



**Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben  
Potenzialanalyse der stofflichen Verwertung von  
Lignocellulose-Rohstoffen in Ostwürttemberg**

gefördert aus

dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Projektlaufzeit: 07. 03. 2013 bis 15.07.2014

Projektnummer: 041207

Förderziel: Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung – Förderperiode 2007 – 2013  
aus dem Programm Cluster Forst und Holz des Ministeriums für Ländlichen Raum und Ver-  
braucherschutz Baden-Württemberg vom 07.11.2008 in der Fassung vom 08.11.2011

## Impressum

### **Herausgeber & Projektleitung GOA**

Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH – GOA

Henry Forster  
Geschäftsführer

Steffen Johner, B.Sc.  
Projektmanager Technik

[www.goa-online.de](http://www.goa-online.de)

### **Projektbegleitung**

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement – IfaS

Prof. Dr. Peter Heck  
Geschäftsführender Direktor IfaS

Robert Fritz, B.Sc.  
Projektmanager Biomasse

[www.stoffstrom.org](http://www.stoffstrom.org)

### **Projektkonzeption und -beratung**

#### **EurA Consult AG**

Dr. Akuma Saningong  
Forschungs- und Innovationsmanager des  
Netzwerkes biomastec

Dipl.-Ing. Klaus Wiese  
Projektmanager Netzwerk biomastec

[www.biomastec.de](http://www.biomastec.de)  
[www.euraconsult.de](http://www.euraconsult.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	II
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	IV
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	IV
<b>Summary</b> .....	V
<b>Zusammenfassung</b> .....	VI
<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Projektpartner .....	2
1.1.1 Die Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH .....	2
1.1.2 Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) .....	3
1.1.3 Das Kooperationsnetzwerk biomastec .....	4
1.2 Kurzbeschreibung des Projektgebietes .....	5
1.2.1 Der Ostalbkreis .....	6
1.2.2 Der Landkreis Heidenheim .....	7
<b>2 Methodologie der Datenerhebung</b> .....	9
<b>3 Ergebnisse der Potenzialanalyse für Lignocellulose-Roh- und Reststoffe</b> .....	10
3.1 Lignocellulose aus halmgutartiger Biomasse .....	10
3.1.1 Rapsstroh .....	11
3.1.2 Grünland .....	11
3.1.3 Grasartiges Straßenbegleitgrün .....	12
3.2 Lignocellulose aus holzartiger Biomasse .....	12
3.2.1 Holzartiges Straßen-, Schienen- und Gewässerbegleitgrün .....	12
3.2.2 Landschaftspflegeholz .....	14
3.2.3 Waldrestholz .....	15
3.2.4 Industrierestholz .....	16
3.3 Weitere Lignocellulose-Stoffströme .....	16
3.3.1 Siedlungsabfälle .....	16
3.3.2 Gärreste aus Biogasanlagen .....	17
<b>4 Senkenanalyse</b> .....	19
<b>5 Diskussion und Schlussfolgerung</b> .....	24
<b>6 Quellenverzeichnis</b> .....	27

## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
€	Euro
a	Jahr
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
Allg.	Allgemein
BH	Brenn- und Energieholzholz
bzgl.	bezüglich
d. h.	das heißt
e. G.	eingetragene Genossenschaft
e. V.	eingetragener Verein
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Efb	Entsorgungsfachbetrieb
Efm	Erntefestmeter
einschl.	einschließlich
etc	<i>et cetera</i>
EU	Europäische Union
FM	Frischmasse
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber
GIS	geografisches Informationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GOA	Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallverwertung
h	Stunde
ha	Hektar
Hrsg.	Herausgeber

---

i. d. R.	in der Regel
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
l	Liter
LK	Landkreis
m	Meter
max.	maximal
mind.	mindestens
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
n	Anzahl
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
RWS	regionale Wertschöpfung
spez.	spezifisch
SSM	Stoffstrommanagement
t/a	Tonnen pro Jahr
t	Tonnen
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
Vgl.	Vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Standorte der GOA .....	3
Abbildung 3-2: Bevölkerungsstruktur Ostwürttemberg 2011 .....	5
Abbildung 3-3: Flächennutzung in der Region Ostwürttemberg .....	6
Abbildung 3-4: Der Ostalbkreis.....	6
Abbildung 3-5: Entwicklung der Einwohnerzahlen im Ostalbkreis .....	7
Abbildung 3-6: Der Landkreis Heidenheim.....	8
Abbildung 3-7: Entwicklung der Einwohnerzahlen im Landkreis Heidenheim .....	8
Abbildung 4-1: Nutzungsverteilung Agrarflächen Region Ostwürttemberg.....	11
Abbildung 4-2: Verwertungsübersicht oberirdischer Waldholzbiomasse .....	15
Abbildung 4-3: Zusammensetzung der organischen Hausmüllfraktion.....	17
Abbildung 4-4: Übersicht Standorte Biogasanlagen Ostwürttemberg.....	18
Abbildung 5-1: Aufarbeitungsschema einer Lignocellulose-Bioraffinerie .....	22
Abbildung 6-1: Zusammenfassung der Stoffströme .....	24

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Straßen-, Schienen- und Gewässerlängen im Untersuchungsraum.....	13
Tabelle 4-2: Biomassepotenziale aus der Landschaftspflege .....	13
Tabelle 4-3: Korngrößenverteilung Grünschnitt .....	14
Tabelle 4-4: Reststoffe aus Garten- und Parkflächen .....	14
Tabelle 4-5: Standorte Biogasanlagen Ostwürttemberg .....	18
Tabelle 6-1: Lignocellulose Stoffströme .....	25

## Summary

Lignocellulose biomass has the potential to provide an essential contribution to climate protection. In times of a higher demand, the pricing pressure upon the primary market continuously increases. The exploitation of existing lignocellulose biomass potentials for an efficient application is a raising resource conflict. Therefore, biomass is needed as a source of energy and raw materials. Under consideration of sustainability aspects, the gathering of possibilities to establish a secondary market for lignocellulose is of importance. Affected material flows are characterized by their non-food nature, avoiding a controversial food-or-fuel discussion. This potential study focusses on municipal, forestal and agricultural lignocellulose residues. The data was collected by direct surveys, as well as by indirect estimates of lignocellulose material flows.

Although a few of these material flows have already been used for biotechnological purpose, there is a lack of information to what extent these residues are used systematically. For example as part of regional biorefinery concepts to substitute mineral oil-based production processes. To ensure an efficient and economic use of existing potentials, the quality of the underlying lignocellulose-resources is critical. With 26 % digestate from biogas plants offers the highest proportion of the total collected data. Biowaste is up to 17 % of the gathered dry mass while the grass-like garden waste represents 16 %. Waste wood provides 10 % of the lignocellulose material flows. Another 10 % come from wastes from wood processing. The quantity share of rapeseed straw was 9 %. 8 % of the mass flows were identified as wood-like garden wastes. Roadside greenery and railway greenery were both lying at 2 % of the whole lignocellulose potential.

Within a sinks analysis, the gathered results were used to work out viable economic pathways for local companies in the bioeconomy industry. For explicit economic results about the single material flows of lignocellulose, further analyses that involve possible recipients of the bioeconomy are required.

## Zusammenfassung

Lignocellulosehaltige Biomasse kann als Substitut für fossile Rohstoffe einen grundlegenden Beitrag zum Klimaschutz leisten. Vor dem Hintergrund zunehmender Nutzungskonflikte um den Ausbau der Biomassenutzung als Energie- und Rohstoffträger bietet sich die Erschließung bestehender Potenziale von lignocellulosehaltiger Biomasse für eine effiziente Verwertung an. Nachhaltigkeits-Gesichtspunkte legen nahe, die Möglichkeiten zur Etablierung eines Lignocellulose-Sekundärmarktes zu analysieren. Die dazu in Frage kommenden Stoffströme sind dadurch gekennzeichnet, dass sie nicht für die Nahrungsmittelversorgung geeignet sind und somit insbesondere den Konflikt der kontroversen Tank-Teller-Diskussion umgehen. Im Fokus der vorliegenden Potenzialerhebung liegen kommunal sowie forst- und landwirtschaftlich anfallende Lignocellulose-Reststoffe. Die Datenerhebung erfolgte dabei sowohl durch direkte Befragungen als auch durch indirekte Abschätzungen von Lignocellulose-Stoffströmen.

Obwohl diese bereits vereinzelt für biotechnische Zwecke eingesetzt werden, gibt es bisher nur wenige Kenntnisse darüber, in welchem Umfang diese Reststoffe systematisch z. B. im Rahmen regionaler Bioraffinerien zur Substitution erdölbasierter Produktionsverfahren genutzt werden können. Zur Sicherstellung einer effizienten und wirtschaftlichen Nutzung vorhandener Potenziale erscheint die Qualität der zu Grunde liegenden Lignocellulose-Rohstoffe entscheidend. Der größte mengenbezogene Potenzialanteil liegt mit 26 % der erfassten Gesamtmenge im Bereich der Biogas Gärreste. Bioabfall entspricht 17 % der ermittelten Trockenmasse während der grasartige Gartenabfall 16 % ausmacht. Altholz stellt 10 % der Lignocellulose-haltigen Stoffströme. Weitere 10 % entfallen auf die Abfälle aus der Holzbearbeitung. Der Mengenanteil von Rapsstroh beträgt 9 %. Es wurden 8 % an holzartigen Gartenabfällen identifiziert. Die Mengenströme an Straßen- und Schienenbegleitgrün liegen jeweils bei 2 %.

Aus diesen Ergebnissen wurden im Rahmen einer Senken-Analyse wirtschaftlich tragfähige Nutzungspfade für regional ansässige Unternehmen der industriellen Bioökonomie skizziert. Um differenzierte wirtschaftliche Aussagen über die einzelnen Lignocellulose-Stoffströme treffen zu können, bedarf es allerdings noch weiterer Untersuchungen, die mögliche Material-Bedarfe der Biotechnik-Industrie einbeziehen.

## 1 Einführung

Das Projekt *Potenzialanalyse der stofflichen Verwertung von Lignocellulose-Rohstoffen in Ostwürttemberg* wurde im Zeitraum von März 2013 bis Juli 2014 durchgeführt. Die Genese des Projektes entwickelte sich über die *Arbeitsgruppe stoffliche Nutzung von Biomasse* des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Netzwerkes biomastec – Neue Technologien und Produkte aus der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Biomasse insbesondere Abfallbioressourcen - dem die Projektpartner angehören. Die Projektleitung lag bei der Gesellschaft für Abfallbewirtschaftung im Ostalbkreis (GOA), die Projektergebnisse wurden durch das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) aufbereitet. Auf dieser Grundlage wurde das Projekt beim Fördergeber vorgestellt.

Ziel der Studie ist es, eine Stoffstromanalyse für die Region Ostwürttemberg (Landkreise Ostalb und Heidenheim) zu erstellen, um festzustellen, in welchen Mengen und zu welchem Zeitpunkt Lignocellulose-Roh- und Reststoffe vorhanden sind und in welcher Qualität diese anfallen. Dabei wird primär eine stoffliche Nutzung angestrebt. Erstmals sollen verschiedene stoffliche Nutzungsmöglichkeiten untersucht und in Hinblick auf das Vorhandensein der regionalen Rohstoffversorgung bewertet werden. Im Ergebnis sollen potenzielle Nutzungsszenarien mit hoher Wertschöpfung abgeleitet werden. Die nachhaltige Nutzung von bio-basierten Ressourcen leistet einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Rohstoffversorgung und zur Bewältigung des Klimawandels. Feste Biomasse, bzw. Lignocellulose-Rest- und Koppelprodukte aus der Agrar-, Land-, Kommunal- und Forstwirtschaft, sollen in Zukunft eine Alternative zu erdölbasierten Produkten bilden.

## 1.1 Projektpartner

Das Projekt wurde gemeinsam von der Gesellschaft im Ostalbkreis (GOA) für Abfallverwertung, dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement und dem Netzwerk biomastec – EurA Consult AG bearbeitet.

### 1.1.1 Die Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH

Die GOA wurde 1992 als 100-prozentige Tochtergesellschaft des Ostalbkreises gegründet. Heute ist die GOA mehrheitlich in privater Hand. Seit 2005 hält die Hörger Holding, mit Sitz in Sontheim a.d. Brenz, 51 Prozent der Geschäftsanteile. Der Hauptsitz der GOA befindet sich in Schwäbisch Gmünd. Die Aufgaben der Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung umfassen die Einsammlung, Verwertung und Entsorgung von privaten und gewerblichen Abfällen zur Verwertung und Beseitigung im Ostalbkreis. Das Einzugsgebiet der GOA umfasst das gesamte Kreisgebiet mit 42 Städten und Gemeinden auf einer Fläche von rund 1.500 km<sup>2</sup>. Über das Einzugsgebiet sind 19 Wertstoffhöfe, zwei Entsorgungszentren und eine Bauschuttdeponie verteilt. Um die vielfältigen Aufgaben bewältigen zu können, beschäftigt die GOA rund 350 Mitarbeiter. Die GOA ist ein zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb (EfB) und hat ein Qualitätsmanagementsystem, welches nach der DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert ist. Im Gegensatz zu vielen Landkreisen gehört es bei der GOA zur Strategie, die Abfälle nicht nur zu erfassen und möglichst kostengünstig zu entsorgen, sondern die regionalen Rohstoffe idealerweise regional in stoffliche Kreisläufe zurückzuführen. Folgende Karte gibt einen groben Überblick über die Standorte der GOA.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> GOA mbH, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit 2012.

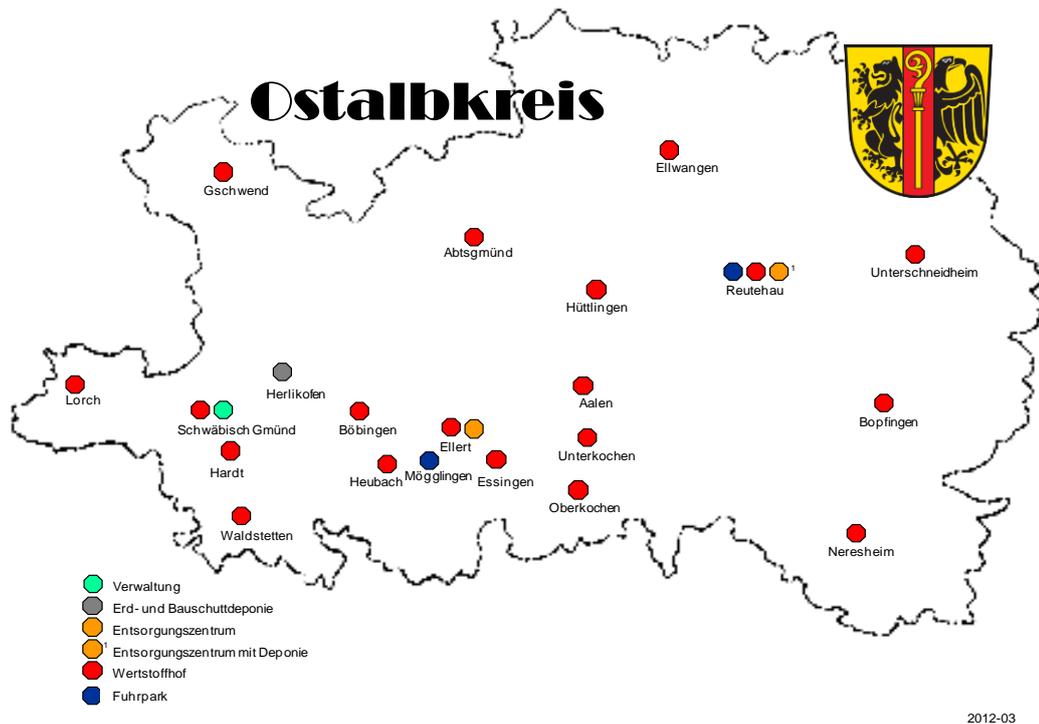


Abbildung 1-1: Standorte der GOA

### 1.1.2 Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Im Jahr 2001 wurde das IfaS aus dem interdisziplinären Lehr-, Lern- und Forschungsansatz des Umwelt-Campus Birkenfeld heraus als In-Institut der Fachhochschule Trier gegründet. Zurzeit arbeiten sechs Professoren und rund 70 wissenschaftliche Mitarbeiter aus den Disziplinen der angewandten Ingenieurwissenschaften, der Land- und Forstwirtschaft, der Umweltplanung und Landespflege sowie aus Wirtschafts- und Rechtswissenschaften am Institut.

Durch die Kombination unterschiedlichster Disziplinen der Wissenschaft wird ein neuer, vernetzter Ansatz des regionalen Stoffstrommanagements am IfaS verfolgt. Der Fokus dieser Herangehensweise liegt dabei auf einem Maximum an Praxisnähe, um Innovationen im Rahmen konkreter Projektideen zu ermöglichen. Das IfaS stellt sich mit seinen Projekten der Aufgabe, regionalen Mehrwert durch innovatives Management der lokalen Stoffströme zu schaffen. Interdisziplinäre Lösungsansätze unter Einklang von Ökologie und Ökonomie gehören daher neben Dynamik, Flexibilität und interkultureller Kompetenz zur Philosophie des Institutes.

Das IfaS hat sich zum Ziel gesetzt, die nachhaltige Optimierung von regionalen und betrieblichen Stoffströmen in konkreten, praxisnahen Projekten zu fördern. Ein intelligenter, ressourceneffizienter Umgang mit Stoffen und Stoffströmen bildet das Rückgrat einer nachhaltigen

Gesellschaft. Die sorgfältige Analyse der Ist-Situation, der Aufbau von Netzwerken mit Lösungskompetenz, das sorgfältige Design von Technik sowie nachhaltige Finanzierungskonzepte stellen die wichtigsten Arbeitsinhalte von IfaS dar.

Thematische Arbeitsschwerpunkte von IfaS sind die regionale Nutzung von Stoffströmen, z. B. Biomasse, Unternehmenskompetenznetzwerke, Stoffstrommanagement in der Abfallwirtschaft, Null-Emissions-Beratungen sowie regionale Wertschöpfungsstudien.

### 1.1.3 Das Kooperationsnetzwerk biomastec

Das Forschungs- und Innovationsnetzwerk biomastec – Neue Technologien und Produkten aus der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Biomasse, insbesondere Abfallbioressourcen - ist als Teil der EurA Consult AG im Jahre 2011 gegründet worden. Die Kernkompetenzen liegen dabei im Bereich Netzwerk- und Innovationsmanagement

biomastec forciert den Leitgedanken der Bioökonomie. Ziel des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Netzwerkes ist die marktorientierte Erforschung und Entwicklung von innovativen Verfahren, Produkten und technischen Dienstleistungen für die Nutzung von Abfallbioressourcen. Das zentrale Anliegen von biomastec ist dabei die Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette der Biomasseverwertung.

In biomastec haben sich vorwiegend kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Forschungsorganisationen und Hochschulen überregional zusammengefunden. Das Netzwerk konzentriert sich dabei auf:

- a. die energetische Verwertung der Biomasse mittels anaerober Fermentation und dadurch die Erzeugung von Methan und Wasserstoff;
- b. die stoffliche Verwertung der Biomasse-Reststoffe, um z. B. chemische Ausgangsstoffe, Werkstoffe und Spezialchemikalien zu gewinnen.

Das Netzwerk fungiert als Anbieter und Lieferant von innovativen und effizienten Lösungen für die optimale Nutzung von Biomasse in Europa und darüber hinaus.

## 1.2 Kurzbeschreibung des Projektgebietes

Das Projektgebiet umfasst die Region Ostwürttemberg mit den beiden Landkreisen Ostalbkreis und dem Landkreis Heidenheim. Die Region liegt innerhalb des Städtedreiecks zwischen Stuttgart, Ulm und Nürnberg und umfasst insgesamt 53 Städte und Gemeinden auf einer Fläche von rund 2.139 km<sup>2</sup>.

Abbildung 1-2 zeigt die Bevölkerungsstruktur der Projektregion. Es ist deutlich, dass der Großteil der Bevölkerung (56,5 %) älter ist als 40 Jahre und im langjährigen Trend ein Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen ist (Vgl. Abbildung 1-5 und Abbildung 1-7).

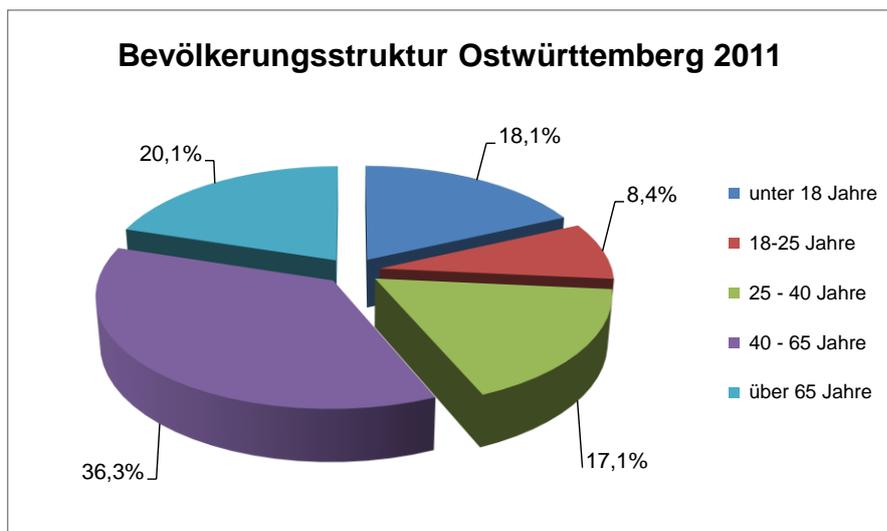


Abbildung 1-2: Bevölkerungsstruktur Ostwürttemberg 2011<sup>2</sup>

Abbildung 1-3 zeigt die Flächennutzung im Untersuchungsraum. Dabei entfallen 46 % auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, rund 40 % auf Wald und etwa 12 % auf Siedungs- und Verkehrsflächen.

<sup>2</sup> Baden-Württemberg, Statistik für Kreise 2011.

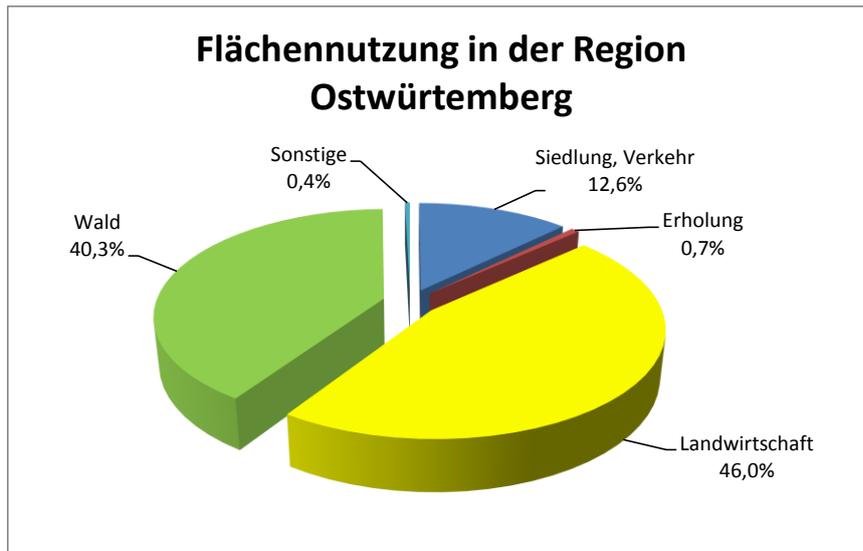


Abbildung 1-3: Flächennutzung in der Region Ostwürttemberg<sup>3</sup>

### 1.2.1 Der Ostalbkreis

Der Ostalbkreis ist an der Fläche gemessen der drittgrößte Landkreis in Baden-Württemberg mit einer Fläche von rund 1.500 km<sup>2</sup>. Er umfasst die Ballungsgebiete Aalen (66.100 Einwohner), Schwäbisch Gmünd (59.600 Einwohner) und Ellwangen (24.500 Einwohner), aber auch eher ländlich geprägte Gemeinden wie Täferrot (1.030 Einwohner) und Tannhausen (1.850 Einwohner). Das Straßennetz im Ostalbkreis umfasst 1.110 km, darunter die Bundesstraßen B29 und B19 sowie die Bundesautobahn A7.

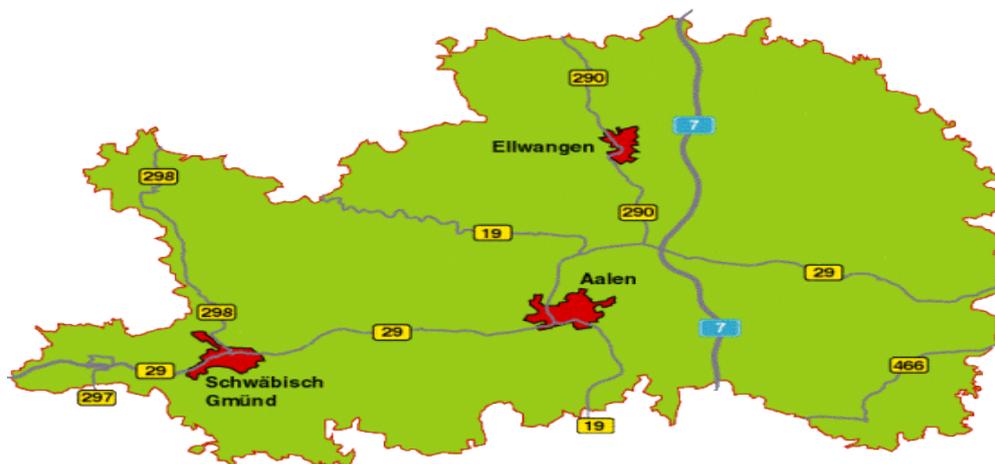


Abbildung 1-4: Der Ostalbkreis

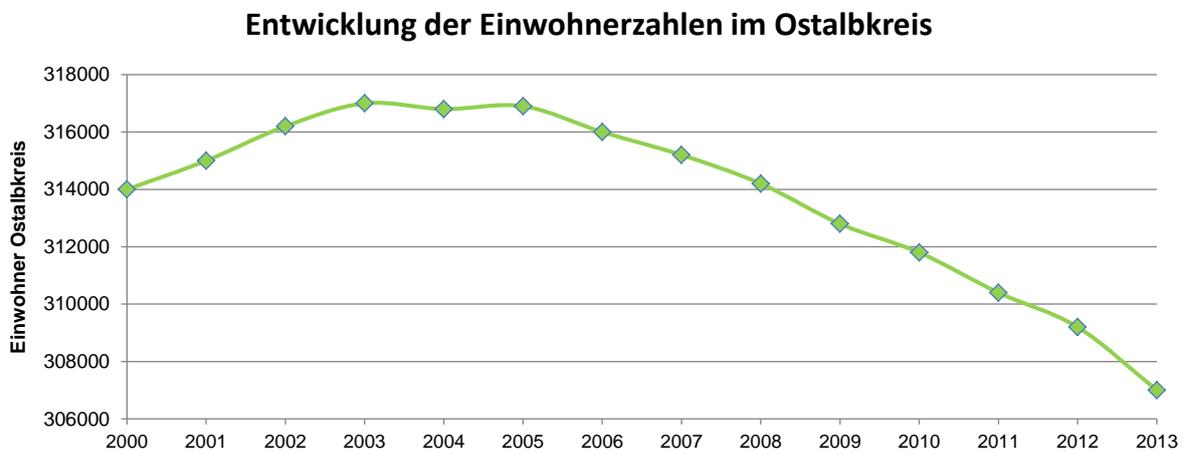
Die Bevölkerungsdichte beträgt 206 Einwohner je km<sup>2</sup>. Mit Stand zum 30.09.2013 hatte der OAK 306.974 Einwohner. Die Einwohnerzahlen stiegen bis zum Jahre 2003 auf rund 317.000 an, stagnierten dann bis 2005 und fielen bis 2013 auf rund 307.000 Einwohner.<sup>4</sup> Der prognostizierte Bevölkerungsrückgang für den Zeitraum von 2008 bis 2030 liegt bei 5%.<sup>5</sup> Die

<sup>3</sup> Baden-Württemberg, Regionaldaten 2012.

<sup>4</sup> Ostalbkreis 2013.

<sup>5</sup> Baden-Württemberg, Regionaldaten, 2012.

folgende Abbildung 1-5 bildet die Entwicklung der Einwohnerzahlen im Landkreis ab. Die sinkende Einwohnerdichte bedingt rückläufige Abfallmengen. Diese Entwicklung stellt die nachhaltige Organisation der Abfallentsorgung für die Zukunft, gerade im Kontext der Umsetzung innovativer Projektideen, vor besondere Herausforderungen.



**Abbildung 1-5: Entwicklung der Einwohnerzahlen im Ostalbkreis**

## 1.2.2 Der Landkreis Heidenheim

Der Landkreis Heidenheim ist mit einer Gesamtfläche von 627 km<sup>2</sup> einer der der kleinsten Landkreise in Baden-Württemberg. Als Ballungsgebiete sind die Städte Heidenheim an der Brenz (46.000 Einwohner) und Giengen an der Brenz (19.000 Einwohner) zu nennen. Im Landkreis liegen 330 km an Bundes-, Landes-, und Kreisstraßen.



Abbildung 1-6: Der Landkreis Heidenheim<sup>6</sup>

Die Einwohnerzahlen gingen von rund 137.000 Einwohnern im Jahr 2001 auf rund 127.000 Einwohner im Jahr 2013 zurück. Die Bevölkerungsdichte beträgt 203 Einwohner je km<sup>2</sup>. Mit Stand zum 30.09.2013 zählte der Landkreis Heidenheim 127.608 Einwohner.<sup>7</sup> Die prognostizierte Veränderung der Bevölkerungszahl liegt für den Zeitraum von 2008 bis 2030 bei einem Rückgang von 8,8 %.<sup>8</sup> Auch im Landkreis Heidenheim ist die Situation im Abfallmarkt seit über 10 Jahren von rückläufigen Kundenzahlen geprägt.

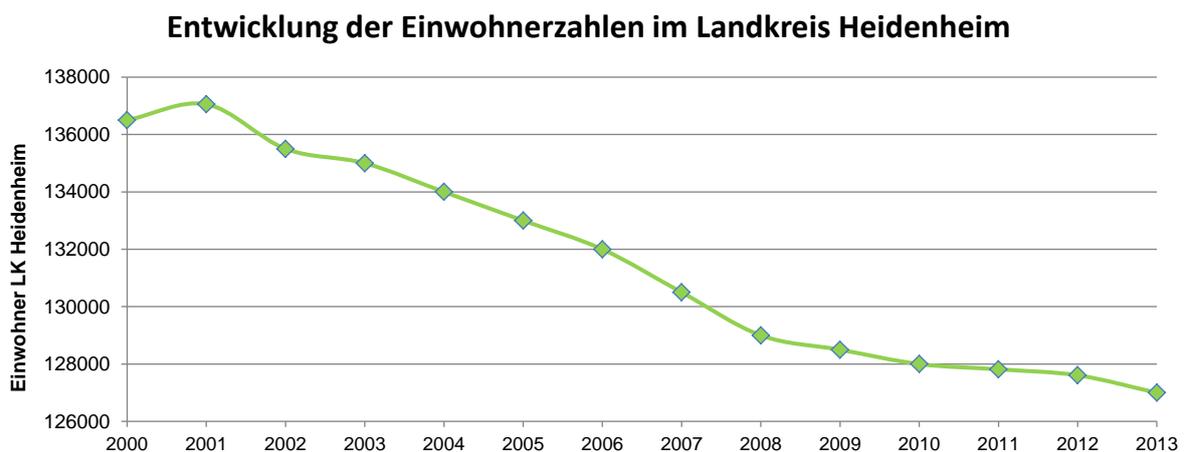


Abbildung 1-7: Entwicklung der Einwohnerzahlen im Landkreis Heidenheim<sup>9</sup>

<sup>6</sup> Landratsamt Heidenheim, 2014.

<sup>7</sup> Landratsamt Heidenheim, 2013.

<sup>8</sup> Baden-Württemberg, Regionaldaten, 2012.

<sup>9</sup> Baden-Württemberg, Statistik für Kreise, 2011.

## 2 Methodologie der Datenerhebung

Die Bearbeitung des Projektes wurde modularartig gegliedert. Dabei befasste sich die GOA mit den Aufgaben des übergeordneten Projektmanagements. Hier wurden Projekttreffen organisiert, statistische Daten abgefragt und zur weiteren Aufbereitung an das IfaS kommuniziert. Die gewonnenen Daten wurden in Abstimmung der Projektpartner ausgewählt, um die anschließende technische Potenzialanalyse auf qualitativ und quantitativ relevante Stoffe zu fokussieren. Dabei wurden technische, ökologische und rechtliche Restriktionen berücksichtigt.

Die Datenerhebungen der vorliegenden Studie orientierten sich an dem statistischen Datenbestand der Landkreise. Zunächst wurden die wesentlichen Kerndaten der Landwirtschafts- und Abfallstatistik abgefragt und diese im weiteren Projektverlauf im Rahmen von Expertengesprächen fermündlich verifiziert und um Detailaussagen erweitert. Direkt abgefragt wurden die Flächengrößen, die Mengen von Landschaftspflegeholz, Waldrest- und Industrieholz. Der Datenbestand bildet die im Jahr 2012 anfallenden Stoffmengen ab. Einen wesentlichen Beitrag zur Datengrundlage lieferten die internen Datenbestände der GOA mit den auf Wertstoffhöfen erfassten Stoffmengen wie Papier und Altholz sowie in der Erfassungsstruktur ausgewiesenen deponiefähigen biogenen Siedlungsabfällen. Darüber hinaus wurden Literaturkennzahlen und die Ergebnisse fachverwandter Studien miteinbezogen, um nicht statistisch erfasste Potenzialmengen abschätzen zu können. Dies betrifft v. a. Straßen, Schienen und Gewässerbegleitgrün der holz- und halmgutartigen Fraktion sowie Rapsstroh und Biomasse aus Grünland. Diese Potenziale wurden in Anlehnung an die standardisierte Methodik zur Erhebung des Biomasseaufkommens nach Kaltschmitt berechnet<sup>10</sup>. Hier wird eine konservative Betrachtungsweise zu Grunde gelegt. Für diese flächige Mengenerfassung wurden jeweils die untersten flächenbezogenen Literaturkennwerte hinterlegt. Die konkret verwendeten Kennzahlen sind in den spezifischen Unterkapiteln aufgeführt.

Aufbauend auf der statistischen Analyse wurden die dargestellten Potenziale durch Experten- und Werkstattgespräche gemeinsam mit den regionalen Akteuren konkretisiert und abschließend in Ergebnistabellen dargestellt. Parallel wurden durch das Netzwerk biomastec der EurA Consult AG tragfähige Nutzungspfade für die im Rahmen der Potenzialanalyse betrachteten Lignocellulose-Biomassen identifiziert. Dies geschah anhand einer konkreten Auflistung von Unternehmen, die im Projektgebiet oder im näheren Umfeld ansässig sind und als potentielle Abnehmer von Lignocellulosefraktionen in Frage kämen. Während der gesamten Projektlaufzeit standen die Projektpartner in intensivem Austausch. Die Potenzialergebnisse wurden im Rahmen einer Zwischenpräsentation im Firmensitz der GOA vorgestellt und diskutiert. Abschließend wurden Handlungsempfehlungen sowohl für

---

<sup>10</sup> Kaltschmitt, 2011

eine regionale Optimierung der Stoffströme als auch gezielte Ansätze für eine optimierte Kaskadennutzung von Lignocellulose-Rohstoffen aufgezeigt und alle Projektergebnisse im vorliegenden Bericht zusammengeführt.

### **3 Ergebnisse der Potenzialanalyse für Lignocellulose-Roh- und Reststoffe**

Die ermittelten Biomassepotenziale für die Region Ostwürttemberg untergliedern sich in folgende Kategorien:

- Halmgutartige Lignocellulose-Potenziale,
- Holzartige Lignocellulose-Potenziale,
- Weitere Lignocellulose-Potenziale.

Die Potenziale werden nach Art und Herkunftsbereich identifiziert.

#### **3.1 Lignocellulose aus halmgutartiger Biomasse**

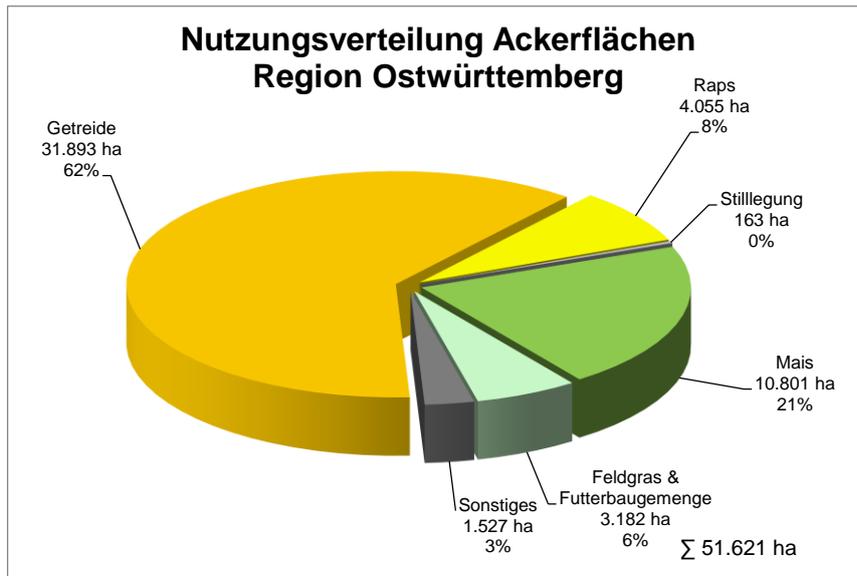
Zunächst wurden die in Abstimmung der Projektpartner die relevanten Lignocellulose Quellen aus der Landwirtschaft festgelegt. In Bezug auf die aktuelle Anbausituation wurde Rapsstroh als einziger erschließungsfähiger landwirtschaftlicher Lignocellulose-Rohstoff identifiziert. Vor-Ort-Nachfragen ergaben, dass sämtliche Getreidereststoffe bereits einer Nutzung zugeordnet sind.<sup>11</sup>

Abbildung 3-1 stellt die Verteilung der Agrarflächennutzung in den Landkreisen Ostalbkreis und Heidenheim dar. Die landwirtschaftliche Anbaufläche im Projektgebiet beträgt rund 51.600 ha. Dabei liegen rund 16.900 ha im LK Heidenheim und 34.700 ha im Ostalbkreis.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Landratsamt Ostalbkreis, 2013.

<sup>12</sup> Baden-Württemberg, Regionaldaten, 2012.



**Abbildung 3-1: Nutzungsverteilung Agrarflächen Region Ostwürttemberg**

Insgesamt wird deutlich, dass auf rund 60 % der Fläche Getreide angebaut wird, etwa weitere 20 % sind mit dem Anbau von Mais belegt. Die verbleibenden Flächenanteile werden für den Anbau von Raps und Zwischenfrüchten genutzt.

### 3.1.1 Rapsstroh

Für die aktuellen Anbauflächen von rund 4.050 ha und bei einem angenommenen Hektarertrag von 3,5 t/ha ergibt sich aufgrund des angenommenen mittleren Korn zu Stroh Verhältnisses von 1:1,7 ein Ertrag von rund 24.000 t/a an Rapsstroh.

Zur Kalkulation des verfügbaren Potenzials wurde angenommen, dass 10 % des Materials kurz- bis mittelfristig verfügbar sind. Die gewählte Größe wird einerseits dem vorhandenen Interesse zur energetischen Verwertung und andererseits den preislichen Restriktionen wie auch den landbaulichen Anforderungen zum Erhalt des Bodenumusgehalts gerecht. 88 % des anfallenden Strohs können demnach zur Verbesserung der Humusbildung auf dem Feld verbleiben oder als Einstreu bzw. Raufutter verwendet werden. Weitere 2 % werden als nicht akquirierbar eingestuft.

Durch den kurz- bis mittelfristig verfügbaren Strohanteil von 10 % ergibt sich für die Region Ostwürttemberg ein Rapsstrohpotenzial von rund 2.400 t/a.

### 3.1.2 Grünland

In der Region Ostwürttemberg werden aktuell 38.800 ha Grünland bewirtschaftet. Der Anteil der Magerwiesen beträgt hier ca. 10 %. Es wird davon ausgegangen, dass der Großteil des verbleibenden Grünlands aus Weiden, Wirtschaftsgrünland oder Fettwiesen besteht.

Bei Berücksichtigung des Grünmassebedarfs des Tierbestandes im Landkreis ergibt sich anhand der Tierbesatzzahlen ein freies Flächenpotenzial von rund 3.000 – 4.000 ha an Grünland, welches für eine energetische Verwertung zur Verfügung stünde. Je nach Intensität der Bewirtschaftung ergibt sich hier ein Mengenpotenzial an Grassilage im Bereich von 4.000 bis zu maximal 20.000 t/a. Die ermittelten Potenziale konzentrieren sich auf den Ostalbkreis, da die hohen Viehbesatzzahlen im LK Heidenheim die vorhandenen Grünlandflächen bereits tendenziell ausnutzen.

### 3.1.3 Grasartiges Straßenbegleitgrün

Anhand der Straßenlängen von Kreis-, Landes-, Bundesstraßen und Autobahnen wurden die anfallenden grasartigen Grünschnittmengen auf der Grundlage von Literaturkennwerten hergeleitet.<sup>13</sup> Dabei wurden sowohl die durchschnittlich anfallenden Tonnagen nach Straßentyp als auch die Bergungsrate hinterlegt. Tabelle 3-1 zeigt die hinterlegten Straßenlängen im Untersuchungsraum.

Grasartiges Straßenbegleitgrün geht über alle Straßenarten – außer Autobahnen – mit einem Aufwuchs von 0,5 t TM je Kilometer und Jahr in die Berechnung ein. Die Bergungsrate wird mit 20 % angenommen. Damit wird ein verfügbares Potenzial von 0,10 t TM/ha\*a erreicht. Für Autobahnen wird aufgrund eines höheren Aufwuchses von 2,0 t TM/ha\*a eine verfügbare Menge an grasartigem Landschaftspflegematerial von 0,40 t TM/ha\*a hinterlegt.

## 3.2 Lignocellulose aus holzartiger Biomasse

### 3.2.1 Holzartiges Straßen-, Schienen- und Gewässerbegleitgrün

Zur Bestimmung der anfallenden Stoffmengen des Landschaftspflegematerials wurden die relevanten Basisdaten auf Grundlage der Straßenlängen von Kreis-, Landes- und Bundesstraßen sowie Autobahnen erhoben und mit Ertragswerten aus der Fachliteratur verrechnet. Es wurde holzartiges Straßen-, Schienen- sowie Gewässerbegleitgrün erfasst. Tabelle 3-1 stellt die Ergebnisse der infrastrukturellen Datenabfrage dar.

---

<sup>13</sup> Kaltschmitt, 2011.

**Tabelle 3-1: Straßen-, Schienen- und Gewässerlängen im Untersuchungsraum<sup>14</sup>**

Infrastruktur	LK Heidenheim	LK Ostalbkreis
Kreisstraßen	134,0 km	509,1 km
Landesstraßen	136,0 km	408,8 km
Bundesstraßen	60,0 km	191,0 km
Bundesautobahnen	28,0 km	40,6 km
<b>Σ</b>	<b>286 km</b>	<b>920 km</b>
<b>Schienenlänge</b>	<b>30 km</b>	<b>105 km</b>
davon potenzialrelevant	<b>24 km</b>	<b>84 km</b>
<b>Gewässerlänge</b>	<b>35 km</b>	<b>-</b>
davon potenzialrelevant	<b>28 km</b>	<b>-</b>

Für holzartiges Straßenbegleitgrün wird über alle Straßenarten von einem Aufkommen von 2,0 t TM pro Kilometer und Jahr ausgegangen. Die Bergungsrate wird mit 45 % festgelegt. Somit ergibt sich eine verfügbare Menge an Pflegematerial von 0,90 t TM/ha\*a.

Entlang der Bahnstrecken werden die Schienenrandstreifen je nach Geschwindigkeitskategorie eines Streckenabschnitts in einer Breite von ca. 4 bis 8 m gepflegt. Meist handelt es sich beidseitig um ca. 6 m. Außerdem wird ggf. der Bereich der Oberleitungen in einer Breite von 2,5 bis 8 m freigehalten. Vor allem im Bereich von Signalanlagen und Übergängen muss aus Sicherheitsgründen, v. a. der Übersichtlichkeit wegen, die Vegetation entweder sehr knapp gehalten oder fast gänzlich zurückgedrängt werden. Das spezifische Potenzial für holzartiges Schienenbegleitgrün wird je laufenden Kilometer mit 10,0 t TM/a angenommen.

Die Tabelle 3-2 stellt die Ergebnisse der Ermittlung des Landschaftspflegematerials dar.

**Tabelle 3-2: Biomassepotenziale aus der Landschaftspflege**

Biomassepotenziale aus der Landschaftspflege	Stoffgruppe	LK Heidenheim		LK Ostalbkreis	
		[km]	[t FM/a]	[km]	[t FM/a]
Straßenbegleitgrün (holzartige)	Festbrennstoffe	286	397	920	1.274
Straßenbegleitgrün (grasartig)	Biogassubstrat	286	57	920	184
Schienenbegleitgrün	Festbrennstoffe	24	369	84	1.292
Gewässerbegleitgrün	Festbrennstoffe	28	86	0	0
<b>Summe gerundet</b>		<b>625</b>	<b>909</b>	<b>1.924</b>	<b>2.750</b>

Im LK Heidenheim wurde holzartiges Landschaftspflegematerial aus der Straßen-, Schienen- und Gewässerpflege in Höhe von rund 850 t TM/ha\*a ermittelt. Für den LK Ostalbkreis ergab sich ein Potenzial an holzartigem Landschaftspflegematerial in Höhe von rund 2.550 t TM/ha\*a.

<sup>14</sup> Dobers, 2008, Kaltschmitt, 2011.

### 3.2.2 Landschaftspflegeholz

Das Potenzial an Landschaftspflegeholz aus Garten- und Parkanlagen ergab sich im Untersuchungsraum mit 38.000 t/a.<sup>15</sup> Dabei entfielen rund 8.700 t auf den LK Heidenheim und 29.300 t auf den Ostalbkreis. Die folgende Tabelle 3-3 zeigt die angenommene Korngrößenverteilung für Grünschnitt.

**Tabelle 3-3: Korngrößenverteilung Grünschnitt<sup>16</sup>**

Verteilung der Korngrößen von Grünschnitt		
Fraktion	Korngröße	Gew. %
Brennstofffraktion	> 150 mm	20
Krautige Fraktion	20 - 150 mm	30
Feinfraktion	0 - 20 mm	50

Insgesamt wurden für die Region Ostwürttemberg damit 7.600 t an der Lignocellulosehaltigen Überkornfraktion (Korngröße > 150 mm) erfasst. Tabelle 3-4 fasst die Ergebnisse der Erhebung von Landschaftspflegeholz zusammen.

**Tabelle 3-4: Reststoffe aus Garten- und Parkflächen**

Reststoffe aus Garten- und Parkflächen			
Fraktion	LK Heidenheim	LK Ostalbkreis	Gesamt
Überkorn / Brennstoff [t / a]	1.740	5.860	7.600
Krautiger Anteil [t / a]	2.610	8.790	11.400
Feinfraktion / Kompostierbarer Anteil [t / a]	4.350	14.650	19.000
<b>Summe [t / a]</b>	<b>8.700</b>	<b>29.300</b>	<b>38.000</b>

<sup>15</sup> Landratsamt Heidenheim, 2013; Landratsamt Ostalbkreis, 2013.

<sup>16</sup> Witzenhausen-Institut, 2010.

### 3.2.3 Waldrestholz

Die Auswertung der Datenabfragen im Forst ergaben ein Waldrestholzpotenzial von rund 22.000 t/a. Davon wurden 16.000 t dem Ostalbkreis und 6.000 t dem LK Heidenheim zugeordnet. Waldrestholz besteht in der Regel aus homogenem Material mit einem hohen Rindenanteil und den damit verbundenen mineralischen Anhaftungen. Auch stellt sich im Rahmen der Waldrestholzdebatte unter Anwendung der aktuellen Zopfgrenze von 7 cm die Frage, ob und wieviel von dieser Potenzialmenge im Wald zu belassen ist. Zudem ist das Potenzial über die gesamte Betrachtungsregion verteilt, wodurch der logistische Zugriff erschwert wird. Abbildung 3-2 zeigt eine schematische Übersicht der nutzbaren Waldholzbiomasse.

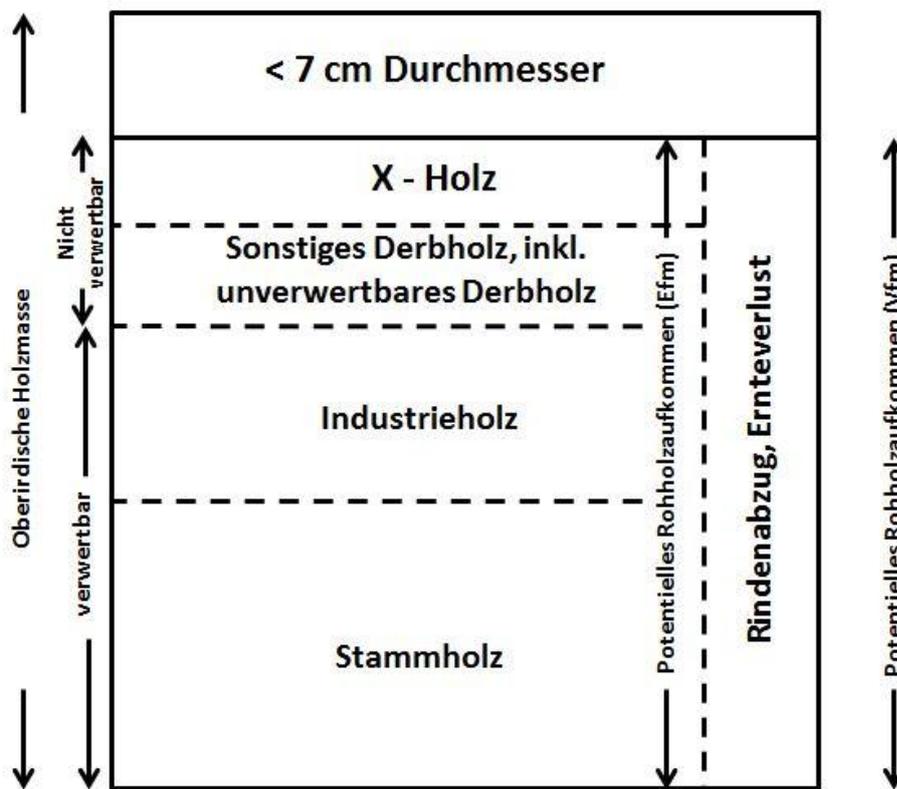


Abbildung 3-2: Verwertungsübersicht oberirdischer Waldholzbiomasse

### 3.2.4 Industrierestholz

Die statistischen Auswertungen ergaben ein Altholzpotezial von rund 9.000 t/a für die Region Ostwürttemberg. Im LK Heidenheim fielen dabei pro Jahr rund 770 t, im Ostalbkreis rund 9.150 t Altholz an.<sup>17</sup> Es wurden ausschließlich unbehandelte Hölzer der Qualitäten A1<sup>18</sup> und A2<sup>19</sup> betrachtet (z. B. Sägereststoffe oder Holzpaletten). Diese Holzsortimente werden auf den vorhandenen Wertgutplätzen gesammelt und befinden sich somit bereits im Zugriffsbereich der GOA.

## 3.3 Weitere Lignocellulose-Stoffströme

Neben den betrachteten holz- und halmgutartigen Biomassen wurden organische Siedlungsabfälle und Biogas-Gärreste in die Betrachtung einbezogen. Obwohl der Lignocellulosegehalt dieser Stoffströme als sehr inhomogen angenommen werden kann und die Aufbereitung i. d. R. nicht rentabel ist (Bioabfall), zeigen die Dimensionen der anfallenden Stoffmengen ein deutliches meist ungenutztes Potenzial.

### 3.3.1 Siedlungsabfälle

In der Kategorie Siedlungsabfälle sind lignocellulosehaltige Reststoffe in den Bereichen der Biotonne- und Biobeutelentsorgung sowie in Papier, Pappe und Kartonagen enthalten. Beide Stoffströme befinden sich im Zugriff der GOA.

#### **Biotonne, Biobeutel**

Der Datenbestand der Abfallentsorgung ergab ein Potenzial von rund 16.300 t aus biologischen Hausabfällen im Jahr 2012. Dabei entfielen rund 9.000 t auf den Ostalbkreis und 7.300 t auf den LK Heidenheim.<sup>20</sup>

Abbildung 3-3 stellt die Literaturkennwerte der Zusammensetzung der organischen Hausmüllfraktion dar.<sup>21</sup> Hierbei ist festzuhalten, dass sich die Anteile von Cellulose und Lignocellulose sehr variabel gestalten und somit weiteren Untersuchungen bedürfen. Weitere Herausforderungen liegen in der Trennung der festen von der flüssigen Phase sowie dem durchschnittlichen Störstoffanteil von 1-5%.<sup>22</sup> Im Rahmen der Untersuchung wurde deutlich, dass eine Aufwertung der vorhandenen Rohstoff-Potenziale direkt bei den eingesetzten Sammelsystemen ansetzen sollte. Dadurch können aufwendige Verfahren der Nachbehandlung be-

<sup>17</sup> GOA, Steffen Johner, 2013.

<sup>18</sup> Holzqualität A1: unbehandelt, lediglich mechanisch bearbeitet.

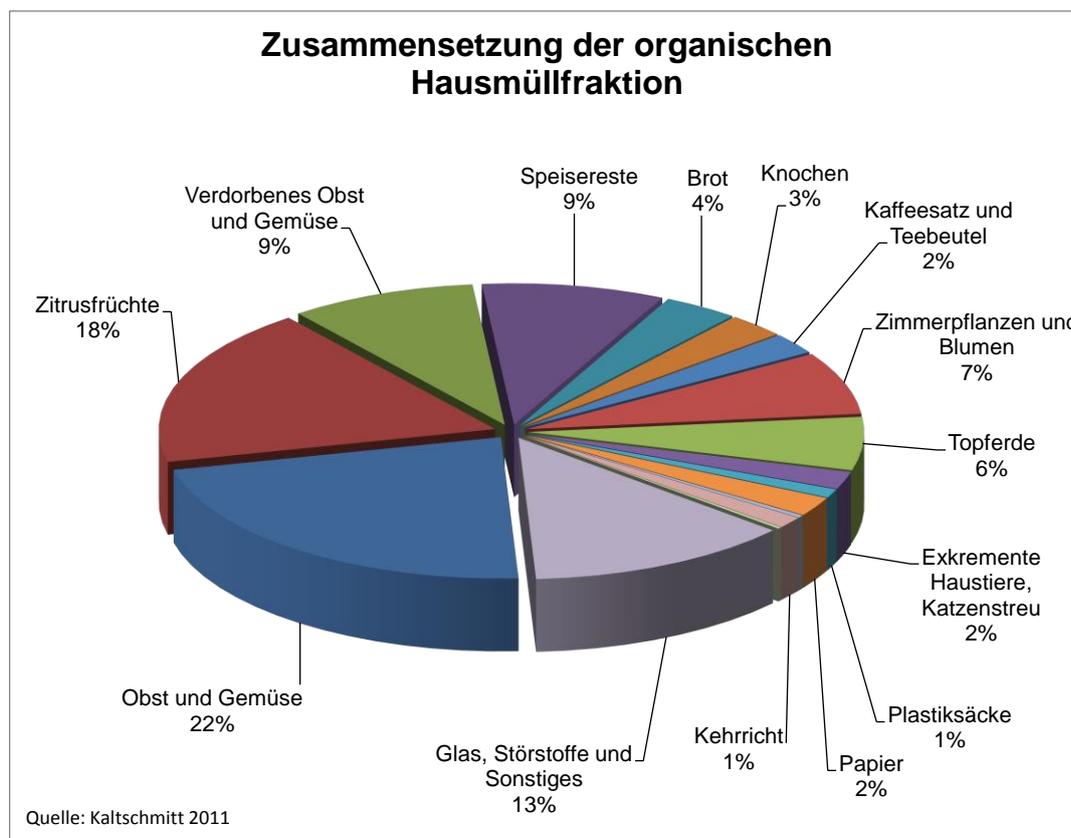
<sup>19</sup> Holzqualität A2: verleimt, gestrichen, lackiert; ohne Holzschutzmittel, ohne halogenorganische Verbindungen.

<sup>20</sup> GOA, Steffen Johner, 2013.

<sup>21</sup> Kaltschmitt, 2011.

<sup>22</sup> Kern et al., 2009.

grenzt und somit Prozesskosten minimiert werden. Abbildung 3-3 zeigt eine Übersicht der Zusammensetzung der organischen Hausabfälle.<sup>23</sup>



**Abbildung 3-3: Zusammensetzung der organischen Hausmüllfraktion<sup>24</sup>**

### Papier, Pappe, Kartonagen

Der Stoffstrom Papier, Pappe und Kartonagen beläuft sich für die Projektregion auf etwa 40.500 t/a. Diese verteilen sich mit rund 28.500 t/a auf den Ostalbkreis und rund 12.000 t/a auf den LK Heidenheim.<sup>25</sup>

### 3.3.2 Gärreste aus Biogasanlagen

Insgesamt wurden in der Betrachtungsregion 56 Biogasanlagen erfasst. Davon liegen 29 im Ostalbkreis und 27 im Landkreis Heidenheim. Abbildung 3-4 zeigt die geographische Lage der Biogas-Anlagenstandorte im Projektgebiet. Dabei wurde bei denjenigen Standorten, an denen mehr als eine Anlage besteht, die entsprechende Anzahl in Klammern hinzugefügt.

<sup>23</sup> Kaltschmitt, 2011.

<sup>24</sup> Angaben in Gewichtsprozent.

<sup>25</sup> GOA, Steffen Johner, 2013.

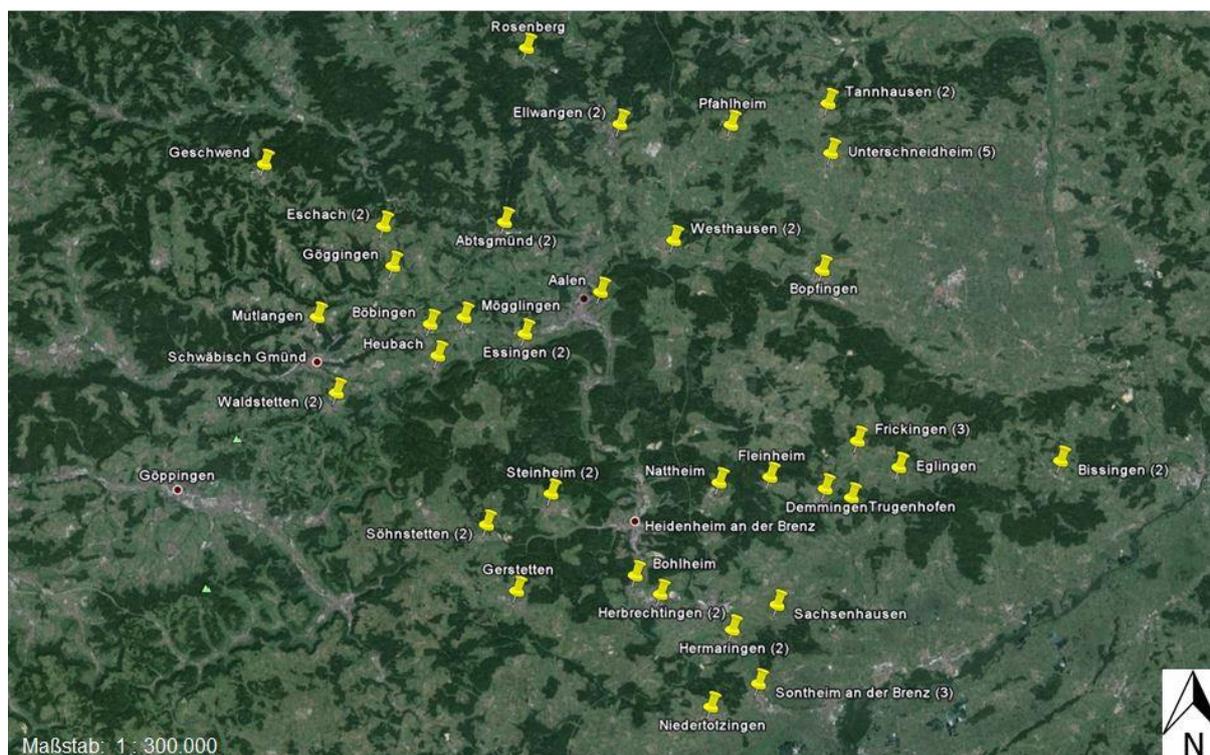


Abbildung 3-4: Übersicht Standorte Biogasanlagen Ostwürttemberg<sup>26</sup>

Die nachfolgende Tabelle 3-5 beinhaltet eine vollständige Liste der Anlagenstandorte.

Tabelle 3-5: Standorte Biogasanlagen Ostwürttemberg

Biogasanlagen			
LK Heidenheim		Ostalbkreis	
Standort	Anzahl	Standort	Anzahl
Sontheim	3	Unterschneidheim	5
Niederstotzingen	1	Tannhausen	2
Bissingen	2	Abtsgmünd	2
Hermaringen	2	Eschach	2
Sachsenhausen	1	Göggingen	1
Herbrechtingen	2	Heubach	1
Hedelfingen	2	Böbingen	1
Bohlheim	1	Mutlangen	1
Gerstetten	1	Möggingen	1
Söhnstetten	2	Pfahlheim	1
Steinheim	2	Ellwangen	2
Nattheim	1	Waldstetten	2
Fleinheim	1	Bopfingen	1
Trugenhofen	1	Aalen	1
Demmingen	1	Westhausen	2
Eglingen	1	Rosenberg	1
Frickingen	3	Gschwend	1
		Essingen	2

<sup>26</sup> Google Earth, 2013.

In Anlehnung an die Anlagengrößen wurden bei den Landratsämtern beider Landkreise die Mengen der anfallenden Gärreste abgefragt. Dabei handelt es sich um die frischen Gärreste ab Anlage. Für den LK Heidenheim ergab sich ein jährlicher Anfall von 100.000 t, für den Ostalbkreis wurde eine Jahresmenge von 107.000 t an Biogas-Gärresten kalkuliert.<sup>27</sup> Die anlagenspezifischen Gärrestmengen konnten bei den Landratsämtern nicht abgefragt werden und wurden somit im Rahmen der Untersuchung nicht berücksichtigt.

Bezüglich des Gehalts an organischer Trockenmasse von Gärresten wird davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Trockenmassengehalt bei 6 % liegt.<sup>28</sup> Diese Annahme gilt für den Einsatz der Nassfermentation in Biogasanlagen. Aus den im Untersuchungsgebiet erhobenen Gärrestmengen von 207.000 t/a ergeben sich damit rund 12.400 t Trockensubstanz pro Jahr.<sup>29</sup>

## 4 Senkenanalyse

Die vorliegende Senkenanalyse beschäftigt sich mit der Analyse von marktreifen Verwertungskonzepten sowie regional relevanter Akteure der Abnehmer- und Verwerter-Seite. Dabei soll Aufschluss über Möglichkeiten der stofflichen sowie ggf. kombinierten stofflich-energetischen Nutzung der aufgezeigten Potenziale gegeben werden.

Im Ostalbkreis sind seit Jahrzehnten zwei namhafte und weltweit tätige Unternehmen aus den Bereichen der Faserherstellung und Faserverarbeitung angesiedelt.

### **J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS) GmbH + Co. KG, D-73494 Rosenberg<sup>30</sup>**

Die Unternehmensgründung geht auf das Jahr 1878 zurück. Durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf den Gebieten Zerkleinern, Fraktionieren und Veredeln ist die einstige Getreide- und Sägemühle zu einem Begriff für zukunftsweisende Produkte geworden. 21 Werke versorgen den Weltmarkt mit Holz-, Cellulose-, Frucht- und Getreidefasern. Insgesamt werden ca. 50 Produktlinien angeboten.

Das Know-How des Unternehmens ist weltweit anerkannt. Zurzeit zählt das Unternehmen ca. 1800 Mitarbeiter. JRS hat viele langjährige Geschäftsverbindungen mit führenden Firmen aus Chemie, Nahrungsmittelindustrie, Pharmazie, Bauindustrie und zahlreichen anderen Branchen.

Die meisten JRS-Produkte sind für **cradle-to-cradle**-Konzepte geeignet. Zum einen lassen sich die Produkte aus pflanzlichen Rohstoffen in den biologischen Kreislauf zurückführen – zum anderen lassen sich weitere, vollwertige Nutzungsstufen realisieren (ein Beispiel von

<sup>27</sup> Landratsamt Heidenheim, 2013; Landratsamt Ostalbkreis, 2013.

<sup>28</sup> FNR e.V., 2013

<sup>29</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2009.

<sup>30</sup> Internet: [www.jrs.de](http://www.jrs.de), 2014.

vielen: Filterhilfsmittel aus pflanzlichen Rohstoffen, die es ermöglichen, den Filterkuchen dem Bereich der Tierfütterung nutzbringend zuzuführen). Die Zulieferkette ist seit Jahrzehnten durch eigene Tochter-Unternehmen und durch etablierte Lieferanten abgedeckt. Die Möglichkeiten einer Zulieferung entscheiden sich rein über den Preis. Materialqualität und Verfügbarkeit werden vorausgesetzt.

### **JELU-WERK Josef Ehrler GmbH & Co. KG, D-73494 Rosenberg<sup>31</sup>**

JELU verarbeitet nachwachsende Rohstoffe zu vielseitigen Naturfasern wie Cellulose, Nahrungsfasern, Rohfaserkonzentrate und Wood-Plastic-Composites (WPC). Es ist ein mittelständisches Unternehmen (60 Mitarbeiter), das bereits in dritter Generation von der Familie Ehrler geführt wird. Es werden natürlich nachwachsende Rohstoffe mit innovativen Verfahren zu funktionellen und vielseitigen Naturfasern verarbeitet. In zahlreichen Anwendungen verbessern rein organischen Fasern die Eigenschaften und den Herstellungsprozess moderner Produkte. JELU liefert weltweit an Unternehmen der Lebensmittelindustrie, der technischen Industrie und der Tierzucht. Die JELU-Wertschöpfungskette wird ebenfalls seit Jahrzehnten mit bewährten Partner-Unternehmen abgebildet. Die Möglichkeiten einer Zulieferung entscheiden sich rein über den Preis. Materialqualität und Verfügbarkeit werden vorausgesetzt.

*Wood-Plastic-Composites (WPC)* entwickeln sich seit Anfang der 1990er Jahre rasant. Heute gehört WPC zu den erfolgreichsten neuen Biowerkstoffen. Der Markt für WPC-Produkte verzeichnet international hohe Zuwachsraten: Weltweit größter WPC-Produzent ist die USA. Das Gesamtvolumen für WPC auf dem nordamerikanischen Markt wurde 2005 auf 700.000 t geschätzt. Für 2010 wurde die Produktionsmenge bereits mit 1,5 Millionen t angegeben. Im Jahr 2007 wurde die Produktionsmenge in Europa auf rund 100.000 t geschätzt. Laut Nova-Institut ist der europäische Markt seitdem um durchschnittlich 35 % pro Jahr gewachsen. So wurden 2010 europaweit bereits 220.000 t WPC produziert und abgesetzt. In Deutschland wurde 2007 die Produktionsmenge auf etwa 30.000 t geschätzt. Im Jahr 2010 waren es bereits 100.000 t. Rund 76 % und damit 167.000 t der europäischen WPC-Produktion entfielen auf die Bereiche Terrassen- und Bodenbeläge, Zäune und Fassaden. Das Nova-Institut schätzt den Marktanteil von WPC-Terrassendielen in Deutschland bereits auf 15 %. Zweitwichtigster Absatzmarkt für WPC ist die europäische Automobilindustrie, an die rund 50.000 t WPC geliefert wurden. Experten gehen davon aus, dass der Markt auch weiterhin wachsen wird. Die Produktionsmenge von WPC in Europa wird für 2015 auf rund 360.000 t geschätzt.

---

<sup>31</sup> Internet: [www.jelu-werk.com](http://www.jelu-werk.com).

## Landkreis Heilbronn

### TECNARO GmbH, D 74360 Ilsfeld-Auenstein<sup>32</sup>

Im Juli 1998 wurde die Tecnaro GmbH als Spin-Off aus dem Fraunhofer-Institut Chemische Technologie (ICT) Pfinztal ausgegründet und zählt heute 15 Mitarbeiter. Die TECNARO GmbH entwickelt, produziert und vertreibt den nachhaltigen, thermoplastischen Werkstoff ARBOFORM® in einer Jahresmenge von 5.000 t. ARBOFORM® besteht zu 100 % aus nachwachsenden Rohstoffen und ist aufgrund seiner Herkunft und Zusammensetzung vorwiegend in Anwendungen für spritzgegossene Formteile aus Holz zu sehen. Die Holzverarbeitende Industrie ist in der Lage, ein Produkt in designorientierten Geometrien anzubieten, welches bisher nur mit einem Kunststoff ökonomisch zu realisieren war. Im Umkehrschluss ist die kunststoffverarbeitende Industrie in der Lage, den warmen Werkstoff Holz wie einen herkömmlichen thermoplastischen Kunststoff zu verarbeiten. Die Matrix des Werkstoffs besteht aus Lignin, welches als Koppelprodukt im Zellstoffaufschlussprozess gewonnen wird und deshalb wie der Zellstoff für die Papierherstellung selbst ein Höchstmaß an Qualitätskonstanz besitzt. Die Entsorgung von ARBOFORM®-Produkten geschieht analog gewachsenem Holz durch Verrotten oder Verbrennen. Dabei wird nur so viel klimaschädliches CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie die Pflanzen zuvor aus der Atmosphäre gebunden haben. TECNARO ist nach wie vor auf der Suche nach Rohstoff-Lieferanten.

### Ausblick Bioraffinerie

Bioraffinerie wird definiert als die Verwertung von Biomasse zur Gewinnung von marktfähigen Produkten.

Feste Biomasse aus Lignocellulose besteht aus drei Hauptkomponenten. Diese sind Zellulose, Hemizellulose und Lignin, wie es Abbildung 4-1 zu entnehmen ist. Mit Hilfe von chemischen und biotechnologischen Verfahren können Basischemikalien und Werkstoffen aus diesen Makromolekülen gewonnen werden. In dieser Hinsicht können viele erdölbasierte Produkte mit begrenzten Ressourcen durch wertsteigernde Plattformchemikalien, Zwischenprodukten und Veredelungsprodukten ersetzt werden, die aus Biomasse-Ressourcen hergestellt werden. Somit stellen derartige bio-basierte Produkte eine entscheidende neue Marktchance dar und die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen wird verringert.

---

<sup>32</sup> Internet: [www.tecnaro.de](http://www.tecnaro.de).

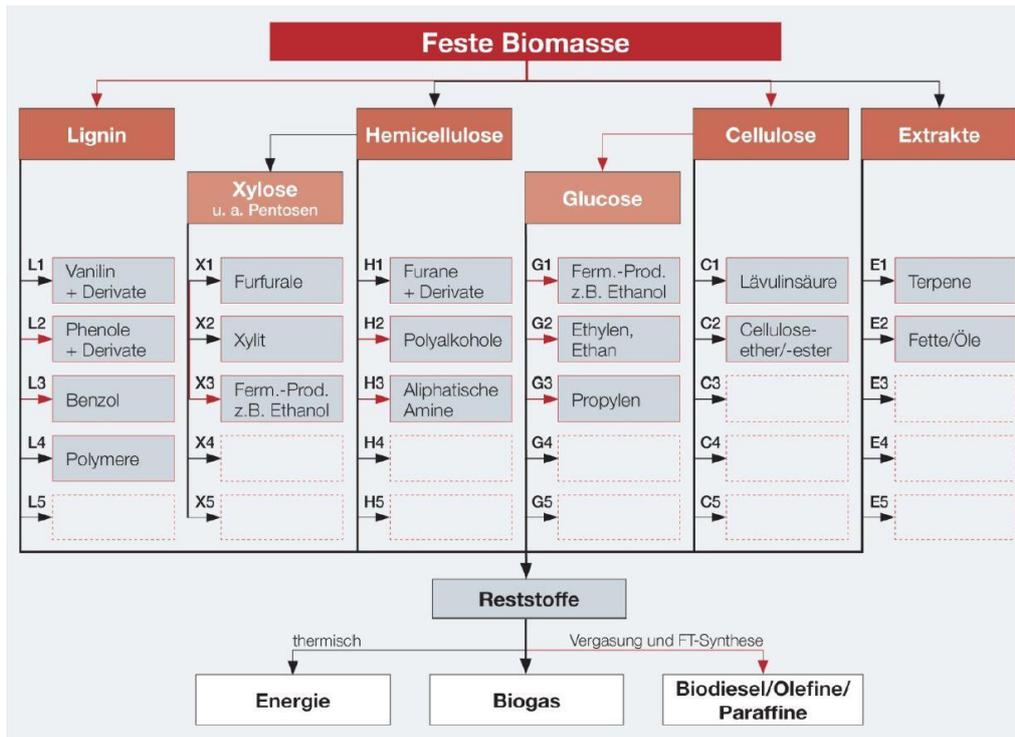


Abbildung 4-1: Aufarbeitungsschema einer Lignocellulose-Bioraffinerie<sup>33</sup>

Aus Abbildung 4-1 ist zu ersehen, dass aus Zellulose Ethanol, Ethylen und Propylen gewonnen werden können. Die Gewinnung von zweiter Generation Ethanol als Kraftstoff aus Abfallreststoffen ist zu bevorzugen. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass eine **Tank-plus-Teller** Nutzung angestrebt wird. Es stünde dann keine Landnutzungskonkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Kraftstoffproduktion.

**In der Region Ostwürttemberg gibt es derzeit keine Bioraffinerie-Anlagen.** Deshalb geben wir einen Überblick über andere Standorte.

**Clariant International AG, Rothausstrasse 61, CH-4132 Muttenz 1, Clariant Produkte (Deutschland) GmbH Biotech & Renewables Center D-94315 Straubing<sup>34</sup>**

Eines der Hauptprojekte zielt darauf ab, nachwachsende Rohstoffe wie Getreidestroh oder andere Agrarreststoffe in Zellulose-Ethanol umzuwandeln. Im Vergleich zu Bioethanol der ersten Generation entstehen bei der Herstellung von Zellulose-Ethanol deutlich weniger Treibhausgase. Außerdem steht es nicht in Konkurrenz zu Nahrungs- oder Futtermitteln, da nur Reststoffe verwendet werden. Das sunliquid® Verfahren wird bereits zu Testzwecken für potenzielle Kunden im Produktionsmaßstab angewendet. Am Standort des Biotech & Renewables Center in Straubing läuft seit Mitte 2012 Deutschlands größte Demonstrationsanlage für Cellulose-Ethanol. Mit dem Erkenntnisgewinn aus dieser Demonstrationsanlage und bei

<sup>33</sup> Quelle: DECHEMA, Frankfurt

<sup>34</sup> Internet: <http://www.clariant.de/>.

einem wirtschaftlichen Betrieb könnten weitere Standorte aufgebaut werden. Dabei steht die Logistik (kurze Transportwege) im Mittelpunkt.

### **Global Bioenergies S.A., 5, rue Henri Desbruères - 91000 Evry (France)<sup>35</sup>**

Ethylen, Propylen und Isobutylene u. a. zählen zu den Polyolefinen (Alkenen). Durch Polymerisationsreaktionen können Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) hergestellt werden. Viele Kunststoffe, die in täglichen Anwendungen eingesetzt werden, bestehen aus PE und PP. Anhand von biotechnologischen Verfahren gewinnt die Firma Global Bioenergies S.A. mit Sitz in Frankreich und eine Niederlassung in München Isobutylene zur Herstellung von Biokunststoffen und Biokraftstoffen. Das Unternehmen ist 1999 gegründet worden und befindet sich in einer starken Wachstumsphase. Global Bioenergies ist eine der wenigen Firmen weltweit und die einzige in Europa, die einen Prozess zur Umwandlung von Bio-Rohstoffen in Kohlenwasserstoffe mit Hilfe der Fermentation entwickelt hat. Die Firma legte zunächst den Focus auf die Produktion von Isobutylene, ein wichtiger Baustein zur Entwicklung von Bio-Kraftstoffen, Kunststoffen, organischen Gläsern und Elastomeren. Alle Aktivitäten befinden sich in einem Test- und Erprobungsstadium.

### **Biokohle**

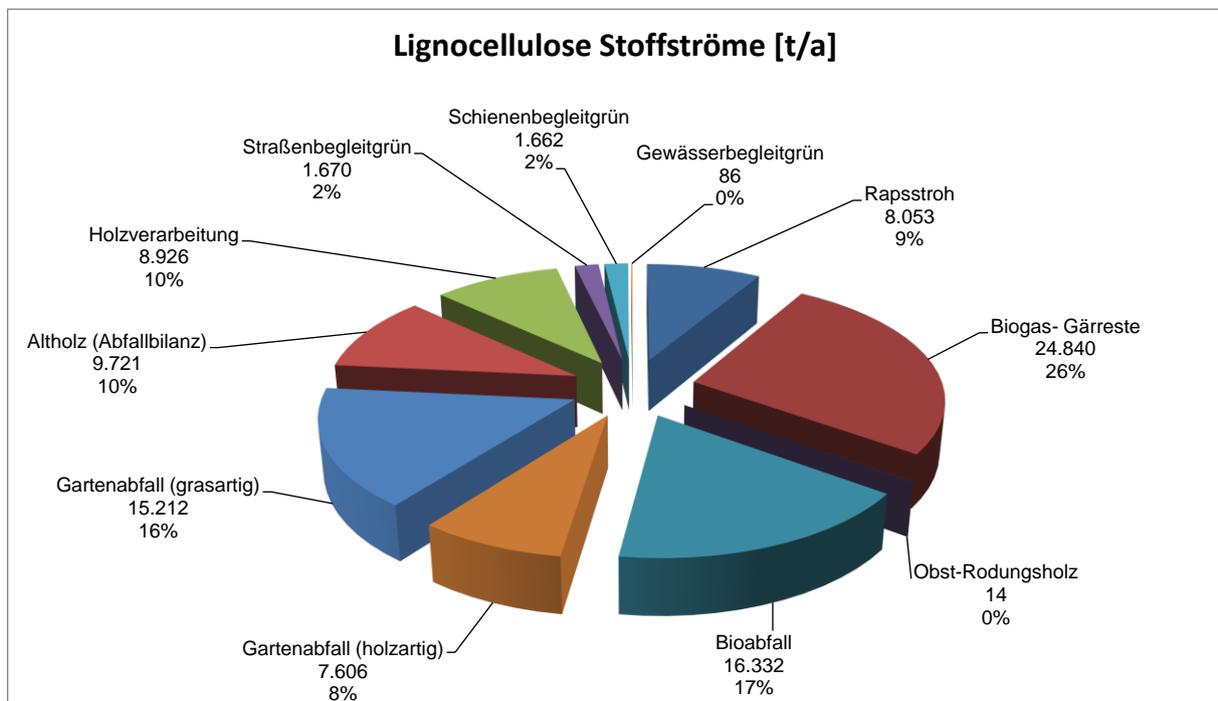
Laut Abbildung 4-1 können die anfallenden Reststoffe aus der stofflichen Verwertung der Ausgangsreststoffe für die thermochemische oder biochemische (Biogas) Energiegewinnung verwendet werden. Es gibt genügend Biogasanlagebetreiber in Region Ostwürttemberg, die bereit sind, diese Reststoffe in ihren Anlagen zu vergären. Was die thermochemische Energiegewinnung anbelangt, kann die Herstellung von Biokohle u. a. aus Gärresten angestrebt werden. Biokohle kann sowohl für viele technische Anwendungen wie als Filtermaterial für Abwasserreinigung oder als Elektrodenmaterial als auch als Bodenverbesserer und als Sequester des Treibhausgases Kohlendioxid verwendet werden. **Carbon Terra GmbH**, Augsburg; **Pyreg GmbH**, Dörth; und **FFK Environment GmbH**, Peitz sind Vorreiter bei der Herstellung von Biokohle.

---

<sup>35</sup> Internet: <http://www.global-bioenergies.com/>.

## 5 Diskussion und Schlussfolgerung

Abbildung 5-1 und Tabelle 5-1 stellen die Zusammenfassung der Potenzialbetrachtung dar. Die Zusammenführung der Ergebnisse zeigt, dass das größte mengenbezogene Potenzial mit rund 24.000 t TS (22 %) im Bereich der Biogas Gärreste liegt. Bioabfall kommt auf eine Gesamtmenge von rund 16.300 t/a (17 %) während der grasartige Gartenabfall ca. 15.200 t/a (16 %) ausmacht. Altholz fällt in einer Menge von etwa 9.700 t/a an und stellt damit 10 % der Lignocellulose-haltigen Stoffströme. Weitere 10 % entfallen auf die Abfälle aus der Holzbearbeitung mit rund 8.900 t/a. Das Mengenpotenzial für Rapsstroh beträgt etwa 8.000 t/a (9 %). Es wurden rund 7.600 t/a an holzartigen Gartenabfällen erfasst (8 %) und die Mengenströme an Straßen- und Schienenbegleitgrün liegen jeweils bei rund 1.650 t/a (2 %). Gewässerbegleitgrün und Obst-Rodungsholz erreichen in der Region keine signifikanten Mengen.



**Abbildung 5-1: Zusammenfassung der Stoffströme**

Die Kategorien Altholz und Siedlungsabfälle werden bereits durch die GOA gesammelt und verarbeitet. Die industriellen Restmengen der Nahrungs- und Futtermittelindustrie sowie die Reststoffe der Papierindustrie wurden nicht berücksichtigt, da diese bereits einer privatwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden.

**Tabelle 5-1: Lignocellulose Stoffströme**

Lignocellulose Stoffströme				
Kategorie	Biomassen	Menge OAK 2012 [t/a]	Mengen HDH 2012 [t/a]	Gesamt [t/a]
Lignocellulose aus Halmgut	Rapsstroh	5.600	2.400	8.000
	Grünland	4.000	-	4.000
	Straßenbegleitschnitt (grasartig)	46	184	230
Lignocellulose aus Holz	Straßenbegleitschnitt (holzartig)	317	1.019	1.336
	Schienenbegleitgrün	369	1.292	1.661
	Gewässerbegleitgrün	86	0	86
	Landschaftspflegeholz	29.362	8.669	38.031
	Holzabfälle aus der Holzbe- und verarbeitung	8.151	775	8.926
	Waldrestholz	16.250	6.155	22.405
Sonstige Lignocellulose-Potenziale	Biotonne, Biobeutel	9.037	7.295	16.332
	Papier, Pappe, Kartonagen	28.572	11.928	40.500
	Gärreste Biogas	100.000	107.000	207.000
	Lignocellulosehaltige Reststoffe aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie	-	-	-
	Reststoffe aus der Papierindustrie	-	-	-

Mit den Ergebnissen dieser Studie soll eine Bottom-up-Strategie verfolgt werden, in dem die vorhandenen Stoffarten und deren Menge genutzt werden können, um eine höhere Wertschöpfung aus Abfallbiomasse zu generieren. Dieser Denkansatz ist noch im Anfangsstadium, bietet aber ein hohes Wirtschaftspotenzial. Dafür muss das Sammel- und Erfassungssystem der Stoffströme verbessert werden.

Des Weiteren ist angestrebt, die Ergebnisse aus dieser Studie auf andere Regionen und Kreise zu übertragen. Ziel ist es, den Leitgedanken der Bioökonomie zu forcieren und eine bio-basierte Wirtschaft zu stärken. Dabei bietet die stoffliche Nutzung von Biomasse besondere Chancen zur Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen und zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung im ländlichen Raum. Während schon bei der direkten energetischen Verwertung fossile Energieträger ersetzt werden, ist eine Kaskadennutzung, also die Kombination einer vorangehenden stofflichen mit einer nachgeschalteten energetischen Nutzung deutlich effizienter und sollte daher vorrangig betrieben werden.

Das Konzept der Bioraffinerie greift diesen Gedanken auf und setzt sich eine differenzierte Nutzung möglichst vieler wertgebender Inhaltsstoffe der Biomasse zum Ziel. Die Herausforderung bei diesem Ansatz liegt in der Identifizierung geeigneter Biomassen und wirtschaftlich tragfähiger Nutzungspfade. Im Laufe dieser Untersuchung wurde deutlich, dass die in großer Menge anfallenden Stoffströme an Biogas-Gärresten, Rapsstroh und Bioabfall sowohl die besten wirtschaftlichen Chancen als auch die größten technischen Herausforderungen für eine Aktivierung ungenutzter Lignocellulose Potenziale bieten.

In Hinsicht auf die dargestellten Unternehmen, die mit Lignocellulose arbeiten, fallen zum einen die Transportkosten ins Gewicht, zum anderen sind die nachgefragten Qualitäten von Lignocellulose-Rohstoffen i. d. R. deutlich höher als der Großteil der im Rahmen dieser Untersuchung erfassten Ausgangsstoffe. Hervorzuheben sind dabei die Kategorien der Wald-

rest- und Landschaftspflegehölzer, wobei sich hier die Frage nach der logistischen Organisation stellt. Um die Verwendbarkeit von Altholz sowie Straßen-, Schienen-, und Gewässerbegleitgrün hinsichtlich einer Lignocellulose-Verwertung beurteilen zu können, ist eine differenziertere Erfassung der Qualitäten dieser Sortimente nötig. Die großen Mengen an Biogasgärresten bieten ein hohes wirtschaftliches Potenzial als Substitutionsprodukt beispielsweise in Verbundwerkstoffen. Die Entwicklung dieses Forschungsfeldes erscheint deshalb besonders interessant.<sup>36</sup>

Abschließend bleibt festzuhalten, dass eine Zuführung der betrachteten Stoffe in konkreten Nutzungspfaden einer tiefergehenden Untersuchung der im Rahmen dieser Arbeit getroffenen Vorauswahl bedarf. Dazu bietet es sich an, eine Kooperation mit einem oder mehreren Unternehmen der Lignocellulose verarbeitenden Industrie einzugehen, wie z. B. in der Senkenanalyse dargestellt.

---

<sup>36</sup> nova-Institut, 2014.

## 6 Quellenverzeichnis

- Baden-Württemberg, S. L. (2011). Statistik für Kreise. *Ostalbkreis*. Baden-Württemberg.
- Baden-Württemberg, S. L. (2012). Regionaldaten.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. (2009). *LfL Information Biogasgärreste*. Freising-Weihenstephan: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz.
- Dechema, Frankfurt. (kein Datum). Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie.
- Dobers. (2008). Logistische Untersuchungen zur Bereitstellung von Straßenbegleitholz. 12. *Fachkongress Zukunftsenergien*. Essen: Fraunhofer Institut für Materialfuluss und Logistik.
- FNR e.V. (2013). *Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung*. Abgerufen am 14. 07 2014 von <http://mediathek.fnr.de/leitfaden-biogas.html>
- GOA mbH, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit. (2012). Überblick der Unternehmensstandorte.
- GOA, Steffen Johner. (11 2013). Datenabfrage Altholz.
- GOA, Steffen Johner. (11 2013). Datenabfrage Bioabfall.
- GOA, Steffen Johner. (10 2013). Datenabfrage Papier, Pappe, Kartonagen.
- Google. (2013). Google Earth. 2009 GeoBasis-DE/BKB Image Landsat.
- Heidenheim, L. (01. 07 2014). [www.landkreis-heidenheim.de](http://www.landkreis-heidenheim.de).
- <http://www.clariant.de/>. (kein Datum). *Clariant International AG*. Von <http://www.clariant.de/>
- <http://www.global-bioenergies.com/>. (kein Datum). *Global Bioenergies S.A., 5, rue Henri Desbruères - 91000 Evry (France)*. Von <http://www.global-bioenergies.com/> abgerufen
- Kaltschmitt, M. e. (2011). *Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kern et al. (2009). Biomasse Potenziale von Bio- und Grünabfällen sowie Landschaftspflegematerialien. *Biomasseforum*. Witzenhausen: Witzenhausen-Institut.
- Landratsamt Heidenheim. (2013). Bevölkerungsstatistik.
- Landratsamt Heidenheim. (11 2013). Datenabfrage Biogas Gärreste. Herr Hermann.
- Landratsamt Heidenheim. (11 2013). Datenabfrage Grünschnitt.
- Landratsamt Ostalbkreis. (11 2013). Datenabfrage Biogas Gärreste. Herr Emer.
- Landratsamt Ostalbkreis. (11 2013). Datenabfrage Getreidestroh.
- Landratsamt Ostalbkreis. (11 2013). Datenabfrage Grünschnitt.
- nova-Institut. (2014). *Stoffliche Nutzung ligno-cellulosehaltiger Gärprodukte aus Biogasanlagen für Holzwerkstoffe*. Abgerufen am 04. 07 2014 von Forschungsprojekt: <http://www.nova-institut.de/bio/index.php?tpl=project&id=934&proj=ligno&lng=de&red=projectlist>
- Ostalbkreis, L. (30. 09 2013). Bevölkerungsstatistik.
- Witzenhausen-Institut. (10 2010). Erschließung von energetischen Grünschnittpotenzialen im Landkreis Cochem-Zell. Kreisverwaltung Cochem-Zell.
- [www.jelu-werk.com](http://www.jelu-werk.com). (kein Datum). *JELU, Josef Ehrler GmbH & Co. KG*. Von [www.jelu-werk.com](http://www.jelu-werk.com) abgerufen
- [www.jrs.de](http://www.jrs.de). (2014). *JRS - J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH+CO.KG*. Von [www.jrs.de](http://www.jrs.de)
- [www.tecnaro.de](http://www.tecnaro.de). (kein Datum). *TECNARO GmbH*. Von [www.tecnaro.de](http://www.tecnaro.de) abgerufen