

Abschlussbericht

Chancen und Möglichkeiten der stofflichen Verwertung nachwachsender Rohstoffe in Thüringen

Projekt-Nr. 94.17

Langtitel: Chancen und Möglichkeiten der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Thüringen

Kurztitel: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Projektleiter: Torsten Graf

Abteilung: Pflanzenproduktion und Agrarökologie

Abteilungsleiter: stellv. Reinhard Götz

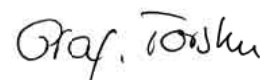
Laufzeit: 01.01.2013 bis 31.12.2014

Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

Bearbeiter: Christina Warsitzka

Dezember 2014


Dr. Armin Vetter
(stellv. Präsident)


Torsten Graf
(Projektleiter)

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Inhalt

	Seite
1. Veranlassung	2
2. Stand der stofflichen Nutzung einschließlich der Rohstoffbereitstellung in Deutschland und Thüringen	3
2.1 Entwicklung in Deutschland	3
2.2 Entwicklung in Thüringen	8
3. Eruierung zukünftiger aussichtsreicher Verfahrensschienen für Thüringen	10
4. Abschätzung des zukünftigen Anbauumfangs unter Berücksichtigung der Bereitstellung von Nahrungsmittel- und Energiepflanzen in Thüringen	13
5. Handlungsfelder und Maßnahmen zum weiteren Ausbau	16
5.1 Handlungsfelder	16
5.2 Maßnahmen zur Umsetzung	17
5.3 Vorbildwirkung des Freistaates Thüringen	18
Literaturverzeichnis	19
Anlagen	21

1. Veranlassung

Bisher stand im Wesentlichen die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen im Fokus der Politik, inklusive der Förderpolitik. Es wurden Ausbauziele definiert und Instrumente zur Förderung geschaffen. Mit den neuen Strategien der Europäischen Union und der Bundesrepublik zur Bioökonomie bekommt die Biomasse einen neuen Stellenwert. Ziel ist es, durch nachwachsende Rohstoffe und biotechnologische und chemische Verfahren die Basis für Ernährung, Industrie und Energie zu sichern. Knappe fossile Rohstoffe, Klimawandel und wachsende Weltbevölkerung erfordern nachhaltige und ressourceneffiziente Strategien.

Die stoffliche Nutzung ist im Gegensatz zur energetischen Nutzung allein auf die Kohlenstoffzufuhr der erneuerbaren Ressource Biomasse angewiesen. Darüber hinaus zeichnet sie sich ebenfalls im Gegensatz zur energetischen Nutzung durch eine hohe Komplexität möglicher Erzeugungs- und Herstellungspfade aus und birgt ein hohes Innovationspotenzial im Hinblick auf innovative Technologien als auch auf innovative Produkte.

Neben der Zellstoffnutzung und Stärkeverarbeitung, die bereits heute etabliert sind, und dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bereich Bauen und Wohnen, sind innovative Ansätze in der industriellen Biotechnologie und den Bioraffinerien, den biobasierten Werkstoffen einschließlich naturfaserverstärkter Kunststoffe und der oleochemischen Anwendung Schwerpunkte der Forschungslandschaft in Deutschland. Mit dem Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK) hat dabei auch Thüringen ein kompetentes Forschungsinstitut zum Beispiel auf dem Gebiet der Erforschung nativer Polymere oder Faserverbundwerkstoffe. Ebenso betreibt die Friedrich-Schiller-Universität (FSU) Jena, speziell das Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie, Grundlagenforschung zum Beispiel bei der Entwicklung von Nanocellulose, Polysacchariden, Biopolymeren und Plattformchemikalien auf der Basis von Zucker oder Holz.

Mit der Errichtung und Inbetriebnahme des Chemisch-biologischen Prozesszentrums CBP am Chemiestandort Leuna 2012 und der Etablierung des Bioökonomie Exzellenz-Clusters Mitteldeutschland sind in unmittelbarer Nähe zu Thüringen Einrichtungen entstanden, die zukunftsweisend die effiziente Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen insbesondere durch Kaskadennutzung und der Entwicklung von Bioraffineriekonzepten erforschen und bis zur Praxisreife entwickeln.

Grundsätzlich ergänzt die stoffliche Nutzung die energetische Nutzung der Biomasse, die in ihren drei Anwendungsfällen Strom, Wärme und Kraftstoffe weiter auszubauen ist. Die dafür in Thüringen notwendigen Maßnahmen, Handlungsempfehlungen und Rahmenbedingungen sind im Thüringer Bioenergieprogramm 2014 /1/ dargestellt. Außerdem wurden hier und in der Studie „Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen“ /2/ die für die energetische Nutzung im Freistaat vorhandenen Flächen und Biomassepotenziale abgeschätzt.

Ausgehend vom derzeitigen Stand und unter Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen in Thüringen soll vorliegend eine Abschätzung darüber vorgenommen werden, welche Verwertungsschienen sich zukünftig in Thüringen etablieren könnten, welche Rohstoffe dafür zum Einsatz kommen könnten und welcher Anteil an Fläche dafür zur Verfügung gestellt werden könnte. Außerdem sind Handlungsfelder

und Maßnahmen aufzuzeigen, die den Anteil von nachwachsenden Rohstoffen für die Industrie in Thüringen erhöhen könnten.

2. Stand der stofflichen Nutzung einschließlich der Rohstoffbereitstellung in Deutschland und Thüringen

2.1. Entwicklung in Deutschland

Zum Stand der stofflichen Nutzung in Deutschland werden vorliegend die Ergebnisse von zwei Studien zugrunde gelegt. In der im Auftrag des Umweltbundesamtes durch die nova-Institut GmbH erarbeitenden Studie „Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzung von Biomasse“ /3/ wurde im ersten Kapitel eine Erfassung der Biomasseströme für die stoffliche Nutzung in Deutschland, Europa und der Welt vorgenommen. Es ist dabei die Datenbasis von 2008 zugrunde gelegt. In der von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) beauftragten Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe von 2014 /4/ werden insgesamt sieben Märkte der stofflichen und drei Märkte der energetischen Nutzung einschließlich der darin zum Einsatz kommenden Rohstoffe analysiert (siehe Anlage 1). Die meisten Daten für die Darlegung des Marktumfangs und des Rohstoffeinsatzes basieren auf dem Jahre 2011.

In /3/ wird die stoffliche Nutzung wie folgt definiert:

Bei der „stofflichen Nutzung“ dient die Biomasse als Rohstoff für die Produktion von Gütern jeglicher Art sowie der direkten Verwendung in Produkten. Sie wird damit von der energetischen Nutzung abgegrenzt, bei der die Biomasse allein der Nutzung als Energieträger dient. (Carus et al. 2010)

Nach /3/ standen im Jahre 2008 3,55 Mio. t (27 %) Biomasse für die stoffliche Nutzung einer energetischen Nutzung von 9,6 Mio. t (73 %) gegenüber.

Auf Basis der Erträge von 2011 wird nach /4/ durch die in Deutschland abgesetzten Mengen an nachwachsenden Rohstoffen in den betrachteten zehn Absatzmärkten ein Flächenbedarf von 4,3 Mio. ha ausgelöst. Dies umfasst heimische Flächen und im Ausland „importierte Flächen“. Dabei wurden 3,5 Mio. ha für die energetische und 0,8 Mio. ha für die stoffliche Nutzung benötigt. Zusätzlich wurden ca. 11 Mio. ha Waldfläche für die stofflichen und energetischen Märkte genutzt.

Die FNR wies für das Jahr 2011 eine Fläche von ca. 300.000 ha für Industriepflanzen und ca. 2.100.000 ha für die energetische Nutzung aus.

Somit sind ca. 65 % der Flächen für die stoffliche Nutzung und ca. 40 % für die energetische Nutzung „Importflächen“. Dabei sind die Importquoten bei der stofflichen Nutzung unterschiedlich hoch. So liegt der Importanteil bei den Pflanzenölen für die chemische Industrie nach /3/ bei ca. 70 %, bei den Naturfasern bei über 99 %, bei Zucker und Stärke dagegen bei 10 % bzw. 30 % (Daten von 2008).

Die Flächennutzung für 2013 und die Entwicklung des Anbauumfangs für nachwachsende Rohstoffe bis 2014 (geschätzt) zeigen die Abbildungen 1 und 2.

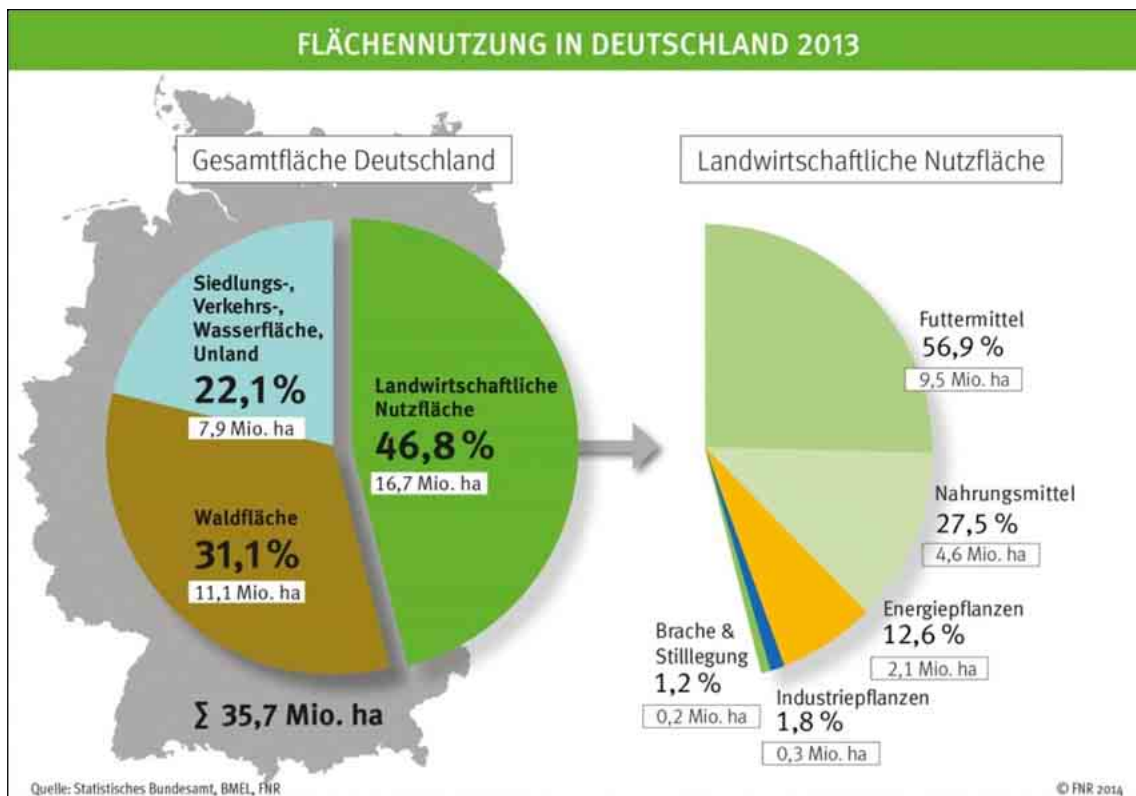


Abbildung 1: Flächennutzung in Deutschland 2013

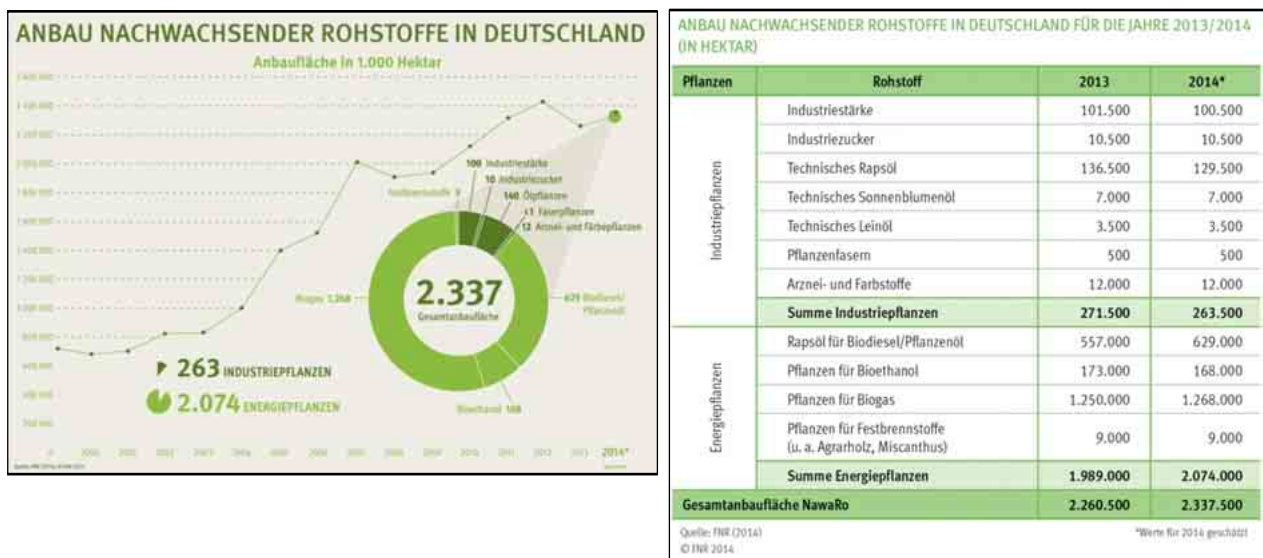


Abbildung 2: Entwicklung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

Nach Abbildung 2 erfolgt die höchste Flächenbelegung bei den Industriepflanzen mit 140.000 ha durch die Ölpflanzen, gefolgt von der Industriestärke mit 101.500 ha und Industriezucker mit 10.500 ha.

Diese werden im Folgenden näher betrachtet.

Öle und Fette

In Deutschland wurden 2014 auf 1.437.000 ha Ölpflanzen angebaut. Davon 1.395.300 ha Winterraps, 2.400 ha Sommerraps, 4.200 ha Öllein, 19.900 ha Sonnenblumen und 14.700 andere Ölpflanzen (Werte vorläufig) (Quelle: Statistisches Bundesamt). Der Anteil Fläche für die Industriepflanzen beträgt somit 9,7 %. Für die energetische Nutzung kommt nur Winterraps infrage. Hier beträgt der Anteil 45 % der Anbaufläche für Winterraps.

Die verschiedenen Verwertungsschienen der stofflich genutzten Pflanzenöle zeigt Abbildung 3. Dabei ist bei den Tensiden, die in der Pharma- und Kosmetikindustrie, als Waschmittel, Textil-Hilfsstoff und als Tenside für Pflanzenschutzmittel verwendet werden, ein sehr hoher Importanteil zu verzeichnen. Insgesamt wurden nach /3/ 2008 1,1 Mio. t Pflanzenöle und 350.000 t tierische Fette stofflich genutzt.

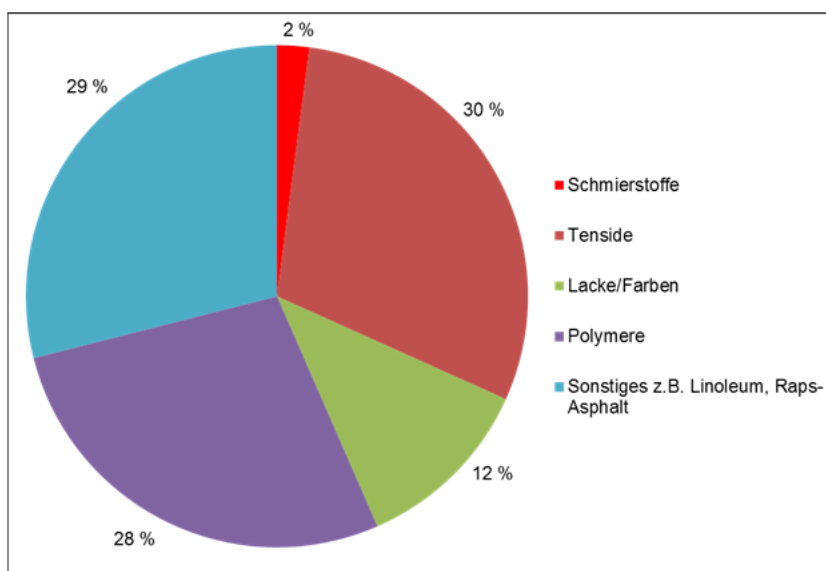


Abbildung 3: Verwertung der Pflanzenöle in der Industrie (nach /3/)

Stärke

Laut Fachverband der Stärke-Industrie e.V. gab es in Deutschland 2013 neun Firmen, die in 15 Werken die verschiedensten Stärkeprodukte produzierten. Im Industriepark Zeitz wurde Ende 2009 eine Stärkefabrik errichtet, die nach zwischenzeitlicher Insolvenz Ende 2011 unter dem Namen „Interstarch“ wieder mit der Produktion begann. Bei Volllauslastung werden jährlich ca. 65.000 t Stärke auf Weizenbasis produziert. Die erzeugten Produkte finden in der Lebensmittelindustrie, Papier- und Wellpappenindustrie, in der chemischen Industrie sowie der Pharma- und Kosmetikindustrie Verwendung.

Die Importquote für Stärke liegt nach /3/ bei ca. 30 %. Der Import erfolgt zum einen auf der Rohstoffseite (Körnermais) und zum anderen existiert ein Importüberschuss bei Weizen- und Maisstärke, wohingegen bei Kartoffelstärke ein Exportüberschuss herrscht (Angaben von 2008).

Der Rohstoffeinsatz zur Stärkeproduktion 2013 setzt sich aus 43 % Weizen, 28 % Mais und 29 % Kartoffeln zusammen. 2011 ist die Europäische Marktordnung für Stärkekartoffeln ausgelaufen, so dass seitdem eine Verschiebung des Einsatzes von Kartoffeln hin zu Weizen stattgefunden hat.

Die Anteile für den Food und Non-Food Einsatz liegen seit 2009 ziemlich stabil zwischen 56 bis 62 bzw. zwischen 38 und 41 %. Die Verwertung der Stärke im Non-Food-Bereich zeigt die Abbildung 4. Insgesamt wurden nach /3/ 2008 ca. 890 Tt stofflich genutzt.

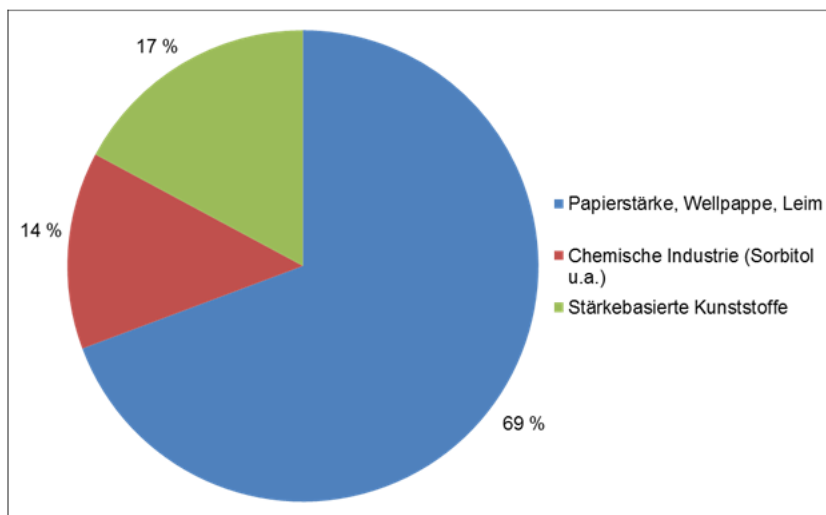


Abbildung 4: Verwertung der Stärkeprodukte in der Industrie (nach /3/)

Zucker

In der Kampagne 2013/14 wurden in Deutschland auf 315.548 ha Zuckerrüben angebaut. Gegenüber dem Anbau 2012/13 verringerte sich die Rübenanbaufläche um 8,8 %. Die Zuckererzeugung von 3.428.298 t Weißzuckerwert stellt gegenüber dem Vorjahr eine Verringerung um 14,6 % dar. Die durch die FNR postulierten 10.500 ha für die stoffliche Nutzung stellen damit 3,3 % der Gesamtanbaufläche für Zuckerrüben dar.

Bei einem Zuckerertrag von 10,9 t/ha (2013/14) wurden damit 114.450 t Zucker für die stoffliche Nutzung erzeugt. 2008 wurden nach /3/ 136.000 t Zucker stofflich genutzt. (Abb. 5).

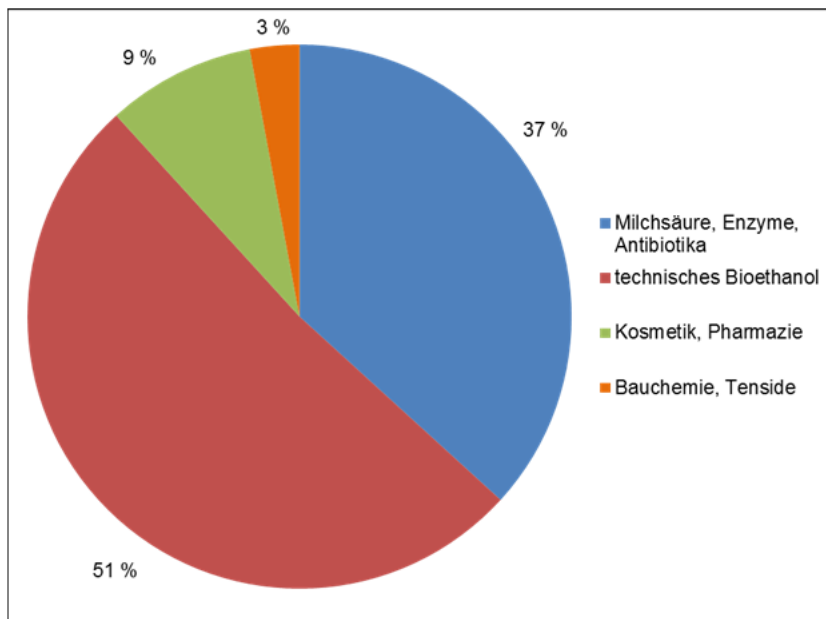


Abbildung 5: Verwertung der Zuckerprodukte in der Industrie (nach /3/)

Nach der Zuckermarktreform 2006 besteht für Zuckerrübenanbauer in der EU die Möglichkeit der Produktion von Industriezucker außerhalb der Quote. Der Preis dafür regelt sich allerdings über den Markt, so dass einerseits die Konkurrenz zu Importen und andererseits zu Verzuckerungsprodukten aus der Stärkeindustrie gegeben ist.

Andere Rohstoffe

Einen weitaus geringeren Anteil an der Fläche nehmen die **Faserpflanzen** und die **Arznei- und Färberpflanzen** ein. Im Jahre 2008 wurden nach /3/ ca. 105.000 t Naturfasern verarbeitet. Davon stammten nur geringe Anteile aus heimischem Anbau, in der Hauptsache Hanf. Ende der 1990er Jahre entstand in der entwickelten Technologie zur Verarbeitung von Kurzfasern aus heimischem Hanf und Faserlein ein Hoffnungsträger für die stoffliche Verwertung. Damit verbunden etablierten sich mehrere Tausend Hektar Anbaufläche. Durch internationalen Druck an den Rohstoffmärkten und steigende Agrarpreise für Marktfrüchte blieb dieser Anbauumfang nicht erhalten. Für die Jahre 2013 und 2014 wird durch die FNR nur noch eine Anbaufläche von 500 ha angegeben.

Nach /4/ wurden im Jahre 2011 auf 12.239 ha Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland angebaut. Der überwiegende Anteil der verarbeiteten Rohdrogen (>90 %) stammt jedoch aus Importen, so dass hier ein deutliches Erweiterungspotenzial zu sehen ist. Voraussetzungen sind jedoch die Schaffung infrastruktureller Grundlagen und geeignete Förderinstrumente für Neueinsteiger /5/.

Thüringen ist das Bundesland mit der zweitgrößten Anbaufläche für Arznei- und Gewürzpflanzen nach Brandenburg, wo in der Hauptsache Öllein angebaut wird.

Um den steigenden Bedarf an den wichtigsten 15 Arzneipflanzendrogen in Deutschland zu decken, bräuchte man 2020 eine Fläche von 20.000 ha.

Der Anbau von Färberpflanzen als Ersatz für fossil erzeugte Farbstoffe und Pigmente in der Industrie spielt nach wie vor keine Rolle. Trotzdem stellt dieser Bereich eine interessante Nische für klein- und mittelständische Unternehmen, vor allem im hand-

wirklichen Maßstab dar, den es auch weiterhin im Rahmen der Traditionspflege und des Tourismus zu bedienen gilt.

Biogene Nebenprodukte und Reststoffe

Wie bei den Pflanzen gibt es auch für die biogenen Nebenprodukte und Reststoffe alternative Nutzungsmöglichkeiten. Nebenprodukte aus der Forst- und Holzindustrie können sowohl energetisch als auch stofflich in der Holzwerkstoffindustrie oder als Dämmstoff eingesetzt werden. Traditionelle Einsatzgebiete von Stroh sind ebenfalls die Dämmstoffindustrie, die Verwendung als Tiereinstreu, im Obstbau, in der Pilzzucht u.a..

Innovative stoffliche Nutzungen sowohl von Holzreststoffen als auch von Stroh sind in der Entwicklung. So wird in einer Demonstrationsanlage der Clariant Produkte (Deutschland GmbH) in Straubing im sunliquid®-Verfahren aus Getreidestroh und anderen biogenen Reststoffen Zelluloseethanol hergestellt. Dies kann sowohl als Kraftstoff als auch als Ausgangsstoff für die chemische Industrie verwendet werden. Die bioliq® – Pilotanlage des KIT Karlsruher Institutes für Technologie konvertiert Restbiomasse in synthetische Kraftstoffe bzw. chemische Grundprodukte für eine Biobasierte Wirtschaft. Die Lignocellulose-Bioraffinerie-Demonstrationsanlage am CBP Leuna wandelt die Reststoffe Holz und zukünftig wahrscheinlich auch Stroh zu biobasierten Synthesebausteinen und Polymeren um.

Im durch das BMU geförderten Projekt „Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung“ /6/ beträgt das nicht für die Humusreproduktion benötigte Strohpotenzial zwischen 13 und 8 Mio. t Frischmasse (FM) je nach verwendeter Humusbilanzierungsmethode. In Thüringen könnten zwischen 310 und 880 Tt (FM) einer energetischen oder stofflichen Nutzung zugeführt werden.

Die Potenziale an Holzreststoffen sollen hier nicht näher betrachtet werden. In der Lignocellulose-Bioraffinerie am CBP wird vorerst Buchenholz, welches zum Teil auch aus Nordthüringen stammt, eingesetzt.

2.2 Entwicklung in Thüringen

Zur Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Nutzung lässt sich für Thüringen außer für den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau und für die Faserpflanzen kein differenziertes Bild zum Anbauumfang für Öle, Zucker oder Stärke darstellen.

Aus den Auswertungen der INVEKOS-Sammelanträge ergibt sich für den Anbau der für die stoffliche Nutzung in Frage kommenden Kulturen für das Jahr 2013 folgendes Bild:

2013 wurden auf 1.400 ha **Arznei- und Gewürzpflanzen** angebaut. Zählt man, wie in /4/ Öllein und Körnersenf hinzu, erhöht sich der Anbauumfang um ca. 1.000 ha. Seit 2008 liegt die Anbaufläche ungefähr auf diesem Niveau. Wie im gesamten Bundesgebiet auch, so soll auch in Thüringen versucht werden, die Anbaufläche zu erhöhen. Die Ergebnisse bundesweiter Forschungsbemühungen zur Verbesserung der

Anbau- einschließlich Ernteverfahren sowie Pilot- und Demovorhaben im Freistaat sollen dazu beitragen.

Auf rund 100 ha wird **Hanf** angebaut. Gegenüber dem Jahre 2008 fand eine Halbierung der Anbaufläche für Hanf statt. Dies ist in zunehmenden Problemen der dezentralen Faserverarbeitungsanlagen in Deutschland zu sehen, die sich den globalen Märkten stellen müssen. Hier drängen vor allem preiswerte Sisal-, Jute- und Kenafasern aus dem asiatischen Raum auf den Markt.

In Thüringen wird aktuell an der Entwicklung einer ökologischen Wertschöpfungskette von der Faser bis zum Endprodukt gearbeitet, wobei die Samengewinnung ebenfalls einen wesentlichen Beitrag leistet. In der VOFA Vogtlandfaser GmbH & Co. KG, Zeulenroda-Triebes, werden Hanffasern und Hanfschäben für die verschiedenen Verwendungszwecke hergestellt. Dabei wird von ca. 80 ha Hanf verarbeitet. Ein Thüringer Abnehmer der Hanffasern ist die Firma ISOWOOD GmbH & Co. KG, Rudolstadt. Diese stellen Vliese aus unterschiedlichen Fasern und Mischungen für die Automobilindustrie her. Neben Hanf kommen dabei auch Sisal, Kenaf, Baumwolle und Jute zum Einsatz. Sechs weitere Unternehmen sind im Bereiche NFK und WPC-Compounds, Naturfasermatten oder Verarbeitung von „flüssigem Holz“ tätig. Nähere Angaben und die Adressen der Firmen finden sich in der im Rahmen des Projektes angefertigten Kurzstudie des TITK „Stand und Perspektiven der Verwendung von Nachwachsenden Rohstoffen zur stofflichen Nutzung in Thüringen – insbesondere im Bereich der Biowerkstoffe“ /7/. Diese Studie wird dem Bericht als Anlage beigelegt.

Außer im Jahre 2011, wo die Anbaufläche für 00-**Winterraps** lediglich 112.000 ha betrug, zeigt sich in den anderen Jahren seit 2008 eine relativ konstante Fläche um 120.000 ha. In den Jahren 2012 und 2013 lag die Anbaufläche bei über 120.000 ha. Weiterhin wurden 2013 auf 900 ha Sonnenblumen, auf 600 ha Öllein und auf ca. 500 ha Wintererucaraps angebaut. Andere Ölpflanzen sind zu vernachlässigen.

Seit 2007 ging die Fläche für die Verwendung von Raps in dezentralen Rapsölpresen kontinuierlich zurück. 2011 wurden nach Angaben des Thüringer Landesamtes für Statistik (TLS) lediglich auf 20.000 ha Raps für die dezentrale Herstellung von Rapsöl und Biodiesel angebaut. Diese Fläche wird sich bis 2014 noch verringert haben. Zusammen mit der Beimischungsquote, die 2011 bei 7,1 % lag und dem Dieselverbrauch in Thüringen (Quelle TLS), woraus eine Rapsanbaufläche von 49.000 ha resultiert, wurden damit 2011 mehr als 58 % für die energetische Nutzung verwendet. Aktuell ist eher das Anbauverhältnis wie auf Bundesebene von 45 % für die energetische Nutzung realistisch. Dazu kommen jeweils 9 % für die stoffliche Nutzung. Dies wären ca. 55.000 ha für die energetische und 10.000 ha für die stoffliche Nutzung.

In Thüringen gibt es keine **Stärkefabriken**, so dass ein Anbau von Kartoffeln für die Stärkeproduktion nicht gegeben ist. Die einzige sich in der Nähe zu Thüringen befindliche Stärkefabrik befindet sich in Zeitz. Hier erfolgt ausschließlich die Verarbeitung von Weizen. Dessen Anbauumfang ist in Thüringen bereits sehr hoch, so dass eine Ausdehnung nicht befürwortet werden kann. Außerdem wird in der Thüringer Ackerebene vorwiegend E- und A-Weizen mit hohen Eiweißgehalten angebaut.

2013 wurden auf 7.280 ha **Zuckerrüben** angebaut. Seit 2011 ist ein Rückgang der Anbaufläche zu verzeichnen. Es kann unterstellt werden, dass sich die Verwertung ähnlich der im Bund gestaltet, wonach rund 3 % der stofflichen Verwertung zugeführt

wird. Auch für die Bioethanolproduktion der CropEnergies AG in Zeitz wird ein Teil der eingesetzten Zuckerrüben aus Thüringen stammen.

3. Eruierung zukünftiger aussichtsreicher Verfahrensschienen für Thüringen

Insgesamt muss es das Bestreben sein, weiterhin im Freistaat Thüringen den Anbau nachhaltig erzeugter nachwachsender Rohstoffe zu erhalten und wenn möglich auszubauen. Nachhaltig erzeugte nachwachsende Rohstoffe leisten einen wichtigen Beitrag zur Schonung unserer Ressourcen und beim Wandel hin zu einer Bioökonomie. Zudem bieten sie den landwirtschaftlichen Unternehmen eine wichtige Einkommensquelle.

Dazu sollte neben dem Anbau von Energiepflanzen, der in Thüringen bereits einen hohen Stellenwert hat, mittelfristig auch möglichst alternative Kulturen für die stoffliche Nutzung durch die Thüringer Landwirte nachhaltig bereitgestellt werden. Der Nahrungsmittelproduktion ist dabei jedoch entsprechend der Strategie der Bioökonomie der Vorrang einzuräumen.

Zu beachten ist bei der Etablierung von Wertschöpfungsketten im Bereich der stofflichen Nutzung die wirtschaftliche Struktur in Thüringen, die von Klein- und mittelständigen Unternehmen geprägt ist. Diese sind auf die Zulieferung bereits aufgearbeiteter Rohstoffe bzw. Halbzeuge angewiesen sind. Es gibt in Thüringen keine chemische Industrie, wo z.B. wie in Sachsen-Anhalt Synergieeffekte für die Etablierung von Bioraffineriekonzepten genutzt werden könnten. Für die Verarbeitung der meisten nachwachsenden Rohstoffe gilt, dass mindestens ein biotechnologischer und/oder chemischer Verfahrensschritt notwendig ist, um daraus für die Industrie ein interessantes und nutzbares Produkt herzustellen. Hierzu bedarf es der notwendigen Anlagentechnik, die in Thüringen so (noch) nicht vorhanden ist /7/.

Außerdem befinden sich viele Anwendungsgebiete der stofflichen Nutzung noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Die Forschungsschwerpunkte im Bereich der stofflichen Nutzung liegen bei der Entwicklung neuer innovativer Produkte, die gegenüber Produkten aus fossilen Rohstoffen Vorteile aufweisen oder diese ersetzen können (Drop in-Lösungen), in der Verbesserung und Optimierung der für den jeweiligen Verwendungszweck geforderten Eigenschaften und vor allem in der Erreichung der Wirtschaftlichkeit gegenüber fossilen Produkten. Nur so wird eine Marktrelevanz erreicht bzw. ausgebaut, die Rohstoffe effizient genutzt und sich die stoffliche Nutzung gegenüber anderen Verwendungszwecken der Biomasse durchsetzen. An den derzeitigen Forschungsprojekten arbeiten zumeist große Forschungseinrichtungen wie die Fraunhofer-Institute, Universitäten oder das KIT sowie große Industrieunternehmen wie die DECHEMA, Linde oder die BASF.

Thüringen sollte sich verstärkt in die mitteldeutschen Netzwerkstrukturen wie den CBP oder den Spitzencluster BioEconomy einbringen, obwohl sich letzteres bisher vorwiegend dem Rohstoff Holz (Buchenholz) widmet. Der Freistaat sollte dabei insbesondere auf der Rohstoffseite, sei es bei alternativen Öl- oder Proteinpflanzen oder aber auch von Kurzumtriebsplantagen für eine stoffliche Nutzung mitwirken.

In /7/ wird der derzeitige Ist-Stand bei den beiden in Thüringen eruierten Hauptverwertungsrichtungen von nachwachsenden Rohstoffen, der Herstellung von Pflanzenfasern und biobasierten Kunststoffen, dokumentiert.

Im Gegensatz zu den Faserwerkstoffen, bei dem eine, wenn auch geringe Wertschöpfungskette, vom Anbau bis zur Produktherstellung eruiert werden konnte (siehe Punkt 2.2), ist dies im Bereich der Biowerkstoffe nicht gelungen.

In Thüringen gibt es keine (großtechnische) Polymerisation mehr. Es kann daher nicht ermittelt werden, wo die Rohstoffe, die sowohl Pflanzenöl, Stärke oder Zucker sein können, herkommen. Traditionell konzentriert sich die chemische und Kunststoffindustrie in den neuen Bundesländern an den Industriestandorten Leuna und Schkopau in Sachsen-Anhalt.

In den Marktstudien werden der Entwicklung hochwertiger Biopolymere große Chancen eingeräumt. Biokunststoffe oder biobasierte Kunststoffe bestehen zu einem wesentlichen Anteil oder ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen.

Allgemein werden Kunststoffe zu 40 % im Verpackungsbereich, zu 20 % als Baumaterialien, zu 8 % zur Automobil- und Möbelherstellung sowie in der Elektroindustrie und der Haushaltswarenherstellung benötigt. (FNR-Broschüre „Biokunststoffe“/8/). Der Biokunststoffmarkt macht derzeit 1,5 % des gesamten Kunststoffmarktes aus.

Die ersten Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen waren in der Regel biologisch abbaubar. Heute ist diese Eigenschaft kein zwingendes Kriterium mehr für einen Biokunststoff. Der Trend geht vielmehr zur Entwicklung langlebiger hochwertiger Biokunststoffe, denen auch ein überproportionales Wachstum vorausgesagt wird. Dabei werden aber auch weiterhin biobasierte Kunststoffe ihr größtes Anwendungsgebiet im Bereich der Verpackung haben.

Nach /7/ sind zirka 190 kunststoffverarbeitende Unternehmen in Thüringen klein- und mittelständig geprägt. Zum Teil sind es Produktionsstandorte westdeutscher Unternehmen. Zudem fungieren in den meisten Fällen diese Firmen als Zulieferer für andere Unternehmen. Sie reagieren daher meist nur auf die Anforderungen dieser Kunden. Recherchen zur Studie ergaben, dass sich die meisten dieser Unternehmen bisher noch nicht mit dem Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen beschäftigt haben. Die meisten Erfahrungen liegen bei Firmen vor, die Folien für die Verpackungsindustrie (Biokunststoffe der 1. Generation meist auf Basis von Stärke) fertigen. Der Preis und die geringen Gewinnmargen werden als wichtigstes Kriterium für den Nichteinsatz von nachwachsenden Rohstoffen genannt. Insgesamt konnten sechs Firmen eruiert werden, die nachwachsende Rohstoffe bei der Compoundierung, bei der Herstellung von Additiven oder bei der Verarbeitung zu Werkstoffen einsetzen. Die meisten Unternehmen, die bereits Erfahrungen mit nachwachsenden Rohstoffen bei der Verarbeitung biobasierter Kunststoffe gesammelt haben, zeigen sich offen für diese neue Schiene und würden bei entsprechender Nachfrage daran weiterarbeiten. Hier gilt es anzusetzen.

In Thüringen existieren aufgrund der traditionellen Wirtschaftsstruktur einige biotechnologische Unternehmen mit dem Schwerpunkt der roten Biotechnologie (Pharmabranche), welche sich hauptsächlich im Bereich um Jena konzentrieren /7/.

Das Forschungszentrum für Medizintechnik und Biotechnologie e.V. (fzmb) Bad Langensalza als außeruniversitäre Forschungseinrichtung entwickelte bakterielle Cellulose auf der Basis nachwachsender Rohstoffe und führte, auch finanziell durch das Land Thüringen unterstützt, eine Vielzahl von Untersuchungen zur technischen Nutzung dieser Bakterienzellulose durch. Aus dem Forschungszentrum gliederte sich die fzmb GmbH aus. Diese fertigt mehrere Tonnen pro Jahr für den Kosmetik- und Pharmabereich.

Aktuell Schlagzeilen machen des Weiteren Forschungsergebnisse aus der Grundlagenforschung der FSU Jena, hier speziell des Instituts für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie. Zur biotechnologischen Herstellung von Nanocellulose aus pflanzlichen Rohstoffen hat sich mit Unterstützung des Landes Thüringen die Firma JenaCell GmbH ausgegründet. Diese fertigt Vliese, Fasern zur Verstärkung von (Bio)polymeren und sphärische Partikel für medizinische Zwecke, Kosmetik und technische Anwendungen. Geplant ist weiterhin die Gründung des Unternehmens „dextinova“, welches die Herstellung eines biologisch abbaubaren Bioklebstoffs aus Stärke und Fettsäure entwickelt hat und diesen mit Mitteln des Bundeswirtschaftsministeriums zur Marktreife entwickeln will.

Des Weiteren forscht die FSU (Institut für Technische Chemie und Umweltchemie) an der Herstellung von 5-Hydroxymethylfurfural aus dem Rohstoff Zucker, einer Plattformchemikalie für die verschiedensten Anwendungen unter anderem auch für die Herstellung von Biopolymeren.

Ganz aktuell hat das internationale Forschungsprojekt „PShapes“ seine Arbeit aufgenommen. Es soll erforscht werden, wie sich neue innovative Rohstoffe und Materialien auf der Basis von Holz gewinnen lassen. Unter anderem arbeiten in dem vom BMEL finanzierten Projekt die FSU und das TITK mit.

Hinsichtlich des Anbaus von Faserpflanzen zeichnet sich derzeit keine weitere Ausweitung des Anbaus in Deutschland und in Thüringen ab. Ein wirtschaftlicher Einsatz ist derzeit nicht gegeben. Dennoch werden in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Möglichkeiten aufgezeigt und Voraussetzungen geschaffen, um bei sich ändernden Marktbedingungen die Chancen heimischer Naturfaserstoffe nutzen zu können.

Im durch die FNR finanzierten Projekt „Integrierte chemisch-biotechnologische Herstellung von Synthesebausteinen auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einer Bio-raffinerie“, in dem die TLL für das Rohstoffmanagement einschließlich deren ökonomische und ökologische Betrachtung von alternativen Ölpflanzen zuständig war, hat sich die Verwendung von Iberischem Drachenkopf und Koriander als aussichtsreiche Rohstoffe für spezielle Verfahrensschienen von chemisch-biotechnologischen Konversionen erwiesen. Aber auch Krambe oder Erucaraps kämen als Rohstoffe in Frage. Bei entsprechender Züchtungsarbeit hinsichtlich Ertragssteigerung und Ertragsstabilität sowie Verbesserung des Anbauverfahrens zeichnen sich hier Alternativen zum Rapsanbau ab. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist auch die Verwertung des Nebenproduktes Presskuchen. Hier hat sich der Einsatz in der Tierfütterung als die gewinnbringendste Variante herausgestellt. Einen stabilen und durch Züchtungsmaßnahmen gegenüber dem derzeitigen Stand verbesserten Ertrag vorausgesetzt, bieten diese Kulturen auch ökologische Vorteile gegenüber den etablierten Kulturen. Die Ergebnisse des Projektes werden im 1. Halbjahr 2015 in einem Ab-

schlussbericht veröffentlicht werden /9/. Eine kurzfristige Etablierung, die einen nennenswerten Umfang einnimmt, ist aber nicht zu erwarten.

4. Abschätzung des zukünftigen Anbauumfangs unter Berücksichtigung der Bereitstellung von Nahrungsmittel- und Energiepflanzen in Thüringen

In der 2010 erarbeiteten Potenzialstudie „Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen“ /2/, aktualisiert durch das Thüringer Bioenergieprogramm 2014 /1/, wurden die Potenziale ermittelt, die unter Berücksichtigung der Nahrungsmittelproduktion und des Exports hochwertiger Nahrungsmittel für eine energetische Nutzung zur Verfügung stehen.

Es wurde unterstellt, dass

- 50 bis 55 % der Ackerfläche für die Ernährungssicherung in Thüringen,
- 20 bis 25 % der Ackerfläche für den „Export“ hochwertiger Nahrungrohstoffe bzw. -mittel,
- 20 bis 25 % für den Energiepflanzenanbau und
- 10 % des Grünlandes für energetische Zwecke genutzt werden.

Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Flächenpotenziale.

Tabelle 1: Geschätzte Flächenpotenziale für die energetische Nutzung und deren Ausschöpfung aus /1/

Herkunft/Energieträger	Verwertung	ha 2010	ha 2013	Ausschöpfung 2013 %
Grünland-Silage/Heu (Herbstaufwuchs)	Biogas	20.000	20.000	36
Ackerland				
Energiepflanzen-Silagen Getreide, Zuckerrüben	Biogas	50.000	70.000	64
- Raps-Öl	Kraftstoff (Öl, RME)	50.000	45.000	100
- Getreide-Korn	Kraftstoff (Bioethanol)	20.000	20.000	100
Kurzumtriebs- Plantagenholz, Agroforst	Verbrennung - Wärme	10.000	5.000	1

Die veranschlagten Flächen für den Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion von 70.000 ha, die mit dem Anlagenbestand 2013 mit 44.800 ha zu knapp 70 % ausgeschöpft wurden, werden sich voraussichtlich durch die Regelungen des EEG 2014 nicht mehr wesentlich erweitern. Es ist auch nicht zu erwarten, dass die bestehenden Anlagen ihre Kapazität soweit ausbauen, dass dadurch der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen weiter zunimmt. Durch den Zubau von neun Anlagen in 2014 wird die Flächeninanspruchnahme für die Biogasproduktion auf ca. 50.000 ha geschätzt. Somit könnten 20.000 ha einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden. Ergeben sich keine Alternativen, werden weiterhin die getreidebetonten Fruchtfolgen dominieren, da auch die Tierproduktion in Thüringen seit Jahren keinen Ausbau mehr erfährt.

Eine ähnliche Entwicklung ist hinsichtlich des Grünlandaufwuchses als Rohstoff für die Biogasproduktion zu erwarten. Der Einsatz von grüner Biomasse könnte zukünftig in grünen Bioraffinerien eine Rolle spielen, in denen Multiproduktsysteme auf verschiedenste Art stofflich und energetisch genutzt werden können.

Die fruchtfolge-technisch mögliche maximale Anbaufläche für Raps (ca. 20 % der Ackerfläche) wird in Thüringen seit Jahren ausgeschöpft. Unterstellt man das Verhältnis der Rapssaatverwertung auf Bundesebene auch auf Thüringen, bei dem ca. 45 % für die energetische Nutzung und 9 % für die stoffliche Nutzung verwendet werden, würden über 60.000 ha in Thüringen im Non Food-Bereich eingesetzt werden.

Wie sich der Biokraftstoffmarkt weiter entwickelt, lässt sich derzeit schwer voraussagen. Einerseits ist laut Direktive der EU eine Biokraftstoffquote von 10 % am gesamten Kraftstoffverbrauch bis 2020 zu erfüllen. Dies wird voraussichtlich überwiegend durch die Beimischung realisiert werden.

Andererseits könnten Minderungsgründe für den Einsatz von Rapsöl und damit eine Verringerung der Anbaufläche in Deutschland sein:

- Beibehaltung der Biokraftstoffbesteuerung
- Keine Quotenfestlegung mehr in der EU für Biokraftstoffe ab 2020
- Beschränkung des Einsatzes von Biokraftstoffen der 1. Generation (Biodiesel, Bioethanol)
- Umstellung 2015 auf die Treibhausgasquote, damit wird das Treibhausgas-Minderungspotenzial eines Kraftstoffs ausschlaggebend für den Marktzugang werden
- Malus für einheimische Biokraftstoffe wegen der Einbeziehung indirekter Landnutzungsänderungen (ILUC).

Dies könnte dazu führen, dass sich die Rapsanbaufläche in Deutschland und auch in Thüringen verringert. Damit wären Möglichkeiten gegeben, Ölpflanzen bei gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die stoffliche Nutzung zu etablieren bzw. durch die Entwicklung innovativer Technologien und Verfahren weiter auszubauen. Auch bei der stofflichen Nutzung würde als Nebenprodukt ein eiweißreiches Futtermittel anfallen, welches die Prozesse wirtschaftlicher gestalten könnte /9/.

Dies trifft auch für den Biokraftstoff Bioethanol zu. Derzeit wird ein Einsatz von Getreide aus Thüringen für die Bioethanolproduktion der CropEnergies AG am Standort Zeitz von ca. 20.000 ha geschätzt. Wie sich hier die Auslastung der Produktionskapazität in den nächsten Jahren entwickelt, lässt sich ebenfalls schwer voraussagen. Bioethanol könnte zukünftig auch als Rohstoff für die chemische Industrie fungieren. Neue Verfahren zielen aber darauf ab, Nebenprodukte und Reststoffe für dessen Herstellung zu verwenden. Nach eigenen Angaben forscht die CropEnergies AG ebenfalls an entsprechenden Technologien, um ihr Einsatzstoffspektrum zu erweitern.

Die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsystemen wird bisher mit dem Ziel verfolgt, den Holzaufwuchs energetisch zu nutzen. In der ersten Demonstrationsanlage für eine Lignocellulose-Bioraffinerie am CBP in Leuna, in der alle Bestandteile des Holzes einer stofflichen Nutzung zugeführt werden, wird Buchenholz als Rohstoff eingesetzt. Es wurde aber auch der Einsatz von Pappeln aus einer Kurzumtriebsplantage für das Organosolv-Aufschlussverfahren, welches für dieses

Bioraffineriekonzept verwendet wird, getestet. Sollen Pappeln als Rohstoff verwendet werden, sind weitergehende Forschungen für eine Optimierung notwendig. Auch bei der stofflichen Nutzung wird zunehmend auf den Einsatz von Nebenprodukten und Reststoffen fokussiert, um die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu entschärfen.

Die forstwirtschaftlichen Reststoffe wie Waldrestholz, Sägenebenprodukte oder Altholz werden in Thüringen bereits intensiv energetisch genutzt. Lediglich eine marginale Nutzung erfolgt bisher für das landwirtschaftliche Nebenprodukt Stroh. Maximal könnten nach /6/ 850.000 t FM Stroh für eine energetische oder stoffliche Nutzung dem Humuskreislauf entnommen werden. Die Nutzung von Stroh als Tiereinstreu und eine Pauschale für anderweitige Nutzungen sind dabei bereits abgezogen.

Über andere stoffliche Nutzungen, wie als Dämmstoff, im Obstbau oder für die Pilzzucht liegen für Thüringen keine Angaben vor. Sie werden aber als gering eingeschätzt. Innovative Nutzungsmöglichkeiten wurden bereits unter 3. beschrieben. Insbesondere bei dem bioliq®-Prozess des Forschungszentrums Karlsruhe, bei dem in dezentralen Anlagen zunächst eine Erhöhung der Energiedichte der Rohstoffe durch den Pyrolyseprozess erfolgt, ergeben sich auch Chancen der Nutzung für Stroh aus Thüringen, da Thüringen zum Beispiel in der Thüringer Ackerebene, in einem angemessenen Einzugsradius, größere Mengen an Stroh bereitstellen könnte. Die TLL hat ermittelt, dass beispielsweise in der Region um Ebeleben in einem Umkreis von 30 - 40 km mindestens 200.000 t Stroh ohne Beeinträchtigung des Humushaushaltes des Bodens bereitgestellt werden könnte. In einem Umkreis von 50 – 70 km sogar 450.000 t. Auch im Altenburger Land und dem Saale-Holzland-Kreis ist eine Bereitstellung größerer Strohmenge möglich.

In der Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal in Blankenstein wird nach dem Sulfat-Verfahren hochwertiger Kraftzellstoff produziert. Als Nebenprodukt entsteht dabei das sogenannte Kraft-Lignin (black liquid), welches generell bisher kaum stofflich genutzt wird. In Blankenstein wird es in einer KWK-Anlage zu erneuerbarem Strom umgewandelt und trägt mit 6.000 TJ Primärenergie zu einem erheblichen Teil zur Quote für die erneuerbaren Energien in Thüringen bei. Umfangreiche Forschungsbemühungen zur stofflichen Nutzung der ligninhaltigen Nebenprodukte der Zellstoffindustrie erbrachten bisher noch nicht den erhofften Durchbruch, da die Konversion und Modifikation von Lignin eine große methodische und technische Herausforderung darstellt. Eine höherwertige Verwendung des Lignins in Form von Rohstoffen für die chemische Industrie und damit die Erzielung einer höheren Wertschöpfung des Lignins ist jedoch dringend geboten /10/.

Generell wird eine Ausweitung von Flächen für die industrielle Nutzung, insbesondere alternativer Kulturen und der stofflichen Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen in Thüringen davon abhängen, inwieweit sich die noch in der Entwicklung befindlichen Verfahren durchsetzen und wirtschaftlich darstellen lassen, sich entsprechende Verfahren auch in Thüringen etablieren lassen, inwieweit sie dem Landwirt ausreichende Deckungsbeiträge liefern, mit Importen konkurrieren können und nicht zuletzt auch ökologische Anforderungen erfüllen können. Dabei sind für den Einsatz von alternativen Kulturen noch umfangreiche Züchtungsarbeiten und Forschungsaktivitäten für die Erhöhung der Erträge und die Optimierung der Anbauverfahren notwendig.

Eine Ausweitung bereits etablierter Kulturen wie Kartoffeln oder Zuckerrüben, aber auch Faserpflanzen wie Hanf, die zur Auflockerung der getreidebetonten Fruchtfolgen beitragen könnten, ist derzeit aus den oben genannten Gründen nicht gegeben. Die Ausweitung der Getreideanbaufläche als Rohstoff für die Industrie wäre für Thüringen nicht zu empfehlen.

5. Handlungsfelder sowie Maßnahmen zur Umsetzung

Die Vorreiterrolle des Thüringer Zentrums Nachwachsende Rohstoffe (TZNR) bei der angewandten Forschung zum nachhaltigen Anbau und der Erstverarbeitung nachwachsender Rohstoffe als Mittler zwischen Anbauern und weiterführender Forschung soll ausgebaut werden und damit eine stärkere Zusammenarbeit bei Anbau, Verarbeitung und Vermarktung nachwachsender Rohstoffe im Sinne der deutschen Bioökonomiestrategie zwischen Landwirtschaft, Wissenschaft, Industrie und Handel befördern. Hierzu gilt es, die Synergien im Kompetenzzentrum Pflanzenbau in Dornburg zu bündeln und auszubauen.

5.1 Handlungsfelder

Im Rahmen der Bioökonomiestrategie der EU und der Bundesregierung wird, neben der Ernährungssicherung und dem Beitrag der Biomasse zur Energiebereitstellung, die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen für die Industrie an Bedeutung gewinnen. Bei der stofflichen Nutzung ist die Biomasse bisher die einzige regenerative Kohlenstoffquelle.

- Ausschlaggebend für den Anbau nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen Verwertung sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die im Vorfeld unter Berücksichtigung der Vollkosten bewertet werden müssen.
- Neben dem Anbau von Nahrungsmittel- und Energiepflanzen ist eine Ausweitung des nachhaltigen Anbaus etablierter und alternativer Kulturen für die stoffliche Nutzung aus Sicht der Biodiversität und ökologischer Anforderungen der Gesellschaft anzustreben.
- Dabei sollte eine Verarbeitung, zumindest die Erstverarbeitung, in Thüringen durchaus möglich sein. Es ist aber auch eine Rohstoffbereitstellung über die Grenzen des Freistaates hinaus insbesondere im mitteldeutschen Raum in Betracht zu ziehen.
- Mittel- bis längerfristige Optionen stellen je nach Verfahrensentwicklung und entsprechender Rahmenbedingungen der Anbau von alternativen Ölpflanzen, aber auch Raps (Erucaraps) für hochwertige chemische Produkte in einer Pflanzenölbioraffinerie, Holz aus Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsystemen oder Einsatzstoffe für eine grüne Bioraffinerie dar.
- Aufgrund des Rohstoffbedarfs könnte in Thüringen der Arzneipflanzenanbau deutlich erweitert werden.

Nur ein nachhaltiger, hinsichtlich seiner Umweltwirkungen zertifizierter Anbau sichert eine zukünftige Bereitstellung durch die Landwirtschaft.

- Hier sollte das TZNR entsprechende Landes-Projekte initiieren, die diese Umweltwirkungen unter Thüringer Bedingungen und deren Optimierungsmöglichkeiten untersuchen
- Eine Mitarbeit in entsprechenden Projekten in Mitteldeutschland oder bundesweiten Projekten ist ebenfalls anzustreben.

5.2 Maßnahmen zur Umsetzung

Schwerpunkte stellen die Wissensvermittlung und Öffentlichkeitsarbeit, die angewandte Forschung und die Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben sowie von klein- und mittelständigen Unternehmen (KMU) dar.

Beratung, Öffentlichkeitsarbeit, Wissensvermittlung

- Beratungsbedarf besteht insbesondere hinsichtlich der Bekanntmachung der Bioökonomiestrategie der Bundesregierung, der vielfältigen Möglichkeiten und Verfahrensschienen und des vielfältigen Rohstoffeinsatzes sowie hinsichtlich der Möglichkeiten, die sich daraus zukünftig für die Landwirtschaft in Thüringen ergeben könnten.
- Die Wissensvermittlung und Öffentlichkeitsarbeit sowie die unabhängige Beratung werden weiterhin über das Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe (TZNR) der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft abgesichert.
- Die Zusammenarbeit mit bestehenden mitteldeutschen Clustern und Netzwerken ist insbesondere hinsichtlich der Rohstoffbereitstellung auszubauen.
- Die Zusammenarbeit mit Bildungs- und Forschungseinrichtungen, die sich mit innovativen biotechnologischen oder chemischen Verfahren beschäftigen, wie der FSU oder dem fzmb, sind hinsichtlich des Einsatzes einheimischer Rohstoffe zu intensivieren.

Angewandte Forschung und Förderung

- Insbesondere sind Forschung und Entwicklung im TZNR zur Anbauoptimierung alternativer Kulturen, die zukünftig als Rohstoff für die Industrie fungieren könnten, zu etablieren und auszubauen.
- Angewandte Forschung zu den ökologischen Auswirkungen des Anbaus wie Treibhausgasermittlungen, Fruchtfolgewirkungen oder Auswirkungen auf die Biodiversität sind ergänzend anzustreben.

Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben sowie von klein- und mittelständischen Unternehmen

- Pilot- und Demonstrationsvorhaben sind unter Nutzung von Förderprogrammen des Freistaates Thüringen zu fördern.
- Die durch das TITK ermittelten KMU der kunststoffverarbeitenden Industrie sollten durch Aufklärungsarbeit und Fördermaßnahmen dabei unterstützt werden, die Möglichkeiten des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in ihr Produktionsprofil zu prüfen und bei gegebenen Voraussetzungen zu integrieren.

5.3 Vorbildwirkung des Freistaates Thüringen

- Die Vorbildwirkung des Freistaates Thüringen sollte sich in der verstärkten Verwendung biobasierter, nachhaltig erzeugter Produkte zum Beispiel bei öffentlichen Baumaßnahmen oder bei der Verwendung von Verbrauchsmaterialien zeigen.
- Entsprechende Zielstellungen und Vorgaben in der Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie und in der Thüringer Vergabegesetzgebung sollten angestrebt werden.
- Die öffentlichen Einrichtungen in den Kommunen, in den Landkreisen und in den Landesverwaltungen sind durch das TZNR durch gezielte Informationen und Öffentlichkeitsarbeit für das Thema zu sensibilisieren. Eine breit angelegte Informationsveranstaltung dazu findet im Frühjahr 2015 statt (Ursprünglich sollte diese Veranstaltung bereits im Rahmen des Projektes 2014 durchgeführt werden. Infolge der Landtagsneuwahlen und Umbildung der Landesregierung wurde eine Verschiebung notwendig.)
Entsprechende Aktivitäten sollten aber weitergeführt und weiterentwickelt werden. So könnte ein Leitfaden für die öffentliche Beschaffung erarbeitet werden. Dazu sind Erfahrungen aus anderen Bundesländern und der FNR zu nutzen.

Literaturverzeichnis

/1/ Thüringer Bioenergieprogramm 2014, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

/2/ Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen, 2010, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz

/3/ Carus, M. et al. (August 2013) „Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzung von Biomasse“ erstellt im Auftrag des Umweltbundesamtes

/4/ „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) 2014, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe Band 34

/5/ Thüringer Interessenverband Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen „Konzeption für die Weiterentwicklung des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Thüringen“, 2013

/6/ „Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung“ Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms Energetische Biomassenutzung, Band 2, DBFZ 2011

/7/ Lützkendorf, R., Ganß, K. „Studie stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Thüringen“, TITK (Anlage 2)

/8/ FNR-Broschüre „Biokunststoffe“, 2013

/9/ Abschlussbericht zum FNR-Verbundvorhaben „Integrierte chemisch-biotechnologische Herstellung von Synthesebausteinen auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einer Bioraffinerie“ Teilprojekt „Rohstoffmanagement der Anbau- und Reststofföle inklusive ökonomische und ökologische Betrachtung des Anbaus und der Herstellung der Öle einschließlich Nebenproduktverwertung“ (noch nicht veröffentlicht)

/10/ Gülzower Fachgespräche Band 31 „Stoffliche Nutzung von Lignin“, FNR 2009

Anlage 1:

Märkte und Marktsegmente für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 2011 und dafür in Frage kommende Rohstoffe aus /4/

Märkte und Marktsegmente für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 2011										
Markt	Chemische Märkte					Sonstige stoffliche Märkte			Energiewirtschaftliche Märkte	
	Chemikalien	Biobasierte Kunststoffe u. Werkstoffe	Schmierstoffe	Wasch- u. Körperpflegemittel	Papier, Pappe und Kartonage	Pharmazeutische Produkte	Bauen u. Wohnen	Elektrizitätserzeugung	Wärmeerzeugung	Biokraftstoffe
Marktsegment	Farbstoffe u. Pigmente	Konsumgüter	Motoröle	Wasch-, Reinigungs- und Poliermittel	Holz- und Zellstoff, Chemiezellstoff	Pflanzliche Arzneimittel	Baumaterialien	Biogas	Holzpellets u. Holzbrinketts	Ottokraftstoffsubstitute
	Schadlingsbekämpfung u. Pflanzenschutz	Sonstige Verpackungen	Kompressoröle	Körperpflegem. und Duftstoffe	Papier, Karton und Pappe	Health Food	Dämmstoffe	Biogene Festbrennstoffe	Hackgut	Diesellokraftstoffsubstitute
	Anstrichmittel, Druckfarben u. Klebe	Technische Anwendungen	Turbinenöle		Verpackungsmaterial	Naturkosmetik	Möbel	Biogene Flüssigbrennstoffe	Stückgut	Gassubstitute
	Sonst. chem. Erzeugnisse	Baumaterial	Getriebeöle		Haushalts- und Hygienepapier	Sonstige			Industriebrennstoffe	Kerosinsubstitute
	Sonst. org. Grundstoffe u. Chemikalien	Pharmazeutisch-/medizinische Produkte	Hydrauliköle		Bürobedarf				Landw. Produkte, Nebenprodukte, ...	Schiffskraftstoffsubstitute
	Düngemittel u. Stickstoffverb.	Gastronomieartikel	Elektroisoleröle		Tapeten				Biogas	
	Klebstoffe	Gartenbaulich Produkte	Maschinenöle		Sonstige Waren aus Papier, Karton, Pappe				Biogene Flüssigbrennstoffe	
	Atherische Öle	Landwirtschaftliche Produkte	Andere Industrielöle (nicht zum Schmierölen)		Holzverpackungen					
		Tragetaschen	Prozessöle							
		Biobabbaubare Müllbeutel	Metalbearbeitungsöle							
		Faschen	Sägekettenöle, Sägegatteröle							
			Schaltöle							
			Schmierfette							

Märkte und Marktsegmente für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 2011

Markt	Chemische Märkte				Sonstige stoffliche Märkte			Energiesche Märkte		
	Chemikalien	Biobasierte Kunststoffe u. Werkstoffe	Schmierstoffe	Wasch- u. Körperpflegemittel	Papier, Pappe und Kartonnage	Pharmazeutische Produkte	Bauen u. Wohnen	Elektrizitäts-erzeugung	Wärme-erzeugung	Biokraftstoffe
Färbepflanzen	X									
Proteine	X					X				
Zucker	X	X		X				X	X	X
Fasern		X			X		X			
Öle/Fette	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Stärke	X	X			X			X	X	X
Arzneipflanzen						X				
Holz	X				X		X	X	X	X

Thüringisches Institut
für Textil- und
Kunststoff-Forschung e.V.



Studie

Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Thüringen

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Lützkendorf'.

Dr.-Ing. Renate Lützkendorf

Textil- und Werkstoff-Forschung

Abt.-Leiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'K. Ganß'.

Katrin Ganß

Textil- und Werkstoff-Forschung

Kurzfassung

Schwerpunkt der vorliegenden Studie war die Erfassung der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe durch die Thüringer Industrie. Dabei lag der Fokus auf der stofflichen Nutzung noch Naturfasern und Naturfaserverbunden in technischen Einsatzgebieten als auch auf der Herstellung und Verarbeitung biobasierter Polymere.

Dabei zeigte sich ein zum Teil differenziertes Ergebnis. Im Bereich der naturfaserbasierten Materialien konnten neben den etablierten Verfahren und Unternehmen verschiedene innovative neue Unternehmen benannt werden, die sich vor allem aus persönlichem Engagement heraus der Thematik annahmen. In Summe konnten in diesem Bereich acht Unternehmen ermittelt werden, die sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette ansiedeln und teilweise miteinander kooperieren. Für den Bereich der biobasierten Kunststoffe lassen sich auch verschiedene Akteure im Thüringer Raum nennen. Insgesamt können sechs Unternehmen genannt werden, die biobasierte Additive für die Kunststoffindustrie herstellen oder biobasierte Kunststoffe in der Produktion einsetzen. Dabei stellen die jeweiligen Produkte bislang nur einen kleinen Anteil am Gesamtumsatz dar. Darüber hinaus ist durch die Anfragen bei den Unternehmen bekannt, dass es mehrfach Interesse an der Thematik gibt und diese auch bereits im Projektstatus bearbeitet wurde, eine Umsetzung hin zu einem Produkt scheiterte hingegen häufig an den Preisen für biobasierte Kunststoffe. Grundsätzlich spiegelt sich in den gewonnenen Erkenntnissen der globale Trend wieder. Immerhin machen biobasierte Kunststoffe nach wie vor nur etwa 1 bis 2 % des gesamten Kunststoffmarktes aus.

Inhaltsverzeichnis

1.	<i>Einleitung, strategisches Vorgehen.....</i>	<i>1</i>
2.	<i>Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie – ein allgemeiner Überblick</i>	<i>2</i>
3.	<i>Überblick zu nachwachsenden Rohstoffen.....</i>	<i>3</i>
	<i>3.1. Einheimische Rohstoffe.....</i>	<i>3</i>
	<i>3.2. Nicht einheimische Rohstoffe.....</i>	<i>9</i>
4.	<i>Biotechnologische Verarbeitung/Herstellung.....</i>	<i>11</i>
5.	<i>Naturfasern, Naturfaser- und Holzfaserverbunde.....</i>	<i>12</i>
	<i>5.1. Einsatzgebiete und Marktübersicht.....</i>	<i>12</i>
	<i>5.2. Anbau und Verarbeitung in Thüringen.....</i>	<i>14</i>
	<i>5.3. Unternehmen</i>	<i>16</i>
6.	<i>Biobasierte Polymere</i>	<i>18</i>
	<i>6.1. Einsatzgebiete und Marktübersicht.....</i>	<i>18</i>
	<i>6.2. Verarbeitung in Thüringen.....</i>	<i>21</i>
	<i>6.3. Unternehmen</i>	<i>23</i>
7.	<i>Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen.....</i>	<i>24</i>
8.	<i>Literaturverzeichnis</i>	<i>28</i>

1. Einleitung, strategisches Vorgehen

Nachwachsende Rohstoffe und ihre werkstoffliche Nutzung gelangen im Zusammenhang mit der angestrebten Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen wieder zunehmend in den Fokus der Unternehmen. Sowohl internationale als nationale Aktivitäten der Unternehmen und ihr Bestreben, Innovationen auf nachwachsenden Rohstoffen zu begründen, als auch die Intensivierung von Forschungsaktivitäten im Bereich des Einsatzes

- von Naturfasern
 - Entwicklung und Verwendung von Biopolymeren
 - Anpassung von Verarbeitungsprozessen
- usw.

führen zu der realistischen Chance, Werkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in den nächsten Jahren zum Durchbruch zu verhelfen.

Außer den gegebenen ökologischen, sozialen und politischen Randbedingungen wird der Erfolg dieser Werkstoffe wesentlich von ihren wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten beeinflusst.

Die vorliegende Studie diene daher dem Zweck, einen Überblick zur Nutzung und dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu geben und Thüringer Akteure auf dem Gebiet der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu ermitteln. Die Schwerpunkte der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe lagen dabei auf dem technischen Einsatz von Naturfasern sowie der Verarbeitung und Verwendung von biobasierten Polymeren.

Zur Erarbeitung des vorliegenden Kenntnisstandes wurden eine intensive Literaturrecherche durchgeführt, verschiedene thematisch relevante Vortragsreihen besucht und Firmengespräche geführt. Die Ermittlung aktiver Unternehmen erfolgte zum einen auf Basis des langjährigen Wissensstandes des TITKs und der WNR zu den Akteuren im Bereich der Naturfaserverstärkten Kunststoffe in Thüringen sowie durch die Nutzung der Firmendatenbanken der IHK Mittel-, Ost- und Südthüringen. Während die Datenbankrecherche der IHK Mittel- und Ostthüringen online erfolgen konnte, wurde die IHK Südthüringen um eine Zusammenstellung von Unternehmen der gummi- und kunststoffverarbeitenden Branche gebeten. Dabei wurden mehr als 280 Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges ermittelt. Nach einer Vorrecherche wurden gummiverarbeitende Unternehmen und Werkzeugbauer, welche teilweise ebenfalls in dieser Branche gelistet waren, nicht weiter betrachtet. Die restlichen Unternehmen wurden einer genaueren Recherche unterzogen und per E-Mail oder telefonisch kontaktiert. Die Rückläufe dieser Anfragen ergaben dann einen Überblick zu den aktiven Unternehmen.

2. *Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie – ein allgemeiner Überblick*

Laut einer Definition der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) werden unter dem Begriff "Nachwachsende Rohstoffe" land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs verstanden, die außerhalb des Ernährungsbereiches (Nahrungs- und Futtermittel) stofflich oder energetisch genutzt werden können.

In den vergangenen Jahren konnten sich sowohl die stoffliche als auch die energetische Nutzung etablieren, wobei der Bereich der energetischen Nutzung durch die Biogaserzeugung, die Errichtung von Biomasseheizkraftwerken und der Nutzung als Treibstoff bzw. Treibstoffzusatz (EU-Richtlinie E10) die deutlich größeren Wachstumsraten zu verzeichnen hat.

Durch intensive Forschung im Bereich der Biotechnologie, Chemie und Materialwissenschaft nimmt auch die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe immer mehr zu. Dabei sind verschiedene Zweige und Anwendungsfelder zu berücksichtigen. So werden nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie bereits seit vielen Jahren als Ausgangsmaterial für Basischemikalien (Zitronensäureester etc.) verwendet. Diese werden dann als Treibmittel in Kunststoffen oder für Kosmetikprodukte und Reinigungsmitteln eingesetzt. Hier gibt es bereits eine Vielzahl an Produkten am Markt, die gezielt mit einem „grünen Image“ werben. Unter anderem produziert auch das in Stadtilm ansässige Unternehmen domal wittol Wasch und Reinigungsmittel GmbH Reiniger auf Basis nachwachsender Rohstoffe [1]. Auch im Bereich der technischen Öle kommen teilweise nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz [2]. Diese Art der Nutzung ist jedoch nicht Gegenstand der Studie. Weitere Informationen sind auf den Webseiten der FNR [3] oder in der vom BMELV finanzierten Studie [4] zu finden.

Im Bereich der stofflichen (aber auch energetischen) Nutzung nachwachsender Rohstoffe erscheint in den letzten Jahren immer wieder die „Teller-Tank-Diskussion“. Also die Frage, ob man auf einer landwirtschaftlichen Fläche Lebensmittel oder Rohstoffe für die chemische Industrie produziert. Als Alternative wird eine Kaskadennutzung, also die Verwertung landwirtschaftlicher Abfälle bzw. die Nutzung lignocellulosischer Rohstoffe (bspw. Holz) angesehen.

3. Überblick zu nachwachsenden Rohstoffen

3.1. Einheimische Rohstoffe

Naturfasern

Von den in der Industrie in relevanten Mengen eingesetzten Naturfasern werden Flachs und Hanf zur Fasergewinnung in Mittel- und Osteuropa angebaut. Beide Naturfasern weisen sehr gute mechanische Fasereigenschaften auf (Tabelle 1), haben einen (sortenabhängigen) hohen Ertrag, lassen sich mit etablierter Technik anbauen und zu Textilien und textilen Halbzeugen verarbeiten. Aus diesen Gründen werden Flachs und Hanf häufig auch zur Verstärkung von Kunststoffen in sogenannten Naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK).

Trotz der guten Eigenschaften der einheimischen Naturfasern ist der Anbau von Flachs und Hanf in den letzten Jahren immer mehr zurückgegangen. Wurden laut FNR Faserpflanzen 1998 noch auf 4.000 ha angebaut, waren es 2005 1.600 ha, 2008 1.000 ha und 2012 nur noch 500 ha [5, 6]. Europaweit wurden 2006 ca. 100.000 ha landwirtschaftlicher Fläche zum Anbau von Faserlein genutzt, Faserlein genutzt, Hanf zur Fasergewinnung wurde auf einer Fläche von ca. 13.000 ha angebaut (EU) [7].

Zwar decken diese Mengen den derzeitigen Bedarf an Naturfasern für Verbundwerkstoffe, die für technische Einsatzgebiete zur Verfügung stehenden Mengen sind aber neben der Witterung auch von den Trends der Bekleidungsindustrie abhängig. Ein weiterer Punkt, der die Versorgung mit qualitativ hochwertigen Naturfasern gefährdet, ist der zunehmende Anbau von Energiepflanzen wie Mais oder Raps, bspw. für die Gewinnung von Biodiesel. Bereits 2013 wurden in Deutschland ca. 2,2 Mio. Hektar für die Erzeugung von Energiepflanzen und nur ca. 401.500 Hektar für stoffliche Verwertung nachwachsender Rohstoffe genutzt [6]. Befürchtungen bezüglich Versorgungsengpässen sowie steigender Preise, sollte die Agrarsubventionen der EU verringert oder eingestellt werden, sind nach Ansicht von Frost&Sullivan die größten Markthemmnisse für NFK [8].

Tabelle 1: Eigenschaftsprofil verschiedener Naturfasern [9-12]

	Dichte g/cm ³	Festigkeit N/mm ²	E-Modul kN/mm ²
Flachs	1,48	0,3...0,96	27...80
Hanf	1,48-1,5	0,5...1,04	32...70
Jute	1,44	0,4...0,8	13...26,5
Kenaf	1,41	0,28...0,8	21...60
Sisal	1,37	0,4	15

Ein klassisches Einsatzgebiet der Naturfasern ist die Bekleidungsbranche. Dies zeigt sich insbesondere dann, wenn wegen steigender Nachfrage in diesem Segment, der Faserpreis steigt. Dies wurde in den vergangenen Jahren oft bei Flachsfasern beobachtet, so dass infolgedessen der Marktanteil von Flachs im Bereich der NFK zurückgegangen ist. Bei der letzten Erhebung des nova-Instituts von 2005 betrug der Marktanteil von Flachs beispielsweise über 60%, 2012 nur noch 50%.

Aktuell belaufen sich die Preise auf Nachfrage bei den Verarbeitern auf etwas unter einem Euro pro Kilogramm für technische Flachsfasern und 0,65 €/kg für Hanffasern. Hanf stellt momentan damit eine der günstigsten Naturfasern (Primärfaser) am Markt dar, die in nennenswerten Mengen technisch eingesetzt werden.

In Thüringen existiert bislang eine Anlage zur Verarbeitung von Hanfpflanzen (siehe Abschnitt 5.2 und 5.3). Diese bezieht den Hanf aus der unmittelbaren Umgebung (geringe Anfahrtskosten) und verkauft und verwertet sowohl den Faseranteil als auch die Hanfschäben.

Holz

Holz dient traditionell als Heizmaterial, Bau- und Konstruktionswerkstoff sowie als Ausgangsmaterial für Papier (siehe Abb. 1).

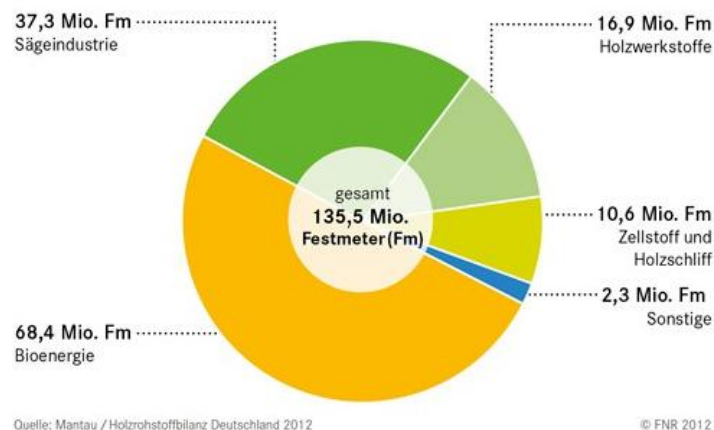


Abb. 1: Holznutzung in Deutschland 2010 [13]

Neuere Anwendungsgebiete findet man bei den Wood Plastics Composites (WPC), einem Compositematerial aus Holzfasern und thermoplastischer Matrix (meist PP) welches in Deutschland größtenteils als splitterfreie Terrassendielen eingesetzt wird. Von zunehmendem Interesse ist auch die Nutzung der Einzelbestandteile des Holzes (Cellulose, Hemicellulosen,

Lignine), welche enzymatisch zu Einfachzuckern umgesetzt werden können [14]. Möglicherweise ergeben sich hier interessante Effekte auch für Thüringer Zellstoffproduzenten. Darüber hinaus wird die Cellulose (in Form von Chemiezellstoff) bereits seit mehr als hundert Jahren zur Herstellung von Kunststoffen und Chemiefasern genutzt (Celluloseacetat, Celluloid, Viskose etc.).

Trotz der steigenden Nachfrage nach Holz als Festbrennstoff ist der Preis für unterschiedliche Hölzer in den vergangenen Jahren nach der Datenlage der FNR konstant geblieben [15]. Die Rohstoffpreise an der Börse deuten dagegen auf einen steigenden Trend der letzten fünf Jahre hin [16]. Die Preise für Zellstoffe zeigten in den vergangenen zwölf Monaten leichte Schwankungen und belaufen sich auf ca. 600 €/t für Papierzellstoff und 850 €/t für Chemiezellstoff (Stand September 2013) [15].

Ein- und mehrjährige Gräser

Ein- und mehrjährige Gräser können ebenso wie Holz als Rohstoff in Bioraffinerien eingesetzt werden. In Brensbach/Hessen betreibt die Firma Biowert eine grüne Bioraffinerie auf Basis von Grassilage und vertreibt verschiedene faserverstärkte Kunststoffcompounds, Fasern als Dämmmaterial sowie Dünge- und Futtermittel [17]. Zieht man zur preislichen Entwicklung von Grassilage die Angaben für Biogassubstrate heran, so zeichnete sich in den vergangenen Monaten eine deutliche Preissteigerung um ca. 40% ab.

Als geeignete ein- und mehrjährige Gräser können neben dem klassischen „Wiesen- und Ackergräsern“ auch Miscanthus und durchwachsene Silphie (Anbauuntersuchungen der TLL) genannt werden (siehe hierzu auch: [18]).

Ölpflanzen

Zu den heimischen und technisch relevanten Ölpflanzen zählen der Öllein, Raps und Sonnenblume. Diese wurden 2012 in Deutschland auf einer Fläche von 1,3 Mio. ha angebaut. Dies sind 200.000 ha weniger als 2009 [19]. Mengenmäßig dominiert der Raps (hier nahezu nur Winterraps), gefolgt von Sonnenblumensaat. Öllein wird dagegen nur noch in sehr geringem Umfang angebaut.

Hinsichtlich des Preisniveaus liegen Raps- und Sonnenblumenöl in etwa in einem Bereich (mit Schwankungen). Mit Stand September 2013 belief sich der Preis pro Tonne auf 700-800 €, wohingegen Leinöl deutlich über 800 €/t kostete [15]. Grundsätzlich folgen alle Öle den gleichen preislichen Trends. Für Leinöl wurde jedoch ein deutlicher Preisanstieg Beginn 2012

beobachtet. Vorher lag der Preis für eine Tonne Leinöl deutlich unter dem Niveau anderer Öle [15].

Von der gesamten Anbaufläche für Winterraps (Prognose für 2014) von 1,4 Mio ha entfallen ca. 10 % auf den Freistaat Thüringen (siehe Abb. 2). Für Thüringen bedeutet das in etwa gleichbleibende Anbauflächen seit 2007. Für die gesamte Bundesrepublik ist der Trend dagegen leicht rückläufig [19].

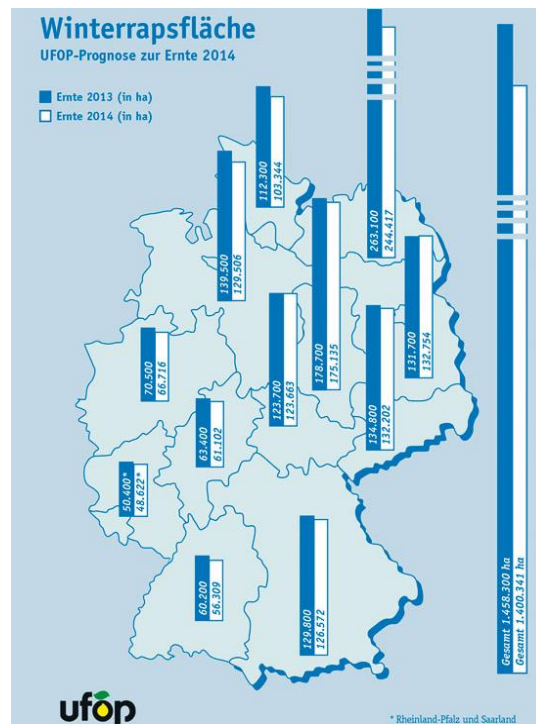


Abb. 2: Prognostizierte Anbaufläche von Winterraps in Deutschland (Ernte 2013 und 2014) [19]

Der Anbau von Sonnenblumen ist im Zeitraum von 2007 bis 2012 bundesweit von 19.200 ha auf 26.400 ha gestiegen, wohingegen die Anbauflächen in Thüringen im gleichen Zeitraum zwischen 800 und 1.000 ha lagen (Tabelle 1).

Tabelle 2: Anbau von Sonnenblumen 2007-2012 in Deutschland und den einzelnen Bundesländern in ha [19]

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baden-Württemberg	400	200	400	500	-	-
Bayern	2.700	1.300	1.300	1.900	2.000	-
Brandenburg	11.900	18.200	16.800	17.000	18.000	17.000
Hessen	-	-	100	-	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	100	200	200	200	500	500
Niedersachsen	300	100	100	100	-	-
Nordrhein-Westfalen	-	-	-	-	-	-
Rheinland-Pfalz	300	200	400	500	300	-
Saarland	-	-	-	-	-	-
Sachsen	900	1.200	1.500	1.500	1.800	2.300
Sachsen-Anhalt	1.600	2.400	1.900	2.300	2.800	2.400
Schleswig-Holstein	-	-	-	-	-	-
Thüringen	800	1.100	900	1.000	1.000	800
Deutschland gesamt	19.200	24.900	23.600	25.000	26.800	26.400

Anmerkung: Deutschland gesamt einschließlich Stadtstaaten

Quelle: Stat. Bundesamt, AMI

Öllein spielt wie bereits angedeutet inzwischen nur noch eine untergeordnete Rolle beim Anbau von Ölpflanzen. Deutschlandweit wurde 2012 auf 4.200 ha Öllein angebaut, davon entfielen 600 ha Anbaufläche auf den Freistaat Thüringen.

Tabelle 3: Anbau von Öllein 2007-2012 in Deutschland und den einzelnen Bundesländern in ha [19]

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baden-Württemberg	57	17	-	155	-	-
Bayern	129	51	100	200	-	-
Brandenburg	3.143	2.203	2.000	3.534	2.100	2.100
Hessen	64	42	100	24	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	248	106	100	165	100	100
Niedersachsen	101	57	100	235	-	-
Nordrhein-Westfalen	81	84	-	1	-	-
Rheinland-Pfalz	57	30	-	83	-	-
Saarland	7	7	-	-	0	-
Sachsen	426	317	200	610	500	500
Sachsen-Anhalt	917	577	800	994	1.000	600
Schleswig-Holstein	142	6	-	-	-	-
Thüringen	717	672	700	844	500	600
Deutschland gesamt	6.087	4.212	4.100	6.859	4.600	4.200

Anmerkung: Deutschland gesamt einschließlich Stadtstaaten

Quelle: Stat. Bundesamt, AMI

Zur Verarbeitung der Ölpflanzen existieren in Thüringen drei Ölmühlen [19]:

- SÜGEMI Südthüringer Getreide und Mischfutter GmbH, 98660 Themar
- Agrargenossenschaft Bösleben, 99310 Bösleben
- Agrargenossenschaft Ilmtal eG, 99518 Niedertreba

Stärke- und zuckerhaltige Pflanzen

Stärke lässt sich bereits durch (thermo-) mechanische Aufbereitung derart verändern, dass dieses Produkt thermoplastisch verarbeitbar wird (destrukturierte/thermoplastische Stärke, TPS. Meist werden zur Verbesserung des Verarbeitungsverhaltens noch Weichmacher zugegeben. Durch die verschiedenen Weichmacher und -anteile lassen sich die Eigenschaften der TPS an unterschiedliche Verarbeitungsbedingungen und Anwendungsgebiete anpassen. Bei TPS handelt es sich um ein beliebtes Material zur Herstellung von Folien und Trays als auch als Additiv zur Compoundierung mit anderen biobasierten und/oder biologisch abbaubaren Werkstoffen (Stärkeblends). Stärke lässt sich darüber hinaus auch biotechnologisch in Glukose umwandeln/aufspalten. Diese kann wiederum in biotechnologischen und/oder chemischen Prozessen als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Polymeren (bspw. Polymilchsäure/Poly lactid Acid (PLA) oder Polyhydroxyfettsäuren (PHAs)) eingesetzt werden. Im selben Zusammenhang können auch zuckerhaltige Pflanzen als Ausgangsmaterial für biobasierte Kunststoffe dienen.

Ferner wird Stärke auch in anderen chemischen und technischen Prozessen eingesetzt. Abgebaute und chemisch modifizierte Stärken (kationische Stärke, Stärkeester etc.) werden in großem Umfang in der Papierindustrie zur Verbesserung der Eigenschaften [20] und ferner auch in Klebstoffen oder bei der Textilveredlung eingesetzt [21].

Aufgrund der bereits existierenden vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ist es nicht verwunderlich, dass etwa die Hälfte der produzierten Stärke in technischen Einsatzgebieten verwendet wird [22]. Als stärke- und zuckerhaltige Pflanzen werden in Deutschland Kartoffeln, Mais, Getreide und Zuckerrüben angebaut. Preislich rangiert Industriezucker unter Weizen-, Mais- und Kartoffelstärke (Stand Sept. 2013 [13]), im Oktober kam es jedoch kurzfristig zu einem Preisanstieg an der Börse, verursacht durch den Großbrand eines Zuckerlagers in Brasilien [16, 23].

In Thüringen existieren keine Zucker- oder Stärkefabriken. In Sachsen-Anhalt gibt es dagegen eine Stärkefabrik (Cargill in Barby) sowie drei Zuckerfabriken (Nordzucker AG/Klein Wanzleben, Pfeifer & Langen/Könnern und Südzucker AG/Zeitz). Das Rübeneinzugsgebiet der Zuckerfabrik in Zeitz umfasst auch Thüringen.

Sonstige

Als sonstige interessante, aber mengenmäßig bislang wenig relevante Rohstoffe können Proteine aus Getreide (Weizenprotein) oder der Milch (Casein) genannt werden. Diese können ebenso zu biobasierten Polymeren verarbeitet werden. Forschungsprojekte zu diesen Themen wurden vom BMELV/FNR e.V. gefördert (z.B.: 22021807 oder 22009203). Das Unternehmen qmilk fibers verwendet nicht mehr verkehrsfähige Milch um daraus Fasern herzustellen (www.qmilk.eu). Erwähnenswert ist zudem die Züchtung spezieller Algen als nachwachsende Rohstoffquelle. Diese werden in der Kosmetikbranche eingesetzt, bieten aber auch Potential in anderen Bereichen. Im südthüringer Raum betreiben die Unternehmen Salata GmbH und Salensa GmbH jeweils eine Algenproduktionsanlage mit mehreren Tonnen Produktionskapazität.

3.2. Nicht einheimische Rohstoffe

Naturfasern

Unter den verschiedenen exotischen Naturfasern sind für technische Einsatzzwecke (z.B. Faserverbunde) vor allem Kenaf, Jute und Baumwolle (als Reißbaumwolle) von Interesse (Eigenschaften s.o.). In der Automobilindustrie ist Kenaf aufgrund verschiedener Vorteile (gute CO₂-Bilanz, gleichmäßige Faserfeinheiten) in den vergangenen fünf Jahren stärker in den Fokus gerückt. Eine erste Serienanwendungen einer Türverkleidung, bei der die Naturfasern nicht mit einer Dekorschicht überdeckt werden, sondern sichtbar bleiben, wurde aus einem Kenaf/PP-Material gefertigt [24]. Preislich liegt Kenaf (je nach Qualität) zwischen Flachs und Hanf. Beim Marktanteil hat Kenaf Hanf einer aktuellen Studie des nova-Instituts zufolge bereits überholt (Abb. 3) [25].

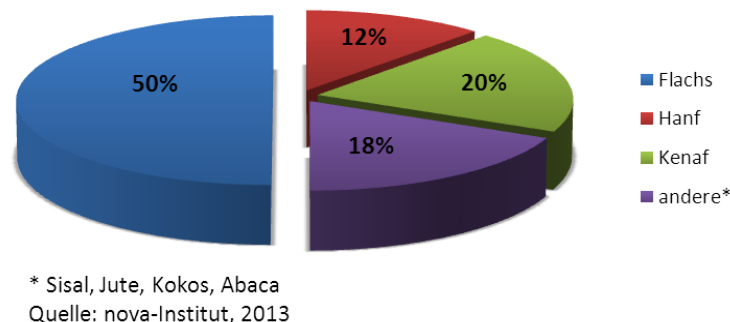


Abb. 3: Im europäischen Automobilbau eingesetzte Faserarten (exkl. Holz und Baumwolle) [25]

Ölpflanzen

Zu den (u.a. für technische Zwecke) relevanten Ölpflanzen, die momentan in die Bundesrepublik eingeführt werden und von technischem Interesse sind, zählen Soja-, Palm- bzw. Palmkernöl sowie Rizinusöl. Aufgrund des niedrigen Preisniveaus dominiert Palmöl (Tabelle 3). Mit Stand Ende November 2013 kostete ein Tonne Palmöl ca. 600 € [16]. Palmöl geriet jedoch durch die entstehenden Monokulturen in Malaysia und Indonesien (Abholzung von Regenwald, Vernichtung von Lebensraum und Biodiversität) in den vergangenen Jahren vermehrt in die Kritik. Dies konnte eine Chance für einheimische Öle und Ölpflanzen darstellen.

Rizinusöl ist ein für den technischen Bereich interessantes pflanzliches Öl, da es durch verschiedene chemische Reaktionen eine Vielzahl von Verbindungen und Einsatzmöglichkeiten erlaubt. Es dient als Rohstoff bei der Herstellung biobasierter Polyamide (PA 11, PA 4.10, PA 10.10 etc.) und Polyole (Bestandteil von Polyurethanen).

Tabelle 4: Produktion, Ein- und Ausfuhr von pflanzlichen Ölen in 1.000 t [19]

	Produktion		Einfuhr		Ausfuhr	
	2011	2012*	2011	2012*	2011	2012*
I. Pflanzliche Öle/Fette						
- Erdnussöl	0	0	5	4	1	1
- Sojaöl	562	599	66	66	336	429
- Rapsöl	3.237	3.615	523	208	476	793
- Sonnenblumenöl	119	163	306	243	121	144
- Palmöl	0	0	1.157	1.235	235	243
- Palmkernöl	0	0	361	338	4	9
- andere**	55	66	412	302	54	63
zusammen	3.972	4.443	2.830	2.396	1.226	1.681

* vorläufige Zahlen

** Kokos-, Lein-, Rizinus- und Mankernöl sind unter "andere" erfasst

Quelle: OVID, OIL WORLD

Stärke- und zuckerhaltige Pflanzen

Für die Gewinnung von Stärke bzw. Glukose aus stärke- oder zuckerhaltigen Pflanzen eignen sich neben den im deutschen Raum kultivierbaren Pflanzen noch Zuckerrohr, Tapioka/Maniok und Reis. Insbesondere Zuckerrohr hat in den südamerikanischen Ländern, vorrangig Brasilien, einen hohen Stellenwert bei der Herstellung von Bioethanol für Biodiesel oder auch biobasiertes Polyethylen (Bio-PE). Hier verfügt das Unternehmen Braskem über Produktionskapazitäten von 200.000 t/a.

Naturkautschuk/Latex

Naturkautschuk diente vor der Entwicklung von Synthesekautschuken (Styrol-Butadien-Kautschuk/Buna) als alleiniger Rohstoff für Gummiprodukte. Zur Kautschukherstellung wird der Milchsaft (Latex) des Kautschukbaumes gewonnen und mit Schwefel vulkanisiert, wodurch er seine Elastizität erhält. Wichtigste Anbauländer sind Thailand, Indonesien, Indien und Malaysia. Naturkautschuk findet in den unterschiedlichsten Bereichen Anwendung. Neben der Reifenindustrie stellen auch der Hygiene- und Schutzbekleidungsbereich sowie die Medizintechnik wichtige Absatzmärkte dar.

Im europäischen Raum gab und gibt es Bestrebungen, Alternativen zum Gummi- oder Kautschukbaum zu finden. Hierbei richtet sich der Fokus aktuell auf den kaukasischen Löwenzahn [26, 27].

4. Biotechnologische Verarbeitung/Herstellung

Einige der voran genannten landwirtschaftlichen Rohstoffe können ohne biotechnologische oder chemische Verfahrensschritte direkt von der Industrie als nachwachsender Rohstoff genutzt werden. Hierunter fallen die Natur- und Holzfasern und zum Teil auch Stärke. Für die meisten nachwachsenden Rohstoffe gilt jedoch, dass mindestens ein biotechnologischer und/oder chemischer Verfahrensschritt notwendig ist, um daraus für die Industrie ein interessantes und nutzbares Produkt herzustellen. Hierzu bedarf es der notwendigen Anlagentechnik, die in Thüringen so (noch) nicht vorhanden ist. Traditionell konzentriert sich die chemische und Kunststoffindustrie in den neuen Bundesländern an den Industriestandorten Schkopau und Leuna. In Leuna konnte mit finanzieller Unterstützung verschiedener Bundesministerien (BMELV; BMBF, BMU) und des Landes Sachsen-Anhalts das Chemisch-Biotechnologische Prozessentwicklungszentrum etabliert werden [28], an dem Untersuchungen

- zur Funktionalisierung pflanzlicher Öle – Epoxidierung und Funktionalisierung
- zum Aufschluss von Lignocellulose und Trennung der Komponenten
- zu Biobasierten Alkohole und Olefinen
- zur Entwicklung neuer technischer Enzyme
- zu Funktionalen Inhaltsstoffen und Energieträgern aus Mikroalgen
- zur Verwertung von Restbiomasse durch Vergärung

durchgeführt werden.

Weiterhin werden in der Roadmap Bioraffinerie der Bundesregierung [14] sechs Bioraffinerien in Deutschland genannt:

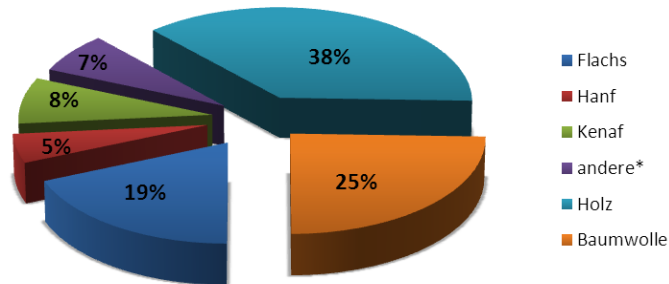
- Zucker/Stärke-Bioraffinerie auf Basis Getreide/Zuckerrüben der Firma Südzucker/CropEnergies in Zeitz (Sachsen-Anhalt)
- Lignocellulose-Bioraffinerie auf Basis Holz eines Konsortiums unter Koordination der DECHEMA als Teil des Chemisch-Biotechnologischen Prozessentrums der Fraunhofer-Gesellschaft am Chemiestandort Leuna (Sachsen-Anhalt)
- Lignocellulose-Bioraffinerie auf Basis Stroh der Firma Süd-Chemie in München und Straubing (Bayern)
- Grüne Bioraffinerie auf Basis Grassilage der Firma Biowert in Brensbach (Hessen)
- Grüne Bioraffinerie auf Basis Gras der Firma biopos in Selbelang (Brandenburg)
- Synthesegas-Bioraffinerie auf Basis Stroh des KIT in Karlsruhe (Baden-Württemberg)

In Thüringen existieren aufgrund der traditionellen Wirtschaftsstruktur einige biotechnologische Unternehmen mit dem Schwerpunkt der roten Biotechnologie (Pharmabranche), welche sich hauptsächlich im Bereich um Jena konzentrieren. Weiterhin ist das Forschungszentrum für Medizintechnik und Biotechnologie GmbH (fzmb) in Bad Langensalza als außeruniversitäre Forschungseinrichtung zu nennen. Eine wesentliche Entwicklung des fzmb ist die Herstellung mehrerer Tonnen bakteriell erzeugter Cellulose pro Jahr (Einsatzgebiet im Kosmetik- und Pharmabereich). Es wurden vielzählige Untersuchungen zur technischen Nutzung der Bakteriencellulose unternommen, auch finanziell vom Land Thüringen unterstützt (Verbund-Projekt 2009 VF 0006).

5. Naturfasern, Naturfaser- und Holzfaserverbunde

5.1. Einsatzgebiete und Marktübersicht

Wichtige nicht-textile Anwendungsgebiete von Naturfasern sind die Bereiche Geotextilien, Dämm- und Baustoffe, die Papierindustrie sowie die Automotivebranche zur Verstärkung von Kunststoffen (Naturfaserverstärkte Kunststoffe = NFK). Im besonders interessanten Bereich NFK dominiert nach wie vor das Formpressen auf Basis von Matten (ca. 95%). Neben den klassischen Naturfasern wie Flachs und Hanf werden im Automotivebereich auch Holzfaserverbunde und Verbunde mit Reißbaumwolle eingesetzt. Die jeweiligen Anteile der verschiedenen Materialien wurden erst kürzlich vom nova-Institut erhoben und kurz vorgestellt [25].



Quelle: nova-Institut, 2013

Abb. 4: Eingesetzte Faserarten (inkl. Holz und Baumwolle) in der europäischen Automobilindustrie [25]

Den aktuell vom nova-Institut erhobenen Zahlen zufolge wurden 2012 in der europäischen Automobilbranche ca. 60.000 t Natur- und Holzfasern eingesetzt [25]. Dies entspricht durchschnittlich 3,8 kg Natur- oder Holzfasern im Automobil (bezogen auf ca. 16 Mio. Pkw und 2 Mio. andere Kfz in Europa). Allerdings gewinnt man bei einem näheren Einblick in die Branche den Eindruck, dass sich die Hauptakteure im deutschsprachigen Raum konzentrieren. NFK werden momentan meist erst ab der gehobenen Mittelklasse eingesetzt. Im Kleinwagensegment, den viele französische und italienische Automobilkonzerne bedienen, dominieren Spritzgussanwendungen mit konventionellen Kunststoffen. Man kann daher annehmen, dass ein überwiegender Anteil der 60.000 t Natur- und Holzfasern in der deutschen Automobilbranche eingesetzt wird. Dies deckt sich mit dem Eindruck, den man aus den Gesprächen mit der Zulieferbranche gewinnt.

Aktuelle Trends im Bereich der NFK für automobiler Anwendungen sind [24, 29, 30]

- Reduzierung des Bauteilgewichtes
- Optimierung des Verschnitts (weniger Abfälle) und Recyclings
- Prozessoptimierungen, z.B. One-Step-Verfahren
- Tendenz zu thermoplastischen Matrices
- Sichtbare Naturfaseroberflächen

Einige der interviewten Zulieferer sehen demnächst auch Anwendungen in größeren Serien, so dass der Einsatz an NFK und Holzfaserverbunden weiter zunehmen wird.

Ein generell häufig angesprochenes Problem bei NFK ist die Versorgungssicherheit. So wird sich beispielsweise kein Vlieshersteller oder Zulieferer nur auf einen Faserlieferanten konzentrieren, da im Fall von Ernteaussfällen und Ersatz langwierige Freigaben durchzuführen sind. Zudem stößt man an weitere Grenzen und Probleme:

- Reduzierung des Bauteilgewichts nur bis zu einem bestimmten Maß realisierbar
- Qualitätsschwankungen
- Geruch
- Mikrobiologische Probleme (Schimmelbefall)

Wie bereits erwähnt, werden Naturfasern und NFK wie auch Holzfaserverbunde (vorrangig WPC) auch in nicht-automotive Bereichen eingesetzt. So dienen die Schäben, die bei der Hanffaseraufbereitung anfallen als Tiereinstreu. Der Einsatz von Hanf (oder anderen Fasern, bspw. Stroh) als Bau- oder Dämmmaterial ist aufgrund der hohen Volumina stark regional auf die Anbau- und Verarbeitungsgebiete begrenzt. Weiterhin werden vor allem Naturkurz- und Holzfasern als Verstärkungskomponenten in Kunststoffen zur anschließenden Verarbeitung im Extrusions- oder Spritzgießverfahren eingesetzt. Hieraus ergeben sich weitere interessante Einsatzgebiete. Der erwartete Durchbruch blieb bis jetzt mit Ausnahme von WPC (= wood plastic composites), welche zur Herstellung von Terrassendielen eingesetzt werden, aus. Die Ursachen hierfür liegen unter anderem in Preis der Materialien sowie auch in der begrenzten Designfreiheit (Haptik und Optik). Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Anwendungen von spritzgegossenen NFK (Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Haushaltartikel aus spritzgegossenen NFK und WPC (www.ckt-gmbh.de/NPC.htm)



Abb. 6: Schleifscheibe, Träger aus spritzgegossenem NFK (www.eisenblaetter.de)

5.2. Anbau und Verarbeitung in Thüringen

Recherchen zum Anbau von Naturfasern in Thüringen ergaben eine Lokalisierung auf den ostthüringischen Raum. Dort wird auf ca. 80 ha Fläche Faserhanf angebaut und in einer Faseraufschlussanlage verarbeitet. Die von der VOFA Vogtlandfasern GmbH & Co.KG am

Standort Läwitz betriebene Aufschlussanlage ist seit 2008 in Betrieb. Das Unternehmen schätzt den Anbau an Faserhanf in Thüringen momentan als eher rückläufig ein. Der durchschnittliche Ertrag pro Hektar beträgt 7 t Fasern. Die Fasern und Schäben werden regional und deutschlandweit vertrieben und als Tiereinstreu (Schäben) sowie zur Vliesherstellung von Dämmmaterial und Verbundwerkstoffen verwendet. Zu den regionalen/Thüringer Verarbeitern der Hanffasern der VOFA zählt das Unternehmen Isowood in Rudolstadt. Isowood stellt zum überwiegenden Teil Vliesstoffe für die Automobilindustrie her und setzt dabei neben Hanf auch Flachs, Kenaf, Reißbaumwolle, Sisal und Jute ein. Ein kleiner Anteil der Produktion geht in den Bau- und Tierpflegebereich (Trittschalldämmung etc.). Im Gespräch mit dem Unternehmen schildert dieses eine seit zwei Jahren deutlich steigende Nachfrage aus der Automobilindustrie, was in engem Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Verfahren steht (Pressen des Trägers und Hinterspritzen von Rippen etc. in einem Verfahrensschritt). Das Unternehmen Isowood beliefert verschiedene TIER1-Supplier der Automobilbranche und ist dadurch in einer Vielzahl bekannter Automobilmarken vertreten (bspw. BMW; Ford, VW). Von den bekannten Automobilzulieferern betreibt die Firma Boshoku Automotive Europe GmbH ein Werk im thüringischen Ebersdorf, in dem Naturfasermatten zu Bauteilen (bspw. Türverkleidungen) verpresst werden. Die Matten werden teilweise im eigenen Unternehmen hergestellt oder zugekauft.

Neben diesen Unternehmen, die quasi eine Wertschöpfungskette widerspiegeln sind im Bereich Compoundierung und Spritzguss weitere Thüringer Unternehmen erfolgreich vertreten:

- Advanced Compounding Rudolstadt GmbH
 - o Herstellung von holz- und Naturfasercompounds mit unterschiedlichen Matrices unter dem Markennamen Polywood
 - o Füllgrade bis 80%
 - o Verarbeitung von heimischen Roh- und Ausgangsstoffen [31]
 - o Produktion von mehreren tausend Tonnen pro Jahr, Tendenz steigend
 - o Vertrieb über die WIS Kunststoffe GmbH, Breitung
 - o Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen (Flaschen, Rasenkantensteine, Getränkeboxen)
- SM Kunststoffverarbeitung, Heinersdorf [32]
 - o Produktion von Kunststoffhohlkörpern (Flaschen)
 - o Gesamtdurchsatz von 1000 t/a
 - o Verwendung von Polywood S (von WIS Kunststoffe / ACR Advanced Compounding): PE mit 25 Gew.-% Naturfasern – Auftrag aus dem Spielwarenmarkt
- Gramß GmbH, Spechtsbrunn [32]
 - o Hersteller von Deckeln, Verschlüssen

- Verwendung von Polywood S → Verschlüsse für die entsprechenden Flaschen und Hohlkörper der SM Kunststoffverarbeitung

Aus den Befragungen mit weiteren Thüringer Kunststoffverarbeitern (Compoundierbetrieben und Spritzgießunternehmen) war zu erfahren, dass es in den vergangenen Jahren immer wieder Projekte zu NFK-Materialien gab, diese aber letztlich aufgrund des höheren Preises (höhere Materialkosten) oder auch an der eingeschränkten Designfreiheit (Farbgebung) an der erfolgreichen Markteinführung scheiterten.

5.3. Unternehmen

Naturfaserhersteller:

VOFA Vogtlandfaser GmbH & Co. KG
 Pahren, Hainweg 11
 07937 Zeulenroda-Triebes
 Hersteller von Hanffasern und Hanfschäben
 Nutzung im Bereich Faserverbunde, Isolation, Tiereinstreu

Vlieshersteller:

Isowood GmbH & Co.KG
 Breitscheidstraße 157
 07407 Rudolstadt
 Hersteller von Vliesen aus unterschiedlichen Naturfasern, -mischungen und Mischungen mit thermoplastischen Fasern
 Nutzung überwiegend im Automobilbau (Türverkleidungen, Isolationsmaterialien)

NFK und WPC-Compounds:

Advanced Compounding Rudolstadt GmbH
 Prof.-Hermann-Klare-Str. 13
 07407 Rudolstadt
 Hersteller von Compounds auf Basis von Holz und Naturfasern (Sisal, Baumwolle, Flachs etc.)
 Weiterverarbeitung im Extrusions-, Spritzgieß- und Blow-Molding-Verfahren, Tiefziehverfahren

Vertrieb über WIS Kunststoffe GmbH
Lange Sömme 17
98597 Breitung/Werra

Verarbeitende Unternehmen:

Boshoku Automotive Europe GmbH
Werk Ebersdorf
Empestraße 1
07929 Saalburg-Ebersdorf
Automobilzulieferindustrie
Hersteller von gepressten NFK

SM Kunststoffverarbeitung
Weltscher Straße 17
96515 Heinersdorf
Herstellung von Blasformartikeln aus Naturfasermaterial
Hohlkörper bspw. für Körperpflegeartikel

Gramß GmbH Kunststoffverarbeitung
Gewerbegebiet Fichtig 2
98736 Spechtsbrunn
Verschlüsse für Hohlkörper und Blasformartikel aus Naturfasermaterial

Sur-Tech Surface Technology GmbH
Lauchaer Höhe 13
99880 Waltershausen
Verarbeitung des „flüssigen Holzes“ Arboform (Lignin, Holzfasern und Additive) zu Urnen

Comb-Pan GmbH
Am Haunberg 1
D-99326 Stadtilm
Sandwich-Verbunde mit Wabenkern und u.a. auch Naturfaserdeckschichten für
Kofferaufbauten, Seitenwände etc.

6. Biobasierte Polymere

6.1. Einsatzgebiete und Marktübersicht

Nach dem wirtschaftlich schwierigen Jahr 2009 hat sich die Kunststoffbranche in Deutschland wieder erholt und erzielte 2011 einen Jahresumsatz von ca. 76,5 Mrd. €. Davon entfallen ca. 24,5 Mrd. € auf die Kunststoffherzeugung und schließt Masterbatchhersteller als auch Compoundierbetriebe mit ein. Weitere 46 Mrd. € erwirtschafteten die kunststoffverarbeitenden Betriebe. Mit insgesamt 316.000 Beschäftigten in 2.640 Betrieben ist die Kunststoffbranche in Deutschland ein weitgehend mittelständisch geprägter Industriezweig [33].

Im Bereich der Biokunststoffe liegen keine konkreten Daten für Deutschland vor. Hier kann auch nur auf die vorhandenen globalen Produktionskapazitäten (siehe Abb. 7) verwiesen werden. Nach aktuellen Studien werden sich bis 2016 die Produktionskapazitäten für biobasierte thermoplastische Polymere verfünffachen. Dabei wird sich das Verhältnis zwischen abbaubaren und nicht abbaubaren Materialien deutlich zugunsten der nicht abbaubaren verschieben.

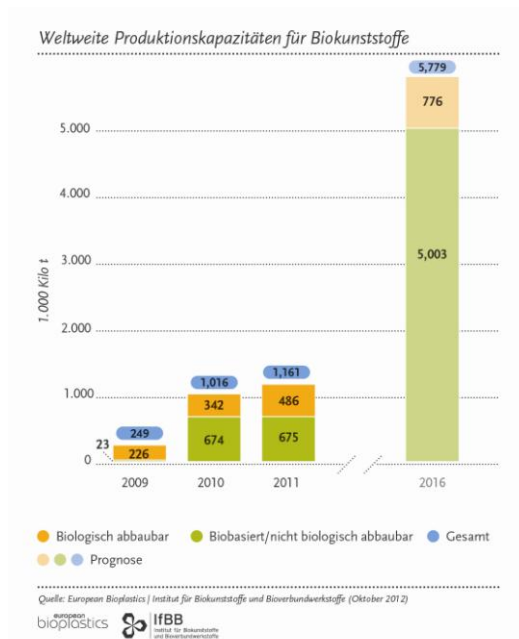


Abb. 7: Weltweite Produktionskapazitäten von Biokunststoffen [34]

Dies ist vor allem den (Forschungs-) Aktivitäten und dem Kapazitätsausbau bei den sogenannten drop-in-Lösungen (biobasiertes PP, PE, PET¹) geschuldet. Bereits 2011 entfiel auf „Bio-PET“ der größte Anteil (40%) der Produktionskapazitäten, gefolgt von Bio-PE und PLA. 2016 wird sich der Anteil verdoppeln, womit Produktionskapazitäten von ca. 450.000 t/a für Bio-PET zur Verfügung stehen (Abb. 8). Inwieweit die Produktionskapazitäten voll ausnutzt werden, ist unbekannt.

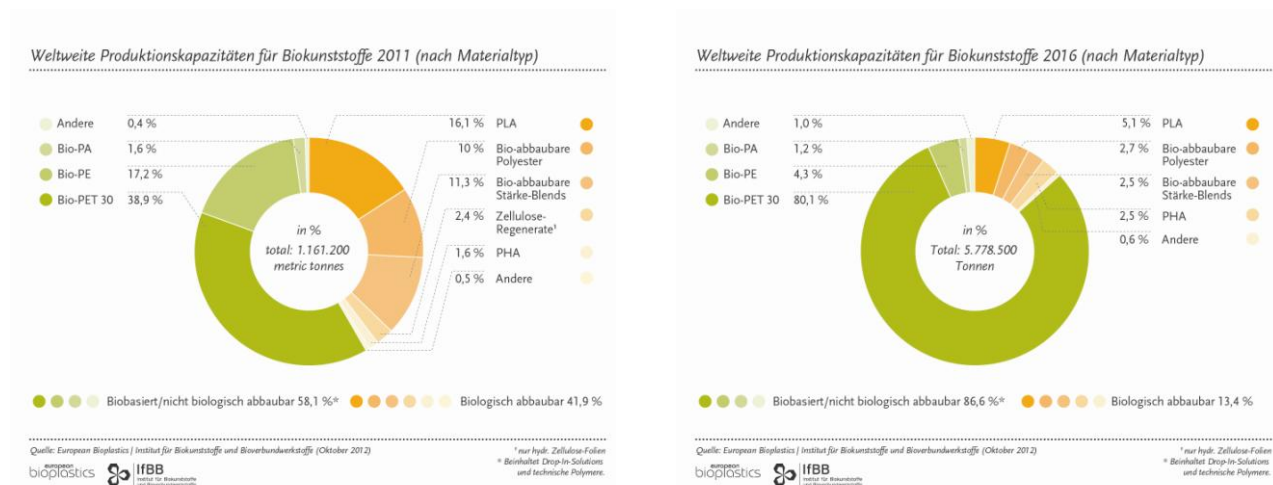


Abb. 8: Einteilung der Produktionskapazitäten nach Materialtyp für 2011 (links) und 2016 (rechts) [34]

All dies macht deutlich, dass sich der Markt immer noch weiter entwickelt und sich in einer starken Wachstumsphase befindet. Nahezu alle großen Kunststoffhersteller haben in den vergangenen Jahren Neuentwicklungen auf den Markt gebracht bzw. mit dem Bau von Produktionsanlagen oder der Erweiterung vorhandener Produktionskapazitäten begonnen. Showa Denko KK plante bis Jahresende 2012 ein Liefervolumen von 10.000-20.000 Tonnen Bernsteinsäure biologischen Ursprungs zu erreichen und somit die Nachfrage an der biobasierten Bionolle®-Variante zu bedienen [35]. DuPont Tate&Lyle BioProducts entwickelten zusammen mit der Panasonic Corporation Eco Solutions Company Küchen- und Badsysteme (Arbeitsplatten etc.) aus biobasiertem Susterra® Propandiol [36]. Neben dem inzwischen kommerziell verfügbarem Bio-PE von Braskem gibt es weitere Möglichkeiten für sogenannte drop-in-Lösungen: Toray und Gevo wollen die weltweit erste Produktion im industriellen Maßstab von biobasiertem PET etablieren [37]. Darüber hinaus gibt es bereits erste technische Anwendungen von biobasierten Polymeren: die Fa. A. Raymond produziert mit dem biobasierten Ultramid® S3WG6 Balance der BASF Schnellkupplungen für Kraftstoffschläuche [38].

¹ Bio-PET = 30% biobasiertes PET

Trotz dieser Entwicklungen entsprechen die (aktuelle) vorhandenen Produktionskapazitäten von Kunststoffen auf Basis von nawaRo im Vergleich zum gesamten Kunststoffmarkt (280 Mio t für 2011 weltweit) [39] etwas mehr als 1,5 %. Auch beim Eintreten des prognostizierten Wachstums wird sich daran vorerst wenig ändern. Zudem muss man ergänzen, dass sich diese Marktentwicklungen häufig auf den amerikanischen und asiatischen Raum beschränken [40]. Nennenswerte (private) Investitionen in Europa oder gar Deutschland gibt es kaum. Hier entstehen größtenteils Demonstrations- und Pilotanlagen. Ebenso agieren die Unternehmen, die beispielsweise wichtige neue Basischemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen entwickeln und herstellen häufig in den Beneluxstaaten oder Frankreich (z.B. Avantium in den NL – Hersteller von Bernsteinsäure aus nawaRo als Plattformchemikalie). Welchen Anteil der Produktionsstandort Ludwigshafen an der Produktion von biobasiertem 1,4-Butandiol (geplant: 650.000 t/a weltweit an mehreren Standorten) wurde in einer kürzlich veröffentlichten Mitteilung nicht genannt. Die Produktion basiert auf einem Patent des US-amerikanischen Unternehmens Genomatica [41].

Obwohl es seine deutliche Verschiebung hin zu nicht abbaubaren, aber biobasierten Polymeren gibt, werden Biopolymere nach wie vor und auch in Zukunft größtenteils in Verpackungsanwendungen zu finden sein, wobei Flaschen (bedingt durch die Entwicklungen beim Bio-PET) 2016 eine der Hauptanwendungen sein werden. Weiterhin wird sich durch die Aktivitäten beim Bio-PET auch der Einsatz in technischen Bereichen (inkl. Automobilbau) erhöhen. So werden Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen vermehrt auch in langlebigen Anwendungen und außerhalb des kurzlebigen Verpackungssektors eingesetzt (siehe Abb. 9). Hier können unter anderem biobasierte Polyamide punkten. Diese weisen ganz klare Eigenschaftsvorteile auf und müssen sich daher preislich nicht mit den Standard-PA messen. Auf EU-Ebene forscht man daran Kunststoffe, mit einem Eigenschaftsniveau im Bereich von PP und PS entweder preislich attraktiver zu gestalten oder erst einmal überhaupt negative Eigenschaften (Geruch etc.) zu eliminieren [42]. Und auch Anwender sind mit der bislang verfügbaren Qualität nicht immer zufrieden, so dass eine Umstellung bislang nur in Nischen gelungen ist [43].

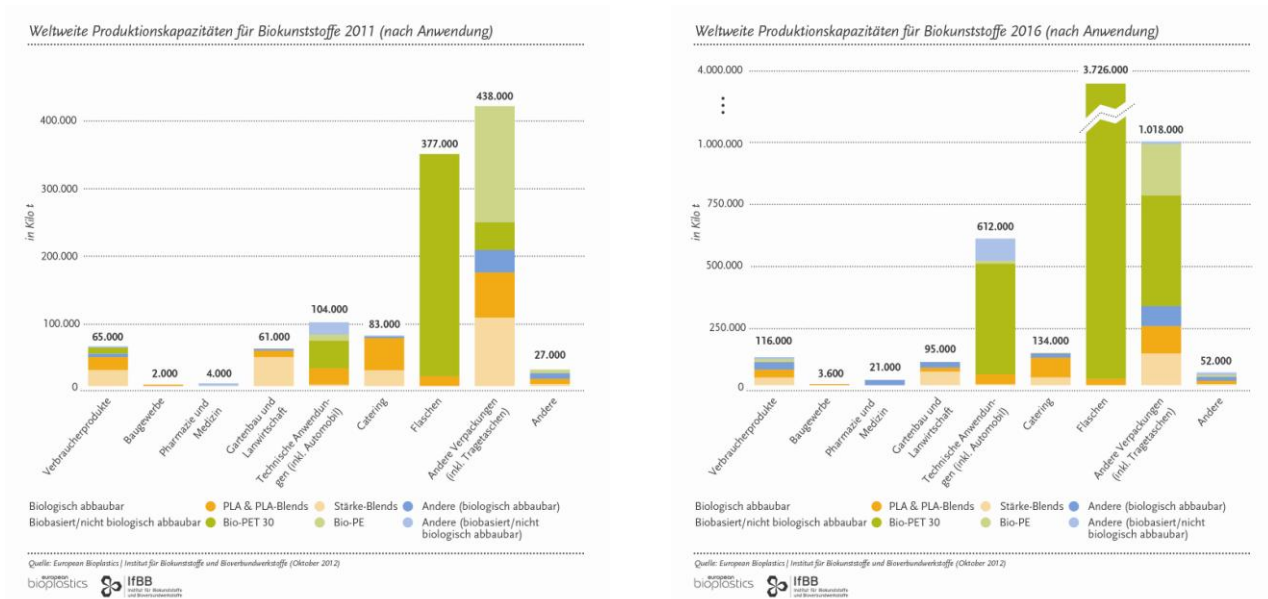


Abb. 9: Weltweite Produktionskapazitäten (nach Anwendung) für 2011 (links) und 2016 (rechts) [34]

Weitere Entwicklungen neben den sogenannten Drop-In-Lösungen und der Erhöhung des nachwachsenden Rohstoffanteils sind zum einen Bemühungen, landwirtschaftliche Reststoffe als Rohstoffquelle nutzbar zu machen und zum anderen auch die Eigenschaften, insbesondere von PLA deutlich zu verbessern.

Die Nutzung alternativer nachwachsender Rohstoffquellen hat dabei sicherlich verschiedene Ursachen. Häufig und öffentlich genannt wird die Vermeidung einer Konkurrenzsituation zu Nahrungsmitteln und der damit verbunden Teller-Tank-Diskussion.

6.2. Verarbeitung in Thüringen

Die Thüringer Gummi- und Kunststoffbranche bestand 2009 aus ca. 190 hauptsächlich klein- und mittelständischen Unternehmen und stellt damit einen wichtigen Wirtschaftszweig innerhalb des Freistaates dar [44]. Eine Vielzahl der Unternehmen produziert dabei Bauteile für die Automobilindustrie (Abdeckungen, Scheinwerfer etc.), aber auch Alltagsgegenstände, Folien und Medizinprodukte bzw. spezielle Verpackungsmaterialien für die Pharma- und Medizinbranche werden gefertigt. Dabei wird auch das Manko der Thüringer Kunststoffbranche deutlich. Es gibt eine Vielzahl an Unternehmen, die thermoplastische Kunststoffgranulate und duroplastische Harze zu Bauteilen verarbeitet, es mangelt aber an den Vorstufen, d.h. den Kunststoffherstellern. Es existiert eine Reihe an Compoundierbetrieben, die Kunststoffe durch

die Mischung miteinander und mit Füllstoffen und Additiven veredeln und dadurch an die jeweiligen Einsatzgebiete und Anforderungen anpassen. Unternehmen, die Kunststoffe aus petrochemischen oder nachwachsenden Rohstoffen herstellen (könnten), sind aktuell nicht im Freistaat vertreten. Die Polymerisationsanlage der BASF am Standort Rudolstadt-Schwarza zur Herstellung von Polyamidbasisprodukten wurde Ende 2010 stillgelegt und abgebaut [45]. Nächstgelegene (Groß-) Unternehmen zur Herstellung von (petro-)chemischen Vorprodukten und Kunststoffen befinden sich an den Chemiestandorten in Leuna und Schkopau in Sachsen-Anhalt. Ein weiteres Hindernis stellt auch die Kundenstruktur der meisten Thüringer Kunststoffunternehmen dar. Wenige Unternehmen beliefern den Markt, Endkunden oder Verbraucher direkt, sondern sind Zulieferer für andere Unternehmen und Branchen. Insofern reagiert man engagiert auf die Anfragen der eigenen Kunden, bleiben diese Impulse von außen jedoch aus, konzentriert man sich auf das Tagesgeschäft. Für Entwicklungen aus Eigenantrieb fehlt zudem häufig auch die personelle Infrastruktur.

Aus den Befragungen der Unternehmen wurden verschiedene Standpunkte und Erfahrungen zu und mit biobasierten Kunststoffen deutlich:

- Die Mehrheit der Thüringer Kunststoffverarbeiter hat noch keine Erfahrungen mit biobasierten Kunststoffen gesammelt.
- Folienhersteller haben häufig bereits Erfahrungen mit biobasierten Kunststoffen gesammelt und bieten (teilweise) auch Produkte aus diesen Materialien an.
- In der Regel tragen Kunststoffprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen nur einen kleinen Anteil zum Gesamtumsatz des Unternehmens bei. Die Margen sind vergleichsweise gering.
- Häufig wird der Preis als wichtigstes Kriterium genannt, warum Projekte zu biobasierten Kunststoffen noch nicht industriell umgesetzt wurden. Teilweise führte der höhere Preis dazu, dass derartige Produkte wegen Unrentabilität wieder vom Markt genommen wurden.
- Die meisten Unternehmen, die bereits auf Projektebene Erfahrungen mit biobasierten Kunststoffen sammeln konnten, zeigen sich offen gegenüber dieser neuen Materialgruppe und würden bei entsprechender Nachfrage an der Thematik auch weiterarbeiten.

6.3. Unternehmen

Compoundierbetriebe, Additiv- und Batchhersteller:

KCD Kunststoff, Additive & Beratung GmbH

Otto.Schott-Straße 5

99427 Weimar

Hersteller von Kunststoffadditiven (Treibmittel), teilweise auch nawaRos als Basis

GRAFE Advanced Polymers GmbH

Waldecker Straße 21

99444 Blankenhain

Hersteller von Farb- und Additivmasterbatch, Produktserie BIOCOLEN

Unter dem Markennamen Biocolen bietet die GRAFE-Gruppe ihren Kunden Masterbatches für die Einfärbung biologisch abbaubarer Kunststoffe an. Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe eröffnen neue Wege hin zu einem geschlossenen Verwertungskreislauf, indem sie unter anderem Rohöl einsparen. (www.grafe.com)

Verarbeiter:

B&K Kunststoffwerke GmbH & Co.KG

Nürnberger Straße 1

98597 Breitung

Hersteller diverser Spritzgussartikel

FNR-Forschungsverbund FENAFA (Teilvorhaben 8a: 22025208) → Herstellung von Kinderspielzeug in Kooperation mit der Martin Fuchs Spielwaren GmbH & Co. KG, Fürth

Tochterunternehmen:

Livemold Trading GmbH

Nürnberger Str. 1

98597 Breitung

Handelsgesellschaft für Kunststoffgranulate, Masterbatche und Additive

Im Produktsortiment: PLA-NatureGran (Fa. Linotech)

Münchenbernsdorfer Folien GmbH,

Großbackaer Straße 1

07589 Münchenbernsdorf

Hersteller von Folien auf Basis von Mais- und Kartoffelstärke, PLA

Plantic GmbH
Am Amselberg
07751 Schorba

Verarbeitung von stärkebasierten Folien für die Verpackungsindustrie
Materialien von australischem Mutterunternehmen

7. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Die kunststoffverarbeitende Industrie stellt einen für die Thüringer Wirtschaft wichtigen Industriezweig dar. In diesem vereinen sich sowohl die Verarbeiter und Hersteller von naturfaserbasierten Werkstoffen als auch von biobasierten Polymeren. Die Recherche hat gezeigt, dass insbesondere im Bereich NFK sich zum einen Unternehmen seit Jahren erfolgreich etablieren konnten und zum anderen es einige innovative und experimentierfreudige Firmen gibt, die NFK und WPC auch außerhalb der bekannten Einsatzgebiete im Automobil oder als Terrassendielen einsetzen. Erfreulich ist hier vor allem die Zusammenarbeit der Thüringer Unternehmen untereinander, so dass sich regionale Wertschöpfungsketten vom Hersteller zum Verarbeiter ergeben. Angetrieben von den ersten Erfolgen und den aktuellen Marktentwicklungen (im Automobilbereich) sind diese Unternehmen zuversichtlich, was die nähere Zukunft betrifft.

Für den Einsatz biobasierter Kunststoffe ist die Darstellung etwas schwieriger. Viele, jedoch nicht die Mehrheit der befragten Unternehmen sind bereits mit dieser „neuen“ Materialklasse in Berührung gekommen. Eine industrielle Umsetzung scheiterte in aller Regel an den momentanen Preisen für biobasierte Polymere. Dennoch ist man dem Thema gegenüber aufgeschlossen und bei entsprechender Nachfrage auch zu Neuentwicklungen bereit, allerdings häufig nur auf spezifische Kundennachfrage, da viele Betriebe lediglich Zulieferer sind und keinen direkt Kontakt mit dem Endkunden haben. Weiterhin fehlt im Alltagsgeschäft aufgrund der klein- und mittelständischen Struktur vieler Betriebe häufig die personelle Infrastruktur als auch die Zeit für eigenverantwortlich betriebene Entwicklungen. Unternehmen, die Produkte aus biobasierten Polymeren verarbeiten und vertreiben, nutzen ihren Innovationsvorteil dann aber auch zur Eigenwerbung in der lokalen als auch der Fachpresse und bieten die Produkte aktiv an (u.a. auf Firmenhomepages). Vergleicht man den Anteil an weltweit eingesetzten Kunststoffen (2011: 280 Mio. t) mit den Produktionskapazitäten für biobasierte und bioabbaubare Kunststoffe (2011: 1,16 Mio t) entspricht dies einem Anteil von ca. 1,5 %. Dies spiegelt sich auch bei den Thüringer Unternehmen wieder. Von den etwa 200 Unternehmen der Branche sind ungefähr 3 % aktiv an der Herstellung und Verarbeitung biobasierter Additive, Compounds oder Produkte beteiligt. Zu diesen 3 % kommen weitere Unternehmen, die sich bereits mit der Thematik auseinandergesetzt haben sowie die Unternehmen, die im Bereich der NFK-Verarbeitung aktiv

sind. Ausschlaggebend für viele Unternehmen, aktuell (noch) keine Produkte aus nawaRos anzubieten, ist der deutlich höhere Preis im Vergleich zu petrochemischen Standardkunststoffen.

Ob und wie sich der Preis in den nächsten Jahren entwickeln wird, lässt sich schwer abschätzen. Die Biokunststoffhersteller versprechen fallende Preise durch Prozessverbesserungen und Kapazitätsausbau und hoffen auf wieder steigende Rohölpreise. Inwieweit dies tatsächlich eintritt, hängt von vielen Faktoren ab (Rohölnachfrage, Krisen (politische und wirtschaftliche), Nutzung neuer Fördertechnologien und –regionen fossiler Rohstoffe). Wenn sich insbesondere Biokunststoffe unabhängig davon durchsetzen wollen, müssen sie aufgrund ihrer Eigenschaften überzeugen. Die Diskussionen zur (realen) Abbaubarkeit in den vergangenen Monaten haben z.B. dazu beigetragen, dass die Kompostierbarkeit von Verpackungen aus Biopolymeren weniger intensiv beworben wird. Zudem fehlen besonders in den ländlichen Regionen industrielle Entsorgungsstrategien (industrielle Kompostieranlagen). Auch die augenscheinliche Nachhaltigkeit biobasierter Kunststoffe kann nicht immer als werbewirksame Eigenschaft eingesetzt werden, da einige Umweltorganisationen und Institutionen mit unterschiedlichen Argumenten (Düngemiteleininsatz beim Anbau der Rohstoffe, Eutrophierung, Wasserverbrauch, Konkurrenz zu Nahrungsmitteln etc.) gegensteuern, wie eine Pressemitteilung des Umweltbundesamtes vom 8. Oktober 2012 belegt. All dies verunsichert den Endverbraucher, der durch seine Kaufentscheidungen die Entwicklungen maßgeblich mitbestimmt.

Da ein Umdenken der Verbraucher nicht von heute auf morgen erfolgen wird, wäre es ein Ansatz, durch die öffentliche Hand die Nutzung aktiv die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu forcieren. Dies wird unter anderem auch von der FNR e.V. unterstützt, die öffentlichen Behörden und Kommunen zum einen Entscheidungshilfen anbietet als auch ein Portfolio an entsprechenden Produkten im Rahmen von Infoblättern und Fachveranstaltungen bereithält. Dies stellt aufgrund der Vielzahl an öffentlichen Stellen und Kommunen einen interessanten Ansatz dar, allerdings lässt sich nicht sagen, inwieweit sich dies auch in der Thüringer Kunststoffindustrie in den nächsten Jahren auswirken wird. Typische Verbrauchsgüter (Schmierstoffe, Papier(e), Schreibutensilien) gehören weniger zum Produktportfolio Thüringer Unternehmen.

Darüber hinaus können von öffentlicher Seite initiierte Aufklärungskampagnen für Endverbraucher (bspw. im Rahmen der Grünen Tage Thüringen) und die Vergegenwärtigung der bereits vorhandenen Unternehmensvielfalt und Forschungslandschaft (Berichte in Tageszeitungen oder das Regionalfernsehen über interessante und nachhaltige Entwicklungen und Firmenporträts und die Kunststoffbranche) dazu beitragen, die stoffliche Nutzung näher in das Bewusstsein der Verbraucher zu rücken und Bedenken entgegenzuwirken. Gelegentliche

Informationsveranstaltungen der Ministerien oder IHKs zu nachhaltigen Entwicklungen könnten zudem die Sensibilität der Unternehmen für die Thematik fördern, wobei man sich hier nicht alleine auf die Rohstoffquelle beschränken muss, sondern diese Thematik als Teil einer gesamtheitlich nachhaltigen Produktion (Energieeinsparungen, Nachwuchsförderung etc.) auffassen kann.

Nicht zuletzt stellt auch das seit nahezu 20 Jahren etablierte Internationale Symposium „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen“ ein Podium dar, Thüringer Aktivitäten und Akteure der Öffentlichkeit vorzustellen und mit dem Symposium für Thüringen als Standort mit Kompetenz und Know-How auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe zu werben.

Literaturverzeichnis

- [1] Länderreport Thüringen, 16.08.2013.
- [2] Luther, R.: Biobasierte Schmierstoffe in Windkraftanlagen - ein starkes Team, Stoffliche Biomassenutzung. Mit Innovationen den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken, Berlin, 2010
- [3] <http://bioschmierstoffe.fnr.de/bioschmierstoffe-uebersicht/einfuehrung/>
- [4] Theissen, H. (RWTH Aachen): Die Marktsituation biologisch abbaubarer und biogener Schmierstoffe in Deutschland 2006
- [5] Peters, D. et al.: Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie, hrsg. von Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2010
- [6] Mediathek der FNR e.V.
<http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbauflache-fur-nachwachsende-rohstoffe-2013-tabelle.html>
- [7] Carus, M., et al.: Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffe (Deutschland und EU), Gölzower Fachgespräche, FNR, 2008
- [8] Frost & Sullivan. European Markets for Naturally-Reinforced Plastic Composites, 2008
- [9] Fink, H.-P. und Ganster, J.: Novel Thermoplastic Composites from Commodity Polymers and Man-Made Fibers, Macromol. Symp. 244 (2006) 107-118
- [10] Reußmann, T.: Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Langfasergranulat, Dissertation, TU Chemnitz, 2002
- [11] Jeyanthi, S. und Janci Rani, J.: Improving the mechanical properties by KENAF natural long fiber reinforced composites for automotive structures, Journal of Applied Science and Engineering, 3/15 (2012) 275-280
- [12] Min Zhi Ronga, Ming Qui Zang, Yuan Liu, Gui Cheng Yang, Han Ming Zeng: The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites, Comp Sci Tech,. 10/61 (2001) 1437-1447
- [13] FNR-Datenbank: <http://datenbank.fnr.de/>

- [14] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Roadmap Bioraffinerien, hrsg. von BMELV, BMBF, BMU, BMWi, 2012
- [15] FNR-Mediathek: <http://mediathek.fnr.de/grafiken.html>
- [16] www.boerse.de
- [17] www.biowert.de
- [18] <http://www.fnr.de/nachwachsende-rohstoffe/bioenergie/energiepflanzen/>
- [19] www.ufop.de
- [20] Autorenkollektiv: Zellstoff Papier, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1976
- [21] www.suedstaerke.de
- [22] <http://biowerkstoffe.fnr.de/biokunststoffe/rohstoffe/>
- [23] Brand treibt Zuckerpreis auf Jahreshoch: www.handelsblatt.de (18.10.2013)
- [24] Schmiedel, I.: Sichtbare Naturfasern im Interieur, AVK - Arbeitskreissitzung Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Frankfurt/Main, 09. Oktober 2013
- [25] Dammer, L. und Scholz, L. Marktstudie: Naturfaserverstärkte Kunststoffe in der europäischen Automobilindustrie 2012, AVK - Arbeitskreissitzung Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Frankfurt/Main, 09. Oktober 2013
- [26] <http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2013/Oktober/fraunhofer-und-continental-bringen-zusammen-den-loewenzahn-kautschuk-auf-die-strasse.html>
- [27] FNR-Projektdatenbank: (TAKOWIND), Züchtung und Anbau von Kaukasischem Löwenzahn (*Taraxacum koksaghyz*) - Von der Wildpflanze zum nachwachsenden Industrierohstoff
- [28] <http://www.cbp.fraunhofer.de/>
- [29] Johnson Controls:
<http://www.johnsoncontrols-iaa.com/de/electronics-interiors/details/neues-hybrid-formpressverfahren-fuer-leichte-und-nachhaltige-innenraumkomponenten.html>.

- [30] Diskussionen und Expertengespräche mit TIER 1 und OEM
- [31] <http://www.recyclingportal.eu/artikel/25678.shtml>
- [32] Schadeck, V. Flaschen aus Holz. Kunststoffe, 64-65, 7/2013
- [33] PlasticsEurope e.V.
<http://www.plasticseurope.de/informationszentrum/presse/10052012-kunststofferzeugung-mehr-produktion-mehr-umsatz.aspx>
- [34] European Bioplastics
www.european-bioplastics.org/press/press-pictures/labelling-logos-charts/
- [35] Showa Denko:
[http://www.showa-denko.de/index.php?id=109&tx_ttnews\[tt_news\]=185&tx_ttnews\[backPid\]=108&cHash=f65b76e5d1](http://www.showa-denko.de/index.php?id=109&tx_ttnews[tt_news]=185&tx_ttnews[backPid]=108&cHash=f65b76e5d1)
- [36] PRWeb (16.07.2012)
<http://www.prweb.com/releases/2012/7/prweb9700192.htm>
- [37] Toray:
<http://www.toray.com/news/rd/nr120627.html>
- [38] Plasticker: BASF: Schnellkupplungen aus PA 6.10 im Automobilbau in Serie
www.plasticker.de vom 13. 07 2012
- [39] Plastics Europe. Plastics - the Facts 2013 über www.plasticseurope.org
- [40] Ceresana Research:
<http://www.ceresana.com/de/marktstudien/kunststoffe/biokunststoffe>
- [41] BASF SE: Pressemitteilung vom 27.11.2013
<http://www.basf.com/group/pressemitteilungen/P-13-538>
- [42] Plasticker: ECOplast: PHB für die Auto-Innenausstattung
www.plasticker.de vom 18. 05 2012
- [43] Neue Züricher Zeitung: Nachhaltiges Spielzeug. Playmobil ohne Erdöl
unter www.nzz.ch. am 17. 07 2012

- [44] Thüringer Landesamt für Statistik: Gummi- und Kunststoffwirtschaft in Thüringen, 2009
- [45] Enzian H.: Polymerisation bei BASF in Schwarza wird stillgelegt in OTZ, 26.11.2010