung zur Verfügung standen (siehe Tabelle 17).

³⁷ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 21.11.2017

Tabelle 18: Außenhandel mit Stärkezuckern ³⁸

Handel mit Stärkezuckern (t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Export						
Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose <20GHT	1.401	694	59	30	31	179
Glucose als weißes, kristall. Pulver, agglomeriert	60.306	63.862	63.882	61.373	58.601	71.933
Glucose und Glucosesirup, auch agglomeriert	85.190	82.517	77.661	83.420	78.157	77.515
Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose >20 <4	54.274	53.493	56.218	58.707	56.735	55.419
Glucose und Glucosesirup, Gehalt an Fructose	2.694	201	384	527	751	692
Chemisch reine Fructose	3.532	3.135	5.410	5.221	3.226	2.715
Isoglucose, gewonnen aus Glucose	4.592	8.901	6.222	1.503	1.646	946
Inulinsirup, Hydrolyse von Inulin gewonnen	2	26	5	0	0	0
Fructose und Fructosesirup	14.022	13.409	13.856	16.803	16.470	14.752
Chemisch reine Maltose	33	89	46	37	29	48
Isoglucose, gewonnen aus Glucose 50 GHT	1	1	0	3	2	3
Maltodextrin und Maltodextrinsirup	922	1.043	2.158	3.243	3.568	2.500
	226.968	227.371	225.900	230.865	219.217	226.701
Import						
Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose <20GHT	28.249	25.943	24.775	23.852	23.291	21.467
Glucose als weißes, kristall. Pulver, agglomeriert	94.727	102.250	101.299	111.269	118.427	104.187
Glucose und Glucosesirup, auch agglomeriert	526.874	524.581	550.207	526.696	573.728	495.855
Isoglucose, mit einem Gehalt an Fructose >20 <4	32.195	35.809	52.519	58.094	59.237	49.752
Glucose und Glucosesirup, Gehalt an Fructose	36.064	29.475	17.691	12.852	12.627	11.743
Chemisch reine Fructose	34.194	33.712	40.394	34.607	29.187	20.574
Isoglucose, gewonnen aus Glucose	9.081	8.388	13.487	14.583	13.875	11.559
Inulinsirup, Hydrolyse von Inulin gewonnen	478	246	237	334	339	7
Fructose und Fructosesirup	13.525	17.328	12.299	12.423	12.417	12.249
Chemisch reine Maltose	95	59	109	89	71	95
Isoglucose, gewonnen aus Glucose 50 GHT	77	55	13	4	7	10
Maltodextrin und Maltodextrinsirup	61.450	68.343	71.653	77.691	78.985	77.602
	837.008	846.188	884.684	872.493	922.192	805.101
Saldo	610.041	618.818	658.785	641.628	702.976	578.400

Durch Hydrieren von Dextrose (D-Glucose) erhält man Sorbitol, einen Zucker, der in vielen industriell hergestellten Lebensmitteln als Zuckeraustauschstoff verwendet wird. Sorbitol wird in Deutschland in der Größenordnung von 75.000 – 80.000 Tonnen in kristalliner Form hergestellt. Es gibt Sorbitol auch in Form von wässrigen Lösungen; dazu liegen aber keine Produktionsdaten vor, da diese Form von nur 2 Herstellern angeboten wird. Lösungen von Sorbitol werden aber gehandelt, die Importe liegen zwischen 30 und 40.000 Tonnen, exportiert werden ca. 15.000 Tonnen.

Die Klebstoffindustrie verbraucht jährlich zwischen 5.400 und 11.700 Tonnen und Stärke bzw. Dextrinen für Etikettenkleber und Klebstoffe für die Papier- und Textilindustrie sowie 400 Tonnen für Tapetenkleister.³⁹

³⁸ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 21.11.2017

³⁹ Mitteilung des Industrieverbandes Klebstoffe e.V., www.klebstoffe.com

2.6 Verwendung von Stärke im chemisch-technischen Bereich

Des Weiteren wird Stärke als Hydrolysat zur Herstellung von Bioethanol für chemisch-technische Verwendungen eingesetzt. Die Menge an Bioethanol errechnet sich aus der Differenz der Gesamtmenge an Ethanol für chemisch-technische Anwendungen abzüglich der Menge, die aus Zucker hergestellt wurde (siehe Tabelle 9). Mit dem Umrechnungsfaktor von 0,625 für Ethanol zu Stärke ergeben sich die Stärkeäquivalente in Tabelle 19.

Eine Zusammenfassung der Tabellen 6 und 14 ergibt dann die Menge an Stärke, die industriell im chemisch-technischen Bereich verwendet wird.

Tabelle 19: Verwendung von Stärke im chemisch-technisch Bereich

Zuckeräquivalente (t) zur Herstellung von	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Technischem Ethanol	76.705	74.757	81.797	65.279	66.392	77.270
Chemikalien u. Fermentationsprodukten	72.300	70.800	72.600	76.300	76.800	78.900
Summe	149.005	145.557	154.397	141.579	143.192	156.170

3 STOFFLICHE VERWENDUNG VON ZELLULOSE

3.1 Bilanzierung von Zellstoff in Deutschland

3.1.1. Papierzellstoff

Daten zur Zellstoffproduktion in Deutschland sind wegen der geringen Zahl von produzierenden Unternehmen über das Statistische Bundesamt nicht erhältlich. Daten zur Herstellung von Zell- und Holzstoff und Altpapier als Rohstoffe zur Papierherstellung sind dagegen über den Verband Deutscher Papierfabriken gut zugänglich. Demnach wird Zellstoff für die Papierherstellung in Deutschland in der Größenordnung von rd. 1,6 Millionen Tonnen pro Jahr produziert (als Sulfat- und Sulfitzellstoff). Der inländische Verbrauch liegt jedoch bei ca. 4,6 Millionen Tonnen, woraus folgt, dass große Mengen importiert werden müssen.⁴⁰ Informationen zu Im- und Exporten sind sowohl über den Verband als auch über das statistische Bundesamt verfügbar. Für den Handel mit Papierzellstoff gibt es insgesamt zehn relevante Warennummern in der amtlichen Handelsstatistik (WA 8-Steller).

Tabelle 20: Handel mit Zellstoff, Warennummern

Zellstoffgruppe	Warennummer
Chemische Halbstoffe Nadelholz ungebleicht kgtr90%	WA47031100
Chemische Halbstoffe Laubholz ungebleicht kgtr90%	WA47031900
Chemische Halbstoffe, Nadelholz, gebleicht kgtr90%	WA47032100
Chemische Halbstoffe aus Holz, gebleicht kgtr90%	WA47032900
Sulfitzellstoff, Nadelholz, ungebleicht kgtr90%	WA47041100
Sulfitzellstoff, Holz, ungebleicht kgtr90%	WA47041900
Sulfitzellstoff, Nadelholz, gebleicht kgtr90%	WA47042100
Sulfitzellstoff, Holz, a.n.g., gebleicht kgtr90%	WA47042900
Halbstoffe aus Faserstoffen, chemisch kgtr90%	WA47069200
Halbstoffe aus Faserstoffen, halbchemisch kgtr90%	WA47069300

3.1.2. Chemiezellstoff

Neben Papierzellstoff wird in Deutschland auch sogenannter Chemiezellstoff (Dissolving Pulp in der englischsprachigen Literatur) mit hoher Reinheit (> 90% Cellulosegehalt) eingesetzt und verarbeitet. Dieser wird nicht in Deutschland produziert, sondern vollständig importiert. Rohstoffe für Chemiezellstoff sind Nadel- und Laubhölzer aus Nord- und Südamerika, Südafrika, Skandinavien und einigen anderen europäischen Ländern. Chemiezellstoff wird unter der Warennummer WA47020000 (Chemische Halbstoffe aus Holz zum Auflösen) gehandelt.

3.1.3. Sonstiger Zellstoff

Die Produktionsdaten von sonstigem Zellstoff werden im Leistungsbericht der Deutschen Papierfabriken nicht gesondert ausgeworfen, sondern sind bei der Produktion von Papierzellstoff mit erfasst. Gleichwohl veröffentlicht das statistische Bundesamt die Ein- und Ausfuhrmengen dieser Sorten.

3.1.3. Gesamtzellstoffbilanz

Mit den Angaben zu Produktion und Handel von Papier-, Chemie- und sonstigem Zellstoff lässt sich die Gesamtinlandsverfügbarkeit von Zellstoff in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2014 ermitteln.

⁴⁰ Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Leistungsbericht Papier 2017, S. 29
<https://www.vdp-online.de/industrie/statistik.html>

Sie liegt in diesem Zeitraum konstant zwischen 5,1 und 5,4 Mio. Tonnen und ist in der folgenden Tabelle im Detail aufgeschlüsselt.

Tabelle 21: Inlandsverfügbarkeit von Zellstoff ^{41 42}

(alle Angaben in t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Papierzellstoff						
Produktion	1.562.000	1.593.000	1.596.000	1.633.000	1.608.000	1.612.000
Import	4.416.976	4.251.301	4.257.818	4.147.388	4.248.210	4.366.041
Export	1.037.326	1.044.156	1.075.989	1.109.563	1.062.547	1.075.087
Inlandsverfügbarkeit	4.941.650	4.800.145	4.777.829	4.670.826	4.793.663	4.902.954
Chemiezellstoff						
Produktion	0	0	0	0	0	0
Import	407.072	395.605	456.687	577.789	470.108	424.693
Export	5.904	3.675	122.096	133.000	84.273	44.423
Inlandsverfügbarkeit	401.168	391.930	334.591	444.789	385.835	380.269
Sonstiger Zellstoff						
Produktion	0	0	0	0	0	0
Import	62.371	51.707	51.466	68.686	63.998	59.698
Export	22.423	26.447	24.675	27.610	26.930	28.418
Inlandsverfügbarkeit	39.948	25.260	26.791	41.076	37.068	31.280
GesamtInlandsverfügbarkeit	5.382.766	5.217.335	5.139.212	5.156.691	5.216.566	5.314.504

3.2 Verwendung von Zellstoff

Zellstoff ist der Rohstoff für die Herstellung von Papier, Pappe und Kartonagen und dieser Sektor verbraucht auch regelmäßig ca. 85-90% des in Deutschland genutzten Zellstoffs. Für Nicht-Papieranwendungen verbleiben damit pro Jahr rd. 700.000 – 800.000 Tonnen. Der größte Teil hiervon wird ohne weitere Modifikationen zur Herstellung von zellstoffähnlichen Produkten wie Vliesen, Windeleinlagen und anderen Hygieneprodukten verarbeitet, der Rest für Anwendungen in der Bauchemie, bei der Herstellung von Bremsbelägen und Schweißelektroden, als Filtermaterialien (Wasserfilter, Zigarettenfilter) sowie in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie genutzt.⁴³ Chemiezellstoff dagegen wird ausschließlich zur Herstellung von Regeneraten (Fasern und Filmen) und chemisch modifizierten Derivaten weiterverarbeitet.

Tabelle 22: Verbrauch von Zellstoff in Deutschland

(alle Angaben in t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Papier	4.636.000	4.670.000	4.528.000	4.542.000	4.534.000	4.571.000
Chemie	401.168	391.930	334.591	444.789	385.835	380.269
<i>für Cellulosederivate</i>	163.368	157.610	92.151	223.229	179.355	169.149
<i>für Cellulosefasern</i>	237.800	234.320	242.440	221.560	206.480	211.120
Sonstige Verwendungen	345.598	155.405	276.620	169.902	296.731	363.234
Gesamtverbrauch	5.382.766	5.217.335	5.139.212	5.156.691	5.216.566	5.314.504

⁴¹ Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Leistungsbericht Papier 2017, S. 29

⁴² Statistisches Bundesamt, abgerufen am 28.6.2017

⁴³ Mitteilung der Firma CFF GmbH

3.3 Faserstoffe

Während hochwertige Papiere ausschließlich aus Zellstoff hergestellt werden, gehen in die Produktion von minderen Papierqualitäten und Pappe und Kartonagen die Faserstoffe Holzstoff (Holzschliff) und Altpapier ein. Diese werden in der Produktionsstatistik unter den Nummern GP09-171114001 und GP09-171114009 (GP 9-Steller) und in der Handelsstatistik unter den Warengruppen WA4707 und WA4701 (WA 8-Steller) geführt.

Tabelle 23: Produktion von und Handel mit Holzstoff und Altpapier

Bezeichnung	Nummer
Ungebleichtes Kraftpapier oder Kraftpappe	WA47071000
Papier oder Pappe zur Wiedergewinnung	WA47072000
Alte und unverkaufte Zeitungen, Zeitschriften	WA47073010
Abfälle und Ausschuss aus Papier oder Pappe	WA47073090
Papier oder Pappe zur Wiedergewinnung, unsortiert	WA47079010
Papier oder Pappe zur Wiedergewinnung, sortiert	WA47079090
Halbstoffe, thermo-mechanisch, aus Holz, chemisch unbehandelt	WA47010010
Halbstoffe, mechanisch, aus Holz, chemisch unbehandelt	WA47010090
Mechanische Halbstoffe aus Holz (Holzschliff)	GP09-171114001
Halbchemische Halbstoffe aus Holz; Halbstoffe aus anderen cellulosehaltigen Faserstoffen (auch Altpapierstoff, verflüssigt, papiermaschinenfähig aufbereitet)	GP09-171114009

Tabelle 24: Einsatzmengen von Zell- und Faserstoffen in der Papierindustrie ^{44 45}

(alle Angaben in t)		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Papierzellstoff	Produktion	1.562	1.593	1.596	1.633	1.608	1.612
	Import	3.596	3.557	3.483	3.434	3.459	3.407
	Export	551	560	548	588	507	479
	Saldo	4.607	4.590	4.531	4.479	4.560	4.540
Holzstoff	Produktion	1.163	1.043	1.013	964	946	873
	Import	111	176	192	131	137	114
	Export	31	75	69	75	91	116
	Saldo	1.243	1.144	1.136	1.020	992	871
Altpapier	Aufkommen *	15.442	15.249	15.327	15.102	15.360	15.368
	Import	4.240	4.034	3.962	4.005	4.057	4.364
	Export	3.505	3.091	2.800	2.482	2.663	2.834
	Saldo	16.177	16.192	16.489	16.625	16.754	16.898
Rechnerischer Gesamtverbrauch		22.027	21.926	22.156	22.124	22.306	22.309

⁴⁴ Verein Deutscher Papierfabriken e.V., VDP-Leistungsbericht "Papier" 2017, S. 63 und 76

⁴⁵ Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Papierkompass 2013, 2014, 2015, 2016

Tabelle 25: Produktion, Handel und Verbrauch von Papier, Karton und Pappe in Deutschland ⁴⁶

Verbrauch von Papier, Karton und Pappe (1.000 t)		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Graphische Papiere	Produktion	9.632	9.201	8.697	8.662	8.613	8.360
	Import	6.049	5.937	5.775	5.814	5.789	5.505
	Export	6.790	6.308	5.838	5.760	5.872	5.605
	Rechn. Verbrauch	8.891	8.830	8.634	8.716	8.530	8.260
Papier, Karton und Pappe für V	Produktion	10.304	10.658	10.922	11.049	11.191	11.386
	Import	4.597	4.577	4.438	5.033	5.134	5.355
	Export	6.044	6.486	6.496	6.777	6.799	7.042
	Rechn. Verbrauch	8.857	8.749	8.864	9.305	9.526	9.699
Hygienepapiere	Produktion	1.377	1.392	1.414	1.438	1.458	1.507
	Import	219	211	226	230	240	240
	Export	107	122	132	146	143	164
	Rechn. Verbrauch	1.489	1.481	1.508	1.522	1.555	1.583
Papier, Karton und Pappe für technische und spezielle Verwendungszwecke	Produktion	1.365	1.351	1.368	1.391	1.339	1.377
	Import	167	146	121	147	157	163
	Export	542	488	513	535	532	541
	Verbrauch	990	1.009	976	1.003	964	999
Rechnerischer Gesamtverbrauch		20.227	20.069	19.982	20.546	20.575	20.541

3.4 Cellulosefasern

Chemiezellstoff wird in der Hauptsache zur Herstellung von sogenannten Regeneraten (Fasern, Filamenten, Stapelfasern und Filme) eingesetzt. Davon werden in Deutschland jährlich zwischen knapp 180.000 und 210.000 Tonnen hergestellt. Dazu werden zwischen 210.000 bis 240.000 Tonnen Chemiezellstoff benötigt. Die restlichen 160.000 bis 180.000 Tonnen werden zu Derivaten wie Celluloseethern und Celluloseestern verarbeitet.

Tabelle 26: Produktions- und Handelsdaten von Cellulosefasern in Deutschland ^{47 48}

Cellulosefasern (in t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktion	205.000	202.000	209.000	191.000	178.000	182.000
Export	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Import	74.000	71.000	75.000	78.000	72.000	74.000

Zur Herstellung von 1 Tonne Cellulosefasern braucht man ca. 1,16 Tonnen Cellulose. Damit kann die Menge der zur Faserproduktion benötigten Cellulose berechnet werden und aus dieser und der Gesamtinlandsverfügbarkeit die Menge an Chemiezellstoff, die zur Herstellung von Derivaten benötigt wurde (siehe Tabelle 22).

⁴⁶ Verein Deutscher Papierfabriken e.V., VDP-Leistungsbericht "Papier" 2017, S. 56

⁴⁷ Industrievereinigung Chemiefaser e.V., www.ivc-ev.de, abgerufen am 19.1.2018

⁴⁸ Statistisches Bundesamt, Produktion abgerufen am 12.7.2017

3.5 Cellulosederivate

In den vergangenen Jahren lag die inländische Produktion von Cellulosederivaten zwischen 268.000 und 307.000 Tonnen pro Jahr.⁴⁹ Sie werden in der Produktionsstatistik (GP 9-Steller) zu „Cellulose u. deren chem. Derivate, in Primärformen“ (GP09-201659400) zusammengefasst.

Mit Ausnahme von Zelluloseacetaten waren die Importe für alle anderen Produkte gering. Die Handelsdaten für Zelluloseacetate werden aber seit 2008 in den Statistiken des Statistischen Bundesamtes nicht mehr separat geführt und ihre Importvolumina können daher nur geschätzt werden. Sie betragen von 2006 bis 2009 konstant 34-35.000 Tonnen und es wird davon ausgegangen, dass sich daran nicht viel geändert hat. Die Exportmengen schwankten zwischen 2011 und 2016 zwischen 170.000 und 200.000 Tonnen.⁵⁰

Die anderen Cellulosederivate werden unter insgesamt acht Warennummern (WA 8-Steller) gehandelt.

Tabelle 27: Warennummern und Bezeichnung von Cellulosederivaten

Beschreibung	Warennummer
Collodium und Celloidin, in Primärformen	WA39122011
Cellulosenitrate in Primärformen	WA39122019
Cellulosenitrate, weichgemacht	WA39122090
Carboxymethylcellulose und ihre Salze	WA39123100
Hydroxypropylcellulose in Primärformen	WA39123920
Celluloseether, a.n.g., Primärform	WA39123985
Celluloseester in Primärformen	WA39129010
Cellulose und ihre chemischen Derivate	WA39129090

Tabelle 28: Entwicklung der Bilanz von Cellulosederivaten⁵¹

(alle Angaben in t)	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inlandsproduktion	281.169	268.269	266.483	276.395	276.905	307.223
Importe						
Acetate *	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
Collodium, Celloidin	1.442	375	501	681	670	392
Nitrate	624	577	579	1.583	1.381	2.612
CMC und ähnliches	14.039	15.402	14.607	14.486	14.404	15.020
Ethyl	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hydroxypropyl	588	654	722	662	774	739
Andere Äther	11.831	14.007	14.696	14.842	15.640	17.122
Ester	3.211	3.107	2.096	2.286	2.056	2.380
Andere Zelluloseprodukte	6.480	4.075	4.959	4.789	5.386	6.039
Gesamtimporte	73.215	73.197	73.160	74.329	75.311	79.303
Exporte						
Acetate *	165	255	135	185	154	185
Collodium, Celloidin	22	49	675	503	303	344
Nitrate	29.702	24.527	22.624	22.744	26.918	28.316
CMC und ähnliches	16.189	17.462	16.948	19.504	16.511	16.221
Ethyl	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hydroxypropyl	425	615	498	313	345	347
Andere Äther	113.282	108.561	117.905	128.395	129.602	141.865
Ester	541	482	470	529	552	550
Andere Zelluloseprodukte	19.978	22.843	25.249	27.631	31.007	35.662
Gesamtexporte	180.304	174.794	184.504	199.804	205.392	223.490
Gesamtinlandsverbrauch	174.080	166.672	155.139	150.920	146.824	163.036

* geschätzt auf Basis der Zahlen von 2006-2009

⁴⁹ Statistisches Bundesamt, Export/Import abgerufen am 12.7.2017

⁵⁰ Statistisches Bundesamt, abgerufen am 28.6.2017

⁵¹ Statistisches Bundesamt, GP09-201659400, abgerufen am 28.6.2017, WA3912, abgerufen am 28.6.2017

Die wirtschaftlich bedeutendsten Cellulosederivate sind Celluloseacetat, Cellulosenitrat, Carboxymethylcellulose, Methylcellulose, Ethylcellulose und Hydroxypropylcellulose.

Das genaue Verwendungsprofil der Cellulosederivate in Deutschland ist nicht bekannt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Großteil als Additive in der Papier- und Bauchemie verwendet wird. 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.

Weitere Anwendungen finden sich in der Pharma- und Kosmetikindustrie als Verdicker sowie bei Lacken und Farben, wo das schnelle Trocknungsverhalten von Nitrocellulose bei Holzlacken und Druckfarben genutzt wird und in geringen Mengen in der Klebstoffindustrie. So berichtete der Industrieverband Klebstoffe e.V., dass für Tapetenkleister, zementgebundene Klebstoffe, Spachtelmassen, Mörtel etc. und für Klebstoffe zum Kleben von Leder, Textilien und Porzellan sowie für Reparaturmittel für Holzoberflächen 2014 ca. 12.000 Tonnen zur Verwendung kamen. Diese Mengen dürften 2016 um 9% auf ca. 13.000 Tonnen angewachsen sein (der Anstieg der Produktion von Klebstoffsystemen in diesem Zeitraum betrug 9%).⁵²

Die wichtigsten Märkte für Cellulosenitrat sind die Explosivstoffe und für Celluloseacetat die Zigarettenfilter, Textilfasern und Gewebe sowie in der Werkzeugindustrie seit Jahrzehnten die Herstellung von Werkzeuggriffen.

⁵² Industrieverband Klebstoffe e.V., www.klebstoffe.com, abgerufen am 25.11.2017

Erstellt im Rahmen des BMEL-Auftrages

„Erhebung, Aufbereitung und Analyse statistischer Daten zum Anbau und zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen in Deutschland sowie Weiterentwicklung von Methoden hierzu (NRstat), FKZ 22004416

<https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22004416>

durch T+I Consulting Dr. Busch

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.