

Bericht zur Potential- und Statusanalyse sowie dem Logistik- und Verwertungsstatus im Projekt:



„Integriertes Stadt-Land-Konzept zur Erzeugung von Aktivkohle und Energieträgern aus Restbiomassen (CoAct)“

Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion (AP 1.1)

Analyse möglicher umweltschonender und praktikabler Ernteketten und bereits existierender Verwertungswege für Restbiomassen in der Region (AP 1.3)

Ersteller: Bodensee-Stiftung



unterstützt von: Bodenseekreis



Stadt Friedrichshafen

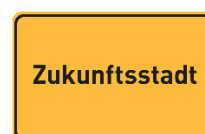


Datum: 27.04.2020

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



STADT  
LAND  
PLUS+

## **Am Forschungsprojekt beteiligte Einrichtungen:**

**Bodensee-Stiftung (Regionale Koordination)**

**Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg**

**IfLS - Institut für Ländliche Strukturforchung, Frankfurt**

**Krieg & Fischer Ingenieure GmbH, Göttingen**

**Landkreis Bodenseekreis**

**Pyreg GmbH, Dörth**

**Stadt Friedrichshafen**

**TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe**

**Universität Kassel (Projektleitung & Gesamtkoordination)**

- Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe (Projektleitung)
- Kompetenzzentrum für Klimaschutz und Klimaanpassung (Gesamtkoordination)
- Fachgebiet Öffentliches Recht mit Schwerpunkt Recht der Technik und des Umweltschutzes

Weitere Informationen zum Forschungsprojekt sowie zur Fördermaßnahme:

<https://www.uni-kassel.de/forschung/coact/coact>

<https://www.bodensee-stiftung.org/coact/>

<https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/>

<https://www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de/coact.html>

Das Forschungsprojekt CoAct wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Fördermaßnahme „Stadt-Land-Plus“ (Förderkennzeichen 033L206). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren:

Andreas Ziermann, Bodensee-Stiftung; Dr. Marius Eisele, Landratsamt Bodenseekreis; Volker Kromrey, Bodensee-Stiftung

## Inhalt

1.	Einleitung .....	5
2.	Methodik und Struktur.....	8
3.	Restbiomassen.....	8
3.1.	Halmartige/strohartige Biomassen.....	8
3.1.1.	Getreidestroh.....	8
3.1.2.	Maisstroh.....	10
3.2.	Holzige Biomassen.....	12
3.2.1.	Holz aus Obstproduktion .....	12
3.2.2.	Holz aus Pflegemaßnahmen.....	19
3.2.3.	Restholz Forst .....	21
3.3.	Grasartige Biomassen .....	23
3.3.1.	Landschaftspflegeschnitt .....	23
3.3.2.	Straßenbegleitgrün.....	25
3.3.3.	Parkschnitt, Sportplatz .....	26
3.4.	Sonstige Biomassen .....	27
3.4.1.	Trester (Obst/Wein) .....	27
3.4.2.	Laub.....	30
3.4.3.	Hopfenhäcksel .....	31
3.4.4.	Bioabfall .....	32
3.4.5.	Siebüberlauf Bioabfall-Kompost.....	33
4.	Fazit und Ausblick .....	34
5.	Quellenangaben .....	35

## Abkürzungsverzeichnis:

<b>BSK</b>	<b><i>Bodenseekreis</i></b>
<b>CCM</b>	<b><i>Corn-Cob-Mix</i></b>
<b>cm</b>	<b><i>Zentimeter</i></b>
<b>dt</b>	<b><i>Dezitonnen</i></b>
<b>fm</b>	<b><i>Festmeter</i></b>
<b>FM</b>	<b><i>Frischmasse</i></b>
<b>Ga-La-Betriebe</b>	<b><i>Garten- und Landschaftsbaubetriebe</i></b>
<b>ha</b>	<b><i>Hektar</i></b>
<b>kg</b>	<b><i>Kilogramm</i></b>
<b>km</b>	<b><i>Kilometer</i></b>
<b>KOB</b>	<b><i>Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee</i></b>
<b>l</b>	<b><i>Liter</i></b>
<b>LEL</b>	<b><i>Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum</i></b>
<b>LEV</b>	<b><i>Landschaftserhaltungsverband</i></b>
<b>LPR</b>	<b><i>Landschaftspflegerichtlinie</i></b>
<b>LVWO</b>	<b><i>Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg</i></b>
<b>m</b>	<b><i>Meter</i></b>
<b>SBA</b>	<b><i>Straßenbauamt</i></b>
<b>sog.</b>	<b><i>sogenannt</i></b>
<b>srm</b>	<b><i>Schüttraummeter</i></b>
<b>t</b>	<b><i>Tonnen</i></b>
<b>TM</b>	<b><i>Trockenmasse</i></b>
<b>TS</b>	<b><i>Trockensubstanz</i></b>
<b>UNB</b>	<b><i>Untere Naturschutzbehörde</i></b>

## 1. Einleitung

Dieser Bericht gibt einen Überblick zur Status- und Potentialanalyse sowie eine Darstellung des aktuellen Logistik- und Verwertungsstatus von Restbiomassen im Bodenseekreis. Aufbauend auf der Kurzstudie, die im Rahmen des Meilenstein 1 im Dezember 2018 eingereicht wurde, wurde die Status- und Potentialanalyse durch weiterführende Befragungen erweitert. Im Rahmen dieser Befragungen wurden auch Logistik- und Verwertungsstatus der verschiedenen Restbiomassen im Bodenseekreis abgefragt.

Der Bodenseekreis liegt entlang des Bodensees, Europas größtem Trinkwasserspeicher. Daraus erwächst eine Verantwortung der umliegenden Landkreise, den Bodensee in seiner Reinheit zu erhalten. Um Abwässer aus Kläranlagen von Mikroschadstoffen, wie Arzneimittel- und Kosmetikrückständen, Pflanzenschutzmitteln oder Schwermetallen zu reinigen, wird immer häufiger eine zusätzliche Aktivkohlefilterung eingesetzt. Zum heutigen Stand sind 15 Kläranlagen mit einer Aktivkohle basierten 4. Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg in Betrieb und 13 weitere in Planung bzw. in Bau<sup>1</sup>. Üblicherweise sind Aktivkohlen fossilen Ursprungs oder unter ökologisch und sozial fragwürdigen Bedingungen hergestellt.

Zudem stehen viele Kommunen und Landkreise aufgrund ihrer Klimaschutzziele vor der Herausforderung, zunehmend erneuerbare Energieträger zu erschließen und Produkte aus fossilen Rohstoffen zu ersetzen. Insbesondere verschiedene Biomassefraktionen sind hierfür von großer Bedeutung und viele Nachwachsende Rohstoffe aus Forst- und Landwirtschaft werden bereits in großem Umfang energetisch bzw. stofflich genutzt. Hingegen finden sogenannte Restbiomassen (siehe Definition unten), wie beispielsweise bestimmte Sorten von Landschaftspflegematerial oder Laub keine oder zumindest keine hochwertige Verwertung. Nicht selten findet man „wilde Deponien“ in denen Biomasse im Wald entsorgt wird, um die Kosten für die Anlieferung bei einem der Entsorgungszentren oder für andere, unter derzeitigen Bedingungen unrentable Verwertungswege einzusparen (Abbildung 1).



Abb. 1: Wurzelstöcke einer Apfelplantage im Wald

*Restbiomasse:*

*„In dem Forschungsvorhaben CoAct wird der Begriff „Restbiomassen“ für alle pflanzlichen Rest- und Abfallstoffe verwendet, die bei Produktionsprozessen (z.B. dem Anbau landwirtschaftlicher Produkte)*

---

<sup>1</sup> [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3\\_Umwelt/Schutz\\_naturlicher\\_Lebensgrundlagen/Wasser/1912\\_Klaeranlagen\\_BW\\_mit\\_Spurstoffelimination.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Schutz_naturlicher_Lebensgrundlagen/Wasser/1912_Klaeranlagen_BW_mit_Spurstoffelimination.pdf) aufgerufen am 26.02.20

und der Erstellung von Dienstleistungen (z.B. der Flächen- und Landschaftspflege) in der Forschungsregion anfallen.“

Hier setzt das Forschungsprojekt „CoAct - Integriertes Stadt-Land-Konzept zur Erzeugung von Aktivkohle und Energieträgern aus Restbiomassen“ mit der Zielsetzung an, in Friedrichshafen und im Bodenseekreis aus Restbiomassen Aktivkohlen und nachhaltige Energieträger zu produzieren. Durch die Nutzung der Produkte des im Zuge des Forschungsprojekts entwickelten CoAct-Verfahrens zur Abwasserreinigung oder Trinkwasseraufbereitung bzw. als erneuerbarer Brennstoff sind sowohl positive Effekte für die regionale Wertschöpfung und die Umwelt, als auch den Klimaschutz zu erwarten.

### Erfassung des Restbiomassepotentials in der Projektregion

Für das Arbeitspaket 1.1: *Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion* wurde in der Kurzstudie vom Dezember 2018 ein Anfall an Restbiomasse von über 120.000 t aufgezeigt, woraus sich ca. 12.000 t Aktivkohle herstellen ließen. Das würde den für die Reinigung des gesamten Abwassers im Bodenseekreis berechneten, theoretischen Bedarf an erneuerbarer Aktivkohle von bis zu 800 t/Jahr um mehr als das zehnfache übersteigen<sup>2</sup>.

Biomasse	Anfall in t FM	in t TM
Halmartige/strohartige Biomasse	102.700	54.000
> Getreidestroh	39.400	34.000
> Maisstroh	63.300	20.000
Holzartige Biomasse	39.325	30.465
> Holz aus Obstproduktion		
- Pflegeschnitt Intensivobst (Apfel/Wein)	10.000	7.800
- Rodungen Intensivobst (Apfel/Wein)	19.150	14.730
- Obstbaumschnitt Streuobst	1.500	1.170
> Holz aus Pflegeschnitten		
- Baumpflegeschnitt	1.625	1.270
- Holziges Straßenbegleitgrün	800	620
> Restholz Forst	6.250	4.875
Grasartige Biomasse	8.530	3.220
> Landschaftspflegeschnitt	2.830	920
> Straßenbegleitgrün	5.700	2.300
Sonstige Biomassen	37.680	16.790
> Trester (Obst/Wein)	680	240
> Laub	unklar	unklar
> Hopfenhäcksel	18.000	5.400
> Bioabfall	16.500	9.900
> Siebüberlauf Biokompost	2.500	1.250
<b>SUMME</b>	<b>188.235</b>	<b>104.475</b>

Tabelle 1: Jährlicher Anfall an Restbiomassen im Bodenseekreis in Frischmasse (FM) und Trockenmasse (TM)

<sup>2</sup> Kurzstudie zum Meilenstein 1 – Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion (Dez. 2018)

Im Sinne des Arbeitspaket 1.3: *Analyse möglicher umweltschonender und praktikabler Erteketten und bereits existierender Verwertungswege für Restbiomassen in der Region* wurden eingehende Gespräche mit Vertreter\*innen der Städte und Gemeinden im Bodenseekreis, der Landkreisverwaltung sowie mit weitere Akteuren, wie beispielsweise Landwirt\*innen und Dienstleistungsunternehmer\*innen die im Bereich der Biomasseverwertung tätig sind, geführt. In den Befragungen und Berechnungen, die durchgeführt wurden, konnte der Anfall von Restbiomasse wie in der Kurzstudie dargestellt, bestätigt werden (Tabelle 1). Über den Anfall in der vorangegangenen Kurzstudie hinaus, wurden im Rahmen der vertiefenden Studie die Biomassenanalyse auf einzelne Biomassen und die entsprechenden Mengenpotenziale weiter konkretisiert, so dass nach aktuellem Kenntnisstand davon ausgegangen werden kann, dass sich das theoretische Potenzial an Biomasse für CoAct in der Untersuchungsregion auf über 180.000 t Frischmasse (FM) bzw. über 100.000 t Trockenmasse (TM), gegenüber 120.000 t FM aus der Kurzstudie, beläuft.

Inwieweit diese Biomassen für das CoAct-Verfahren tatsächlich verfügbar sind, hängt in den meisten Fällen vom Preis und von der Realisierbarkeit entsprechender Logistik- und Verwertungsketten ab, wobei letzter Fragestellung neben ökonomischen Faktoren oftmals Governance-Thematiken zugrunde liegen. Ebenso unterliegen die Aufwuchsmengen teilweise starken, witterungs- und nachfragebedingten Schwankungen, wie etwa bei Rasen- und Wiesenschnitt, holzigem Material sowie Nebenprodukten aus der Landwirtschaft.

### **Übertragbarkeit der Ergebnisse aus der Projektregion auf andere Regionen**

Eines der zentralen Anliegen des CoAct-Projektes ist die exemplarische Entwicklung und Umsetzung des CoAct-Verfahrens in der Untersuchungsregion, um darauf basierend auch auf andere Regionen übertragbare Ansätze zu entwickeln. Daher besteht ein besonderes Interesse an der Identifizierung und Entwicklung von Indikatorparametern, die eine einfache erste Abschätzung der Übertragbarkeit der erzielten Ergebnisse auf andere Regionen Deutschlands erlauben.

Ein erster Ansatz hierfür kann sowohl die Fläche, als auch die Einwohneranzahl und damit verbunden die Einwohnerdichte der Landkreise sein. Eigene Berechnungen ergaben, dass die Untersuchungsregion mit rund 665 km<sup>2</sup> etwa um 43 % kleiner als der Bundesdurchschnitt der Landkreise (ca. 1.162 km<sup>2</sup>) ist. Mit einer Einwohnerzahl von etwa 214.655 leben im Bodenseekreis jedoch ca. 13 % mehr Menschen als durchschnittlich in den Landkreisen Deutschlands (ca. 190.000). Aufgrund der relativ geringen Gesamtfläche ergibt sich daraus mit etwa 323 Einwohner/km<sup>2</sup> eine um 57 % erhöhte Bevölkerungsdichte gegenüber dem Mittelwert für die gesamte Republik. Im Bodenseekreis sind 33.390 ha, also 50,2%, landwirtschaftlich genutzt (LEL, 2017). Dieser Wert liegt damit minimal unter dem Durchschnitt von 51,1 % der Bundesrepublik (Umweltbundesamt, 2018). In der Landwirtschaft prägen Sonderkulturen wie Obst-, Wein- und Hopfenanbau das Bild. Der Kreis unterteilt sich in 23 Städte und Gemeinden. In den vergangenen zehn Jahren ist die Bevölkerung stetig gewachsen.

Aufgrund der überdurchschnittlichen Bevölkerungsdichte ist in der Projektregion generell auch ein überdurchschnittlicher Anfall an häuslichem Abwasser bezogen auf die Gesamtfläche zu erwarten, was zu einem erhöhten Bedarf an Aktivkohle zur Abwasserreinigung führt. Zugleich verfügt die Projektregion über eine deutlich geringere Gesamtfläche als der durchschnittliche Landkreis in Deutschland. Daher ist tendenziell mit einem geringeren Restbiomassepotential bezogen auf die Fläche zu rechnen.



Aufgrund der Tatsache, dass das ermittelte Restbiomassepotential des Bodenseekreises die benötigte Menge an Biomasse für das CoAct-Verfahren um voraussichtlich mehr als das zehnfache übersteigt und die anfallende Biomasse relativ gleichmäßig auf verschiedene Biomasse-Akteure verteilt ist, kann mit aller Vorsicht davon ausgegangen werden, dass das Konzept in andere Regionen Deutschlands (die i.d.R. größere Biomassepotenziale bei gleichzeitig geringerem Aktivkohlebedarf haben) erfolgreich übertragen werden kann. Diese noch sehr grobe erste Einschätzung wird mit fortschreitendem Projekt weiter überprüft und verfeinert werden, um basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen dieses Forschungsprojektes eine sichere Übertragbarkeit des CoAct-Verfahrens auf andere Regionen zu gewährleisten. Im Sinne eines Best-Practice-Beispiels steht neben den technischen Aspekten natürlich auch eine Übertragung der Erkenntnisse zu regionalen Wertschöpfungsketten, der Stärkung der Stadt-Land-Beziehungen sowie der nachhaltigen Entwicklung von Regionen im Fokus des CoAct-Projektes.

## 2. Methodik und Struktur

Zur Bestimmung des theoretischen Potenzials an im Bodenseekreis verfügbarer Biomassen wurden von Oktober bis Dezember 2018 fragebogenbasierte, mündliche und schriftliche Expertenbefragungen zum Mengenaufkommen und zur Verwendung von Biomassen holziger, halmartiger und grasartiger Struktur durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in der Kurzstudie zur Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion zusammengestellt. Nachdem das theoretische Biomassepotenzial bekannt war, wurden die Datenerhebungen zum Verwertungsstatus verschiedenster Biomassefraktionen intensiviert. Dazu wurde in Kooperation zwischen den Projektpartnern Bodensee-Stiftung, Stadt Friedrichshafen, Landkreis Bodenseekreis, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und Institut für Ländliche Strukturforchung (IfLS) ein standardisierter Fragebogen entwickelt, der es ermöglicht, von einzelnen Akteuren gesteuerte Mengen nach technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien zu bewerten. Auf diesen qualitativen und quantitativen Angaben der lokalen Ansprechpartner beruht der nachfolgende Bericht zum Verwertungsstatus.

## 3. Restbiomassen

Im Folgenden werden die Erkenntnisse zu den unterschiedlichen Restbiomassen beschrieben und bezüglich ihrer Eignung und Nutzbarkeit für CoAct eingeordnet. Dabei wird insbesondere auf die mengenmäßige und raumzeitliche Verfügbarkeit eingegangen, die aktuellen Stoffströme und Logistik sowie die Möglichkeiten einer Optimierung in einer ersten Einordnung beschrieben.

### 3.1. Halmartige/strohartige Biomassen

#### 3.1.1. Getreidestroh

##### Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit

Die Stroherträge können je nach Getreideart, Sorte sowie aufgrund des Einsatzes von Wachstumsreglern und Einstellung des Druschwerks erhebliche Unterschiede aufweisen. In der



Standardlektüre zur Landwirtschaft wird ein durchschnittlicher Strohanfall bei Getreide von 60 dt (Dezitonnen)/ha<sup>3</sup> angegeben.

Im Bodenseekreis wurde im Jahr 2016 auf 6.617 ha Getreide angebaut<sup>4</sup>. Theoretisch sind dabei 39.702 Tonnen Frischmasse (FM) Strohreste angefallen. Bei einem Trockensubstanz(TS)-Gehalt von 86%<sup>5</sup> ergibt das 34.000 t Trockenmasse (TM) Stroh. Die Getreideernte geht je nach Witterung Ende Juni bis etwa Mitte August.

Das trockene und gepresste Stroh ist lagerfähig.

Befragungen im Bodenseekreis, unter anderem bei der Agrarverwaltung des Kreises (Landwirtschaftsamt) ergaben, dass Getreidestroh im Bodenseekreis Mangelware ist und anderweitig in der Landwirtschaft benötigt wird. Kunden sind tierhaltende Betriebe sowie Bauern im Erdbeeranbau im Bodenseekreis. Darüber hinaus kaufen (Berg-)Bauern in der Schweiz und Österreich Stroh von Landwirten aus dem Bodenseekreis.

Die Tatsache, dass bei den Befragungen zu Landschaftspflege die Akteure angaben, dass anfallendes Material nach Möglichkeit zu Einstreu verarbeitet wird, unterstützt die Annahme, dass es einen Nachfrageüberhang nach Stroh gibt – dem klassischen Ausgangsmaterial für Einstreu. Hinsichtlich einer Übertragbarkeit des Berichtes wird Stroh hier weiter beleuchtet.

### Aktuelle Stoffströme

Vor der Getreideernte trifft der Landwirt die Entscheidung, ob er das Getreidestroh ernten möchte oder auf dem Feld belassen. Je nachdem wird das Getreidestroh vom Mähdrescher gehäckselt und auf der Fläche verteilt, oder im Schwad hinter dem Drescher abgelegt. Dort kann es von einer Ballenpresse aufgenommen werden und zu Rundballen (Höhe 1,2 m x Durchmesser häufig 1,5 m) gepresst und mit einem Netz umwickelt werden. Die Rundballen werden dann mit dem Frontlader aufgesammelt und einem Dreiseitkipper oder Tieflader transportiert.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Stroh das als Ernterückstand auf dem Feld belassen wird, hat aus ökologischen Gesichtspunkten positive Effekte. Eingearbeitetes Stroh fördert die Humusbildung. Verbleibt Stroh auf dem Acker, hilft das, die Verdunstung zu reduzieren, Erosion zu vermindern und die Bodenstruktur zu verbessern. Insofern ist der Verbleib von Stroh auf der Fläche positiv zu bewerten. Sicher gibt es Standorte oder Fruchtfolgen, wo ein Abtransport von Stroh ohne ökologische Einbußen möglich ist.

Für das Stroh, das geborgen und zu Ballen gepresst wird, scheint es – u.a. durch die Nähe zu Gebieten mit Nachfrageüberhang, wie Österreich oder die Schweiz – Bedarf zu geben.

---

<sup>3</sup> KTBL Faustzahlen für die Landwirtschaft 2018 S.440

<sup>4</sup> <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Bodennutzung/05025037.tab?R=KR435> aufgerufen am 25.02.20

<sup>5</sup> KTBL Faustzahlen für die Landwirtschaft 2018 S.411

## Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Die Bewertung von Stroh erfolgt aufgrund des Düngewertes. Bezüglich der Gehalte der Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor, Magnesium und Calcium der einzelnen Strohart besteht kaum ein Unterschied – lediglich bei Kalium unterscheiden sich die Strohart deutlicher. Der Stickstoffgehalt von Stroh beträgt im Durchschnitt 5 kg/t. Die Phosphorgehalte liegen bei rund 3 kg/t und die Kaliumgehalte, je nach Strohart, zwischen 14 bis 26 kg K<sub>2</sub>O/t. Zusätzlich hat Stroh positive Einflüsse auf die Humusbilanz und die Struktur des Bodens.

Der Gesprächspartner im Landratsamt ging von durchschnittlichen Kosten von 100€/t Stroh aus. Das Pressen in Rundballen (ca. 250 kg) oder Quaderballen (2,4 x 1,2 x 0,70m – 250 – 300 kg) wurde mit ca. 10 €/Ballen angegeben.

### **Zwischenfazit**

Generell ist Stroh eine interessante Biomasse, da der Getreideanbau bundesweit von großer Bedeutung ist und daher im gesamten Bundesgebiet Stroh anfällt. Allerdings erfüllt Stroh bei Verbleib auf dem Acker wichtige Funktionen für die Bodenfruchtbarkeit, die Wasserhaltefähigkeit und den Humusaufbau. Bei einer Strohabfuhr z.B. für das CoAct-Verfahren muss das beispielsweise bei der Fruchtfolgegestaltung berücksichtigt werden. Im Bodenseekreis gibt es eine Nachfrage nach gehandeltem Stroh.

#### 3.1.2. Maisstroh

### Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit

Maisstroh machte in der Kurzstudie zum Meilenstein 1 „Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion“ mit 63.270 t Frischmasse (FM) im gesamten Bodenseekreis die mengenmäßig bedeutendste Biomasse aus. Dabei fällt Maisstroh auf Anbauflächen für Körnermais und Corn-Cob-Mix (Abkürzung: CCM, Schrot aus Spindel und Körnern des Maiskolbens, Mastfutter in der Tierhaltung) an. Laut Angaben aus dem Landwirtschaftsamt im Bodenseekreis beträgt die Anbaufläche dieser beiden Kulturen rund 1.900 ha. Pro Hektar verbleiben laut Landwirtschaftsamt ca. 11,1 t Maisstroh als Trockensubstanz (TS) pro Hektar auf dem Feld. Auf die gesamte Anbaufläche im Bodenseekreis gerechnet fallen somit ca. 20.000 t Trockenmasse (TM) an. Dies entspricht ca. 63.270 t Frischmasse bei einem angenommenen, typischen Trockensubstanzgehalt von 33,3%.

Körnermais und Corn-Cop-Mix werden im Oktober geerntet und ist bei trockener Bergung lagerfähig.

### Aktuelle Stoffströme

Im Bodenseekreis, wie in den meisten Regionen Deutschlands wird das Maisstroh von Corn-Cob-Mix oder Körnermais bei der Ernte gehäckselt und verbleibt auf dem Feld. Dort wird es wieder in den Boden eingearbeitet.

## Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Im Boden steht das Körnermaisstroh für den Humusaufbau zur Verfügung. Es beinhaltet ebenfalls wesentliche Gehalte an Nährstoffen, wie etwa Stickstoff (N: 0,9 kg/dt), Phosphor (P: 0,09kg/dt), Kalium (K 0,21 kg/dt) und Magnesium (Mg 0,15 kg/dt<sup>6</sup>), die bei einer Abfuhr durch entsprechende Düngemaßnahmen ausgeglichen werden müssten.

Werden die zurückbleibenden Stoppeln sowie das zurückbleibende Maisstroh im Körnermaisbau (und CCM) nicht ausreichend zerkleinert und verrotten dadurch schlechter, entsteht ein Fusariendruck im nachfolgenden Winterweizen. Diesem Pilzdruck wird in der Folgekultur Weizen in der Regel mit Fungiziden begegnet.

Maisstroh als Ernterückstand vermindert die Verdunstungsverluste und bietet zudem Schutz vor Bodenerosion durch Wasser und Wind. Weitere positive Effekte auf die Fläche sind Nährstoffrücklieferung und Beitrag zum Humusaufbau.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Es gibt einige Versuche, Maisstroh in Biogasanlagen einzusetzen. Das Ziel dabei ist, die Anbauflächen von Silomais für die Energieversorgung zu reduzieren und damit die Flächenkonkurrenz um die Herstellung von Nahrungsmitteln zu entschärfen. Ein Versuch der Landesanstalt für Landwirtschaft in Bayern beispielsweise lieferte positive Ergebnisse für den Gasertrag. Dabei wurden verschiedene Ernteverfahren und verschiedene Schwadtechniken eingesetzt. Es konnten je ha etwa 48 -63 dt TM an Maisstroh abgefahren werden<sup>7</sup>. Die Erntetechnik dazu ist vorhanden und wird in anderen Regionen/ Ländern auch schon viel genutzt<sup>8</sup>. Je nach Standort und Fruchtfolge ist die Abfuhr von Maisstroh zumindest zu einem gewissen Anteil denkbar, der eine ausgeglichene Dünge- und Humusbilanz zulässt.

Sollte Körnermaisstroh als Rohstoff Verwendung finden, müsste der Landwirt eine Kompensation für die abgefahrenen Nährstoffe erhalten. Bei der Biogasnutzung erfolgt meist ein Rücktransport des Gärsubstrates auf die Ackerfläche. Ein Ausgleich über Kompost oder ähnliches für den Humusaufbau wäre auch denkbar.

### **Zwischenfazit**

Im Bodenseekreis verbleibt Maisstroh im Wesentlichen auf der Fläche und wird nicht abgefahren. Auf dem Acker erfüllt es, wie das Getreidestroh, ökologische Funktionen. Eine mögliche Nutzung von Maisstroh für das CoAct-Verfahren müsste diese Funktionen berücksichtigen und mögliche Kompensationen in die wirtschaftliche und ökologische Betrachtung der Biomasse mit einbeziehen.

---

<sup>6</sup> KTBL Faustzahlen für die Landwirtschaft 2018, S.414

<sup>7</sup> <https://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/076707/index.php> aufgerufen am 26.02.20

<sup>8</sup> <https://www.topagrar.com/energie/aus-dem-heft/maisstroh-aus-reststoff-wird-rohstoff-11523781.html> aufgerufen am 11.10.19

## 3.2. Holzige Biomassen

### 3.2.1. Holz aus Obstproduktion

#### a. Obstkerne

Obstkerne fallen im Bodenseekreis bei Saft produzierenden Unternehmen und bei der Spirituosenproduktion in Form von Brennrückstand (Schlempe) an.

Im Bodenseekreis gibt es noch eine große Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe und Winzer, die sogenannte Abfindungsbrennereien betreiben und als solche weniger als 300 L Reinalkohol pro Jahr brennen. Darüber hinaus gibt es einige mittlere Destillieren und eine größere Brennerei. Bei der Herstellung von 100 l reinem Alkohol ist mit Schlempemengen zwischen 1.100 und 1.400 l zu rechnen<sup>9</sup>. Bei landwirtschaftlichen Betrieben fallen also bis zu 4.200 l Schlempe an. Die Schlempe hat nach dem Brennen einen Trockensubstanzgehalt von 5 – 10 %. Aufkonzentriert ergäbe sich eine Trockenmasse von 210 – 420 kg pro Betrieb. Tatsächlich lohnt sich die Trocknung/Aufkonzentration nicht und es gibt keinen Verwertungsweg, weshalb die Schlempe als pumpfähiges Material in der Regel mit Güllewagen auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht wird. So gibt es einen Nährstoffrückfluss auf die Flächen. Allerdings bedeutet das einen hohen Zeitaufwand für die Betriebe in der Phase des Brennens, die einen hohen Betreuungsaufwand erfordert.

Schlempe gilt hinsichtlich der Entsorgung als Problemstoff, der ohne Vorbehandlung nicht in die kommunalen Abwasser-Entsorgungsanlagen eingeleitet werden kann. Bei größeren Brennereien wird die Schlempe von Tankfahrzeugen daher zur Entsorgung abgeholt.

Ein größerer Saftproduzent gab an, neben Äpfeln im Jahr 100 t Kirschen und 50 t Zwetschgen zu Saft zu verarbeiten. Dabei würden ca. 4-5 t Trester inklusive Kerne anfallen. Diese Menge wird von Landwirten aus der Umgebung abgeholt und in Festbrennstoff-Anlagen verbrannt. Der Saftproduzent war einem alternativen Verwertungsweg gegenüber offen.

Die tatsächliche Menge an Obstkernen lässt sich nicht abschätzen. Über das statistische Landesamt sind zwar die Obsterträge sowie die Flächen erfasst, auf denen sie erzielt werden. Jedoch gibt es aus keinen uns bekannten Quellen einen Hinweis, wie viel der Obstmengen in der Bodenseeregion zu Saft- oder Schnapserzeugnissen verarbeitet werden. Daher ist eine Mengenabschätzung des jährlichen Aufkommens an Obstkernen aus Schlempe nicht möglich.

#### **Zwischenfazit**

Frühere Arbeiten des Projektpartners Pyreg zeigen, dass Obstkerne wie Kirsch- und Zwetschgenkerne generell für eine Pyrolyse geeignet sind. Für mittlere bis größere Unternehmen könnte sich eine Absiebung der Kerne rentieren. Bei einer weiteren Fokussierung auf diese Biomasse, müsste das eingehender untersucht werden.

---

<sup>9</sup> <http://www.patent-de.com/20081002/DE102006022729B4.html> aufgerufen am 20.02.20

## b. Pflegeschnitt von Intensivobstanlagen (Obst/Wein)

### **Obst**

Im Bodenseekreis wird auf 6.999 ha Obst<sup>10</sup> angebaut. Mit einer Anbaufläche von 6.076 ha sind Äpfel (darunter 5.462 ha Tafeläpfel) mit rund 87% die wichtigste Obstsorte, die von 860 Betrieben angebaut wird. Der Birnenanbau findet auf 217 ha im BSK statt. Süßkirschen werden auf 73 ha geerntet, Sauerkirschen auf 16 ha und Zwetschgen auf 52 ha, Mirabellen auf 9 ha, sonstige auf 15 ha<sup>11</sup>. Aufgrund dieser Gewichtung wird bei der Betrachtung des jährlichen Pflegeschnitts im Obstbau im Folgenden auf den Apfelanbau eingegangen.

Bei der Errechnung der Masse, die beim jährlichen Pflegeschnitt anfällt, ist relevant, wie „wüchsig“ die Unterlage ist. Laut den Aussagen eines Mitarbeitenden des Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee in Bavendorf (KOB) wird hier seit 30 Jahren beim Apfel die M9, bei Birne Quitte A oder C und bei Kirsche Giesela 5 verwendet. Alle Unterlagen gehen bei der „Waage“ Fruchtansatz zu Holz stark Richtung Fruchtansatz (Zitat: „Wir sind keine Förster“). Auch die Gespräche mit Apfelbauern ergaben, dass wenig wüchsige Obstbäume kultiviert werden.

Erziehungs- und Baumformierung (Kronenvolumen) wurden im Zuge der Zucht optimiert, Wachstum wird begrenzt. Beim Pflegeschnitt auf Versuchsflächen fallen ca. 500g Frischmasse Holz pro Baum an. Bei einer üblichen Pflanzdichte von 3.000 Bäumen pro Hektar fallen damit ca. 1,5 Tonnen Frischmasse Pflegeschnitt pro Hektar und Jahr an. Bei einer Restfeuchte bei frisch geschnittenem Holz von ca. 22%<sup>12</sup> entspricht das etwas mehr als eine Tonne Trockenmasse (TM) je Hektar. Der befragte Mitarbeiter meinte, dass tatsächlich eher weniger anfielen, vielleicht nur 50%. In der Praxis handelt es sich bei dem Schnittmaterial um kleine, dünne Ästchen. Diese zu bergen wäre mit hohem Aufwand verbunden. Verschiedene Apfelbauern mit denen wir sprachen und auch ein befragter Mitarbeiter aus dem Landwirtschaftsamt gaben an, dass dieses Material mit dem regelmäßig erfolgenden Mulchschnitt zerkleinert wird und für den Humusaufbau zur Verfügung steht.

### **Zwischenfazit**

Der Jährliche Pflegeschnitt bei Obst bringt wenig Biomasse, die über die ganze Fläche verteilt liegt. Es gibt nach derzeitigem Kenntnisstand keine Technik, um dieses Material wirtschaftlich rentabel einzusammeln. Zudem wirkt sich das Restholz aus dem jährlichen Pflegeschnitt durch das Mulchen in der Obstplantage positiv auf den Humusaufbau aus. Aus jetziger Sicht wird diese Biomasse als nicht interessant für das CoAct-Verfahren eingestuft.

### **Wein**

Die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obst in Weinsberg (LVWO) fasst in einer Literaturrecherche einen jährlichen Anfall von Schnittholzfrischsubstanz von ca. 10 dt/ha bis über 40 dt/ha zusammen, wobei der Normalbereich zwischen 20 und 30 dt/ha Frischholz liegt. Bei einem

---

<sup>10</sup> <https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/20171005?path=/Landwirtschaft/Ernte/#ft-nr-ref1> aufgerufen am 22.01.2020

<sup>11</sup> <http://fruchtnews.de/wp-content/uploads/2017/09/BW-Baumobstanbauerhebung-2017.pdf> aufgerufen am 22.01.2020

<sup>12</sup> <http://www.kaminholz-wissen.de/gewicht-von-holz-dichte.php> aufgerufen am 22.01.2020

angenommenen Wassergehalt von 50 % werden dem Weinberg ca. 10 - 20 dt/ha organische Trockensubstanz über den Rebholzschnitt jährlich zugeführt<sup>13</sup>. Im Bodenseekreis wurde laut Statistischem Landesamt 2018 auf 526 ha Wein angebaut<sup>14</sup>.

Das Rebholz wird im Winter geschnitten, verbleibt im Weinberg und wird auf der Fläche gemulcht, wo es zum Bodenaufbau zur Verfügung steht. Es gab in der Vergangenheit Versuche, das Holz aus dem Rebschnitt einzusammeln und es dem Hackschnitzelmarkt zuzuführen. Diese Projekte wurden aber eingestellt. Wie im Obstbau auch steht der Aufwand für das Einsammeln der Biomasse in keinem guten Verhältnis zum Nutzen als Brennmaterial. Zudem wird die bodenbildende Wirkung des Rebschnittes geschätzt.

### **Zwischenfazit**

Das jährlich anfallende Rebholz kann wie der jährliche Obstschnitt und für das CoAct-Verfahren nicht von Interesse bewertet werden.

## **c. Rodungen im Obst- und Weinbau**

### **Obst**

Wie oben angeführt, spielt der Intensivobstanbau von Tafeläpfeln mengen- und flächenmäßig mit 5.462 ha im Bodenseekreis eine übergeordnete Rolle. Angaben und Größenordnungen beziehen sich daher auf dieses Anbausystem.

### *Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit*

Unsere Ansprechpartner in Landwirtschaftsamt, Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee in Bavendorf sowie Landwirte trafen unterschiedliche Aussagen zur Standzeit der Obstanlagen, ehe eine Bestandserneuerung durchgeführt wird. Wir gehen davon aus, dass Obstanlagen im Schnitt 15 Jahre stehen. Gerechnet auf eine Gesamtfläche von rund 5.500 Hektar im Bodenseekreis werden jährlich durchschnittlich ca. 366 ha gerodet.

Bezüglich der Holzmenge, die bei einer solchen Rodung anfällt, kann man mit folgenden Daten rechnen. Bei einem durchschnittlichen Durchmesser der Bäume in diesem Alter von 12 cm und einer Höhe von 2 m ergibt sich rund  $0,0226 \text{ Festmeter (fm) Apfelholz} (3,14 \times (0,06 \text{ m})^2 \times 2 \text{ m} = 0,0226 \text{ m}^3)$  bei 3.000 Bäumen/ha =  $67,8 \text{ m}^3$  Brennholz. Bei einem üblichen Umrechnungsfaktor für Schüttraummeter (srm) für Hackgut von 2,5 ergeben sich  $170 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Oder umgerechnet in Gewicht ergeben sich rund 40 Tonnen TM, bzw. 52 Tonnen FM bei 22%



Abb. 2: Rodungsholz einer Apfelplantage

<sup>13</sup> <http://lvwo-bw.de/pb/Lde/Startseite/Fachinformationen/Was+zeigt+uns+die+Schnittholzmenge+an> ?LISTPAGE=669634 aufgerufen am 26.09.2019

<sup>14</sup> [https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische\\_Berichte/339118001.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/339118001.pdf) aufgerufen am 20.09.19



Restfeuchte pro Hektar. Apfelholz ist von der Rohdichte vergleichbar mit Buchenholz (etwa 580 kg TM/m<sup>3</sup>)<sup>15</sup>. Werden die kompletten Bäume samt Astwerk gehäckselt, ergeben sich entsprechend mehr Hackschnitzel. Betrachtet auf den gesamten Bodenseekreis fallen durchschnittlich 19.030 t FM bzw. 14.640 t TM Rodungsholz aus Intensivobstanlagen pro Jahr an.

Die Rodungen werden nach der Ernte im Herbst und Winter durchgeführt. Das Holz ist lagerfähig, muss aber aufgrund der Restfeuchte fachgerecht gelagert oder aktiv getrocknet werden.

### Aktuelle Stoffströme

Aus dem Gespräch mit dem Experten vom KOB ergaben sich im Wesentlichen zwei Rodungsverfahren:

- a) Die Bäume werden stehend entastet und die Stämme dann samt Wurzelstock mit Bagger herausgezogen und auf Halde abgelegt. Oder die Stämme werden an den Pfropfstellen abgeknickt bzw. abgezwickelt. Die Wurzeln werden dann mit einer Wurzelfräse abgefräst. In beiden Fällen stehen die Bäume als Scheitholz oder aufbereitet als Hackschnitzel für den Einsatz als Brennholz für den Verkauf oder die eigene Heizung zur Verfügung. Die Äste werden gehäckselt oder auf der Fläche gemulcht.
- b) Die Bäume werden samt Astwerk mit einem Hacker zerkleinert und entweder auf der Fläche verteilt. Das hat allerdings einen negativen Einfluss auf den Krankheitsdruck z.B. auf das Entstehen von Obstbaumkrebs. Oder die Häcksel werden abefahren. In diesem Fall ist der Blatt- und Rindenanteil sehr hoch, was qualitativ geringwertige Hackschnitzel ergibt.

Beide Verfahren machen dem Experten zufolge etwa 50 % aus, wobei eine Tendenz in Richtung der zweiten Variante zu erkennen ist, da dies schneller geht.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Ein weiterer Akteur, mit dem wir sprachen, ist sowohl Erzeuger wie auch Verbraucher von Holzhackschnitzeln, vorwiegend aus Forstholz. Laut seinen Angaben wurde in früheren Jahren als der Preis für Hackholz aus dem Forst noch höher war, ebenso Material dieser Kategorie zur energetischen Nutzung im eigenen Heizwerk verarbeitet und bezogen.

Derzeit ist die Nutzung des Materials für Heiz- bzw. Heizkraftwerke (in Heizkraftwerken wird neben Wärme auch Strom bei der Verwertung von Biomasse gewonnen) und für Unternehmer, die mit Holzhackschnitzeln handeln, jedoch nicht interessant, da das Rodungsholz oftmals mit Schnüren, Drähten und ggfs. imprägnierten Pfählen verunreinigt ist und Forstrestholz in ausreichender Menge zu einem derzeit sehr geringen Preis zur Verfügung steht. Zudem schneiden viele Landwirte, die Rodungen vornehmen, den Grobholzanteil zur Eigennutzung heraus. Der Einschätzung des Ansprechpartners nach wird das Material derzeit von Landwirten vermutlich vorwiegend selbst genutzt, entweder in Form von Holzhackschnitzeln die selbst verfeuert oder verkauft werden, oder in Form von Scheitholz und Reisig zum Anzünden.

---

<sup>15</sup> <https://www.schreiner-seiten.de/holzarten/buche.php> aufgerufen am 26.09.2019



Vor dem Verfall der Hackholzpreise (ca. 2016) wurden etwa 3€/srm (ungehackt) bezahlt. Voraussetzung für eine kommerzielle Nutzung ist nach Einschätzung des Ansprechpartners, dass Fremdstoffe entfernt werden und ein genügend hoher (Grob-)Holzanteil im Material enthalten ist.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Die Hackschnitzel, die bei der Rodung von Intensivkernobstanlagen entstehen, haben einen recht hohen Blatt- und Rindenanteil und vereinzelt Störstoffe aufgrund der Anbindetechnik. Es kann darauf geschlossen werden, dass der Verbrennungsprozess nicht sauber abläuft und es einen dementsprechend hohen Anfall an Asche und Schlacke gibt.

Laut den Einschätzungen des Experten aus dem Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee in Bavendorf müsste ca. die Hälfte der Holzmenge zur Verfügung stehen.

Man kann jedoch nicht davon ausgehen, dass in jedem Jahr 366 ha Obstplantagen gerodet werden. Es kann theoretisch Jahre geben, in denen sehr wenige Intensivobstanlagen neu angelegt werden und in anderen Jahren werden mehr als 366 ha gerodet. Zudem sind die Flächen über den gesamten Bodenseekreis verteilt. Es handelt sich hierbei also um eine unregelmäßig und flächenmäßig weit verteilt anfallende Biomasse. Damit wäre für das CoAct-Verfahren Restbiomasse aus regelmäßigen Rodungsschnitten vor allem in einem Bringsystem attraktiv. Sollte sich der Hackholzpreis erholen, wird es sich für die Obstbauern lohnen, Hackschnitzel zu erzeugen und gegebenenfalls höhere Qualitäten abzusieben und zu vermarkten.

### **Zwischenfazit**

Generell eignet sich Holz zur Herstellung von Aktivkohle. Inwiefern bei Holz aus Rodungsmaßnahmen die Verunreinigungen aus Anbindematerial und imprägnierten Holzpfählen stören, müsste weiter untersucht werden.

### **Flächenrodungen Wein**

Rebanlagen werden im Schnitt alle 25 bis 30 Jahre gerodet und neu angelegt. Bei einer Anbaufläche von 526 ha im Bodenseekreis<sup>16</sup> werden im Schnitt ca. 20 ha/a gerodet und neu angelegt.

In der Regel wird bei Rodungen das einjährige Holz abgeschnitten und auf der Fläche gemulcht. Übrig bleibt der Stock mit ca. 1-2 kg. Bei 4.000 Rebstöcken/ha fallen somit 4.000 – 8.000kg/ha an. Im gesamten Bodenseekreis also 80 – 160 t FM/a, bzw. ca. 60 – 120 t TM/a. Der Großteil wird wohl als Hackschnitzel verwertet. Wobei Rebholz kein hochwertiges Holz ist und keine hohe Qualität an Hackschnitzeln ergibt.

Die Flächenrodung von Weinbergen findet in der Regel nach der Ernte in den Monaten Oktober bis Dezember statt. Bei den 20 ha/a handelt es sich um einen theoretischen Wert. Wie beim Obstbau auch sind die angenommenen 20 ha Rodungsfläche pro Jahr theoretisch und lassen keinen Rückschluss auf einen tatsächlichen jährlichen Holzanfall aus Rebflächenrodungen zu. Auch die räumliche Verteilung ist hier groß.

---

<sup>16</sup> [https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische\\_Berichte/339118001.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/339118001.pdf) aufgerufen am 20.02.20

## Zwischenfazit

Aufgrund der räumlichen Verteilung und der starken Schwankung im Aufkommen von Rebholz lohnt es sich voraussichtlich nicht, ein Logistikkonzept danach auszurichten.

### d. Obstbaumschnitt Streuobst

Streuobstbäume werden im Gegensatz zu den Intensivobstanlagen nicht jedes Jahr geschnitten, sondern im Durchschnitt alle 3 Jahre. Das Schnittmaterial ist bei dieser Schnitthäufigkeit in der Regel Fingerdick bis ca. 8 cm im Durchmesser. Die Befragungen ergaben eine Holzmenge von 3,5 – 6 t/ha, die beim Schnitt der Streuobstbäume anfällt. Da Streuobstwiesen im gemeinsamen Antrag keine eigene Landnutzungsform (verbunden mit einem eigenen Landnutzungscode) darstellen, lässt sich keine eindeutige Hektaranzahl bestimmen. Über die Förderprogramme für Streuobstflächen der Stadt Friedrichshafen und des Landkreises sind rund 950 Hektar Streuobstflächen erfasst. Der tatsächliche Bestand liegt nach Einschätzung des befragenden Projektmanagers von Stadt Friedrichshafen und Landkreis Bodenseekreis um den Faktor 1,5 - 2 darüber. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Flächen, die nicht in einem Förderprogramm sind, zu den weniger gepflegten Beständen gehören, da hierfür keine Fördermittel abgerufen werden.



Abb. 3: Pflegeschnitt auf Streuobstwiese

In dem Förderprogramm der Stadt Friedrichshafen sind etwa 45 ha Streuobstflächen mit durchschnittlich 30 Bäumen pro Hektar erfasst. Die Schnitthäufigkeit liegt bei etwa 3 Jahren. Unseren Erkenntnissen nach verteilt sich derzeit die Verwertung auf die 3 Verwertungswege a) Eigennutzung als Brennholz, b) Abgabe als Hackholz und c) Verbrennen auf dem Feld als direkte „vor-Ort-Entsorgung“, die mit dem geringsten Arbeitsaufwand einhergeht. Laut Einschätzungen von Experten des Landwirtschaftsamts und der Förderprogramme hält sich das Verhältnis dieser Verwertungswege in etwa in der Waage.

Über das Förderprogramm im Bodenseekreis wird der Hochstammschnitt im Außenbereich gefördert. Die Flächen variieren von Kleinstparzellen bis zu mehreren Hektar. Im Durchschnitt ist eine geförderte Fläche 0,6 ha groß. Insgesamt wird auf 911 ha Streuobst kultiviert, wobei die Baumdichte zwischen einem und 200 Bäumen pro Grundstück liegt. Im Schnitt stehen 68 Bäume pro Hektar.

Aufgrund der bisherigen Förderrichtlinie sind jährliche Pflegeschnitte möglich. Aus den Unterlagen lässt sich in der Praxis ein Pflegeschnitt alle 2,9 Jahre errechnen. Dies kann jedoch sowohl bedeuten, dass ein Antragsteller denselben Baum jährlich gepflegt hat, als auch, dass auf einem Flurstück jedes Jahr unterschiedliche Bäume gepflegt wurden.

Es nehmen bislang jährlich etwa 300 bis 350 Antragsteller am Programm teil.

Für die Mengenabschätzung beziehen wir uns auf die ca. 950 Hektar, die über die Förderprogramme erfasst sind und im Schnitt alle drei Jahre gepflegt werden (d.h. 317 ha/a). Es fallen also durchschnittlich 1.500 t holzige Biomasse aus Streuobstschnittmaßnahmen an, was 1.170 t TM entspricht (bei Restholzfeuchte von 22%). Die Schnitte werden in der Regel im Winterhalbjahr

durchgeführt. Das Holz ist lagerfähig, muss aber aufgrund der Restfeuchte fachgerecht gelagert oder aktiv getrocknet werden.

### Aktuelle Stoffströme

Die befragten Landwirte, die Streuobstwiesen bewirtschaften, gaben an, dass der Großteil des Materials auf der Wiese verbrannt wird. Vereinzelt würde gröberes Holz als Brennholz herausgeschnitten. Für das schwache Restholz gibt es derzeit keine sinnvolle Verwertung. Zum einen lässt sich das Astwerk nicht gut handhaben. Zum anderen ist aufgrund der geringen Astdurchmesser der Rindenanteil im Verhältnis zum Holz sehr hoch. Das macht es aufgrund des hohen Ascheanteils unattraktiv als Brennholz. Zum Teil kann das Material an sogenannte Funkengruppen abgegeben werden (Brauchtumsgruppen, die am ersten Sonntag nach Aschermittwoch Funkenfeuer schüren) oder es wird auf dem Feld verbrannt.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Bei der Verbrennung des Restmaterials handelt es sich um eine Entsorgung, bei der Energie und Nährstoffe der Restbiomasse nicht sinnvoll genutzt werden. Für die Landwirte ist der Umgang mit der Restbiomasse mit Aufwand verbunden. Die groben verästelten Zweige sind sperrig und müssen bei Weiterverarbeitung zerkleinert werden. Alternative Verwertungswege, wie eine Abgabe an die Funkengruppe, sind zumindest mit nur geringen Kosten bzw. einem Obolus für die Entsorgung des Holzigen Materials verbunden.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Generell kann davon ausgegangen werden, dass holzige Bestandteile sich gut für eine Verwertung im Sinne des CoAct-Verfahrens eignen. Bei den befragten Landwirten konnte eine Abgabebereitschaft festgestellt werden. Dazu müsste eine Logistik zum Einsammeln des Obstbaumschnittes aufgebaut bzw. bestehende Logistikketten um diesen Aspekt erweitert werden.

Hierbei könnte auf die Erfahrung erfolgreicher Praxisbeispiele zurückgegriffen werden. Beispielsweise hat das Netzwerk Streuobst Mössingen in einem Modellprojekt zur Biomassenutzung ein Konzept zur Sammlung u.a. von Obstbaumschnitt über temporäre Sammelplätze sowie einer seit 2014 organisierten Schnittgutabfuhr in jährlich wechselnden Routen erarbeitet<sup>17</sup>.

### **Zwischenfazit**

Der aktuell häufig vorliegende Verwertungsweg – Verbrennen auf der Fläche – ist als nicht nachhaltig oder sinngemäß zu beurteilen. Daher wäre ein alternativer Verwertungsweg, wie der über das CoAct-Verfahren, sinnvoll.

---

<sup>17</sup> [http://www.energiebuendel-und-flowerpower.de/wp-content/uploads/energiebuendel-und-flowerpower\\_abschlussbericht.pdf](http://www.energiebuendel-und-flowerpower.de/wp-content/uploads/energiebuendel-und-flowerpower_abschlussbericht.pdf) aufgerufen am 20.03.20

## 3.2.2. Holz aus Pflegemaßnahmen

### a. Restholz Baum- und Heckenpflegeschnitt

Im Bodenseekreis werden Baumpflegemaßnahmen vorrangig von Kommunen, landwirtschaftlichen Betrieben, Hausmeisterservices und von Privatpersonen, aber auch Pflgegrupp des Regierungspräsidiums durchgeführt. Es finden sich auch eine Reihe von Unternehmen, die sich auf die Baumpflegeschnitte im Auftrag spezialisiert haben, unter ihnen Land- und Forstwirtschaftliche Dienstleister und Garten- und Landschaftsbaubetriebe (Ga-La-Betriebe).

Die angefallenen Mengen werden oftmals über das Abfallwirtschaftssystem entsorgt, in diesem Fall angeliefert vor allem als Langmaterial und vorrangig wenn es sich um Kleinmengen handelt. Über diesen Verwertungsweg gelangt das Material entweder in die Kompostierung, die im Bodenseekreis auf den drei Entsorgungszentren von einem Dienstleister durchgeführt wird, oder es findet nach vorhergegangener Ausschleusung eine Verwertung als Brennmaterial in Form von Holzhackschnitzeln in Biomasse-Heiz(kraft)werken statt.

Aufgrund des seit mehreren Jahren sehr niedrigen Preises dieses Materials, der, neben anderen Faktoren, auf ein Überangebot von forstlichem Hackholz zurückzuführen ist, sehen sich die Verwerter derzeit einer sehr niedrigen Rentabilität und weiter Transportwege (teilweise in der Größenordnung von 100 km und mehr) für diese Verwertungsmethode gegenüber.

Beim Anfall größerer Mengen ist der technisch-organisatorische Ablauf innerhalb der Verwertungskette so, dass die Erzeuger (Kommunen, Gewerbeunternehmen, Ga-La-Betriebe, Privatpersonen, etc.) das in Haufen bereitliegende Material an die Verarbeiter (Hackholzunternehmen) melden, und diese das Material – so es denn in ausreichend großen Mengen anfällt oder nach Lagerung aufgelaufen ist, entweder mit Hackzügen (LKW mit Hackmotor und Zuführung in Kombination mit Container-LKWs oder einem Traktor mit Anbauhäcksler in Verbindung mit einem Anhänger mit Container) vor Ort hacken und anschließend in eigene Hackholzlager oder direkt zu den Feuerungsanlagen transportieren.

Einer der in dem Bereich der Großmengen-Verwertung tätigen Hauptakteure schätzte die von ihm im Bodenseekreis jährlich verarbeitete Menge auf ca. 6.000 – 7.000 m<sup>3</sup> „minderwertiges“ Hackmaterial (vorwiegend Weichholz mit hohem Grünanteil), wobei in seinem Fall fast das gesamte Material von kommunalen, privaten und landwirtschaftlichen Pflegeschnitten sowie zu einem Gutteil auch von Rodungen für Baumaßnahmen und aus der Landwirtschaft stammt. Zur Umrechnung auf Masse kann von durchschnittlich 0,25 t/srm ausgegangen werden, was einer Masse von 1.625 t FM/Jahr bzw. 1.270 t TM/Jahr entspricht.

Laut seinen Aussagen wird das Material im Schnitt bis ca. 42 km zum Pelletierwerk Krauchenwies transportiert, da dieses jederzeit auch die Anlieferung schlechten Materials ermöglicht. Hierbei steht der Entsorgungscharakter im Vordergrund, da hier kein guter Erlös erzielt wird. Der tägliche Verbrauch allein dieses Abnehmers liegt bei ca. 200 m<sup>3</sup> Hackschnitzel/Tag für Strom und Pelletrocknung. Alternativ steht ein eigenes Lager für Hackholz in ca. 30 km Entfernung zur Verfügung.

Das Material fällt durch Pflegemaßnahmen im ganzen Jahr an.

### **Zwischenfazit**

Es haben sich in der Vergangenheit Verwertungswege für Hackholz aus der Landschaftspflege aufgetan. Auf der anderen Seite ist die Nachfrage nach holzigen Reststoffen durch einen hohen Anfall von forstlichem Restholz sehr gering. Generell ist eine Verwertung über alternative Verwertungswege für die Akteure interessant und eine Verwertung als Aktivkohle denkbar.

#### **b. Holziges Straßenbegleitgrün**

Die Verantwortung für die Straßensicherheit und damit für die Straßenpflege im Bodenseekreis obliegt dem Straßenbauamt (SBA) im Landratsamt. Im Bodenseekreis werden rund 650 km Straßenkilometer durch das SBA verwaltet. Die Verwertung des Gehölzschnitts entlang des Straßennetzes ist an zwei Fremdfirmen vergeben. Diese beauftragen Unterauftragnehmer mit dem Zerkleinern des Gehölzes zu Holz hackschnitzeln. Die Holz hackschnitzeln gehen nach derzeitiger Ausschreibung in das Eigentum des Auftragnehmers über. Bei der Entsorgung wird Wert auf einen hohen und aktuellen Technisierungsgrad gelegt, um die Auftrags erledigung und damit die Beeinträchtigung des Straßenverkehrs so gering wie möglich zu halten.

Der befragte Dienstleister gab an, jährlich rund 800 t holziges Material zu hacken. Die Bäume und Sträucher werden gefällt und können direkt vor Ort mit einem Hack-LKW (Chipper-Truck) gehackt und in einen Transportlastwagen mit Container geblasen werden. Um eine kontinuierliche Abfuhr des Materials zu gewährleisten und die Straßensperrzeiten (verbunden mit Verkehrsbehinderungen und großem Personalaufwand (Personal zur Sperrung gestellt durch SBA) möglichst gering zu halten, wird in der Regel mit zwei Transportlastwagen gearbeitet.

Hackschnitzel aus Straßenbegleitflächen weisen einen hohen Rindenanteil auf, was die Qualität mindert. Einer der beauftragten Akteure fährt Hackholz teilweise bis nach Österreich zur thermischen Verwertung in Hackholz-Heizwerken, wo Kapazitäten zur Aufnahme bestehen.

### **Zwischenfazit**

Es haben sich in der Vergangenheit Verwertungswege für Hackholz aus Straßenpflege aufgetan. Allerdings besteht auch hier eine Alternative durch Restholz aus der forstlichen Pflege. Eine Verwertung als Aktivkohle ist – wie bei den meisten holzigen Restbiomassen – denkbar.

#### **c. Schwemmholz**

##### *Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit*

In den zwei mit am stärksten betroffenen Gemeinden im Bodenseekreis, die sich an der Umfrage beteiligten, fallen laut Aussage der Ansprechpartner jährlich Schwemmholz in der Größenordnung zwischen 0 und 300 m<sup>3</sup> (Langenargen) und 6 - 15 t (Eriskirch) an. Von Kressbronn und Immenstaad wurden keine Angaben gemacht. Zudem fallen stark variable Mengen in Form von Schwemm- und Treibholz an den Flüssen an. Das Schwemmholz wird entweder an den Uferabschnitten von Seeanreinerkommunen angespült oder aus dem See geholt, weil die treibenden Baumstämme und Äste eine Gefahr für Boote und Badegäste darstellen. Für den Großteil dieses Holzes konnte der tatsächliche Verwertungsweg im Jahr 2019 bisher nicht geklärt werden, da zum Zeitpunkt der Befragung ein wichtiger Hackholzunternehmer der das Material in den Vorjahren verarbeitet hatte, Konkurs anmelden musste. Im Frühjahr/Frühsummer 2019 sind aufgrund starker Regenfälle große

Mengen angefallen, für die allerdings aufgrund des hohen Störstoffanteils die Annahme auf den Entsorgungszentren des Abfallwirtschaftssystems weitestgehend verweigert wurde. Zur Klärung des zwischenzeitig realisierten Verwertungswegs sollen Akteure im Jahr 2020 punktuell erneut befragt werden.

Der Großteil des Schwemmhholzes fällt zwischen März und Juni an, üblicherweise hervorgerufen durch die Schneeschmelze oder starke Regenfälle, teilweise in Verbindung mit Sturmereignissen.

### Aktuelle Stoffströme

Die Gemeinden auf deren Gemarkungen das Schwemmholz anfällt, holen dies üblicherweise vor Beginn der Badesaison ab und lagern es teilweise auf dazu bestimmten Holzlagerplätzen. Sind solche nicht verfügbar, wird das Holz teilweise auch auf den Parkplätzen der Strandbäder gelagert, bis es einer Verwertung bzw. Entsorgung zugeführt werden kann. Insbesondere im Befragungsjahr 2019 lag zum Zeitpunkt der Befragung im Mai bereits ein großer Anfall vor.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Grund für die mangelnde Wirtschaftlichkeit der Verwertung des Materials ist laut diesem Verwerter der sporadische, hinsichtlich der Menge stark schwankende und nicht vorhersehbare Anfall des Materials sowie zahlreiche Verunreinigungen, beispielsweise mit Steinen, Flaschen, Plastik oder Metallgegenständen, die zu Lasten der Verarbeitungsmaschinen gehen (Schredder, Häcksler) oder mit teilweise imprägniertem Bauholz oder Pfählen, die die Verwertung als Hackschnitzel in der ordentlichen Verbrennung oder als Kompost verhindern.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Aufgrund des hohen Verunreinigungsgrades und der teilweise eingewachsenen Störstoffe wie Steinen bräuchte es eine ausgefeilte Abscheidetechnik zur Entfernung der Verunreinigungen. Es gibt sogenannte "Brecher", die das Holz auf 0 – 30 cm Körnung zerkleinert. Allerdings sind dann oftmals trotzdem Steine in dem verarbeiteten Material zu finden. Weitere Kosten würden für die Verarbeitung des „Bruchs“ zu Holzhackschnitzeln mit einer üblichen Körnung (z.B. 0 – 30 mm oder 0 – 50 mm) anfallen. Aufgrund des zeitlich eingeschränkten und zudem stark schwankenden Anfalls müssten zudem Lagerkapazitäten freigehalten werden.

### **Zwischenfazit**

Aufgrund der zahlreichen derzeit ungelösten Probleme bei der Aufbereitung und auch hinsichtlich der rechtlichen Regelungen zur Verwertung, steht dieses Material für CoAct nicht im Fokus der weiteren Untersuchungen.

### **3.2.3. Restholz Forst**

Im Bodenseekreis wurden bisher 8 Kreisreviere mit zusammengekommen 6.800 ha und 4 kommunale Reviere mit insgesamt 4.000 ha vom Forstamt betreut und die Holzvermarktung übernommen. Die Gesamtholznutzung belief sich in diesen Waldgebieten bisher auf jährlich ca. 10-11 Festmeter (fm) Holz/ha, wovon ca. 10% als Hackrohholz angefallen. In den letzten Jahren ist eine deutliche Zunahme



des Anteils des unplanmäßigen Holzeinschlags am Gesamteinschlag zu beobachten, der bisher 2018 in einem Anteil von 64% gipfelte. Die wichtigsten Ursachen dafür sind Sturmschäden, Insekten und Pilzbefall, die mit den Auswirkungen des Klimawandels in Zusammenhang gebracht werden.

Hackrohholz aus der Forstwirtschaft setzt sich überwiegend aus Kronenholz und anderen minderwertigen Baumbestandteilen zusammen. Im Schnitt der letzten Jahre sind auf den vom Forstamt verwalteten, oben genannten Flächen ca. 1.000 fm Waldhackholz angefallen, was einer Gesamtmasse von 6.250 t FM bzw. 4875 t TM p.a. entspricht.

Zum Einschlag und dem Gesamtanfall im Klein- und Großprivatwald liegen dem Forstamt keine genauen Zahlen vor. Der Ansprechpartner rechnet aber damit, dass sich die Gesamtholznutzung und damit der Anfall von Hackholz je Flächeneinheit aus Forstrestholz auf Großprivatwaldflächen ebenfalls in dieser Größenordnung bewegt. Im Kleinprivatwald wird im Schnitt von einer um ca. 20% geringeren Gesamteinschlagsmenge (und einem entsprechend geringeren Restholzanfall) ausgegangen.

Zum einen gibt es über den hohen Anfall von Kalamitätsholz (Käfer- und Sturmschäden) ein großes Angebot an minderwertigem Holz (Bruchholz). Zum anderen sind in der Vergangenheit mit dem Schließen von zwei Papierfabriken in Mochenwangen und Baienfurt zwei große Verbraucher weggefallen. In den vergangenen Jahren ist es daher zunehmend vorgekommen, dass mit Hackschnitzeln aus Forstrestholz kein Gewinn erzielt werden konnte. Damit in diesen Fällen das Kronenmaterial nicht liegen bleibt und um die Ausbreitung von Borkenkäfern einzudämmen, wurde das Material teilweise gehackt und in den Wald zurückgeblasen. Das Hacken und Verblasen wurde dabei über Fördermittel des Landes gefördert. Im Winter kann wohl auch über den Markt in Österreich Hackholz an Heiz- und Heizkraftwerke abgesetzt werden. Im Sommer fällt dieser Verwertungsweg weitestgehend weg.

## **Zwischenfazit**

Generell wäre die Herstellung von Aktivkohle eine Möglichkeit für einen alternativen Verwertungsweg. Derzeit fällt Restholz aus der Forstwirtschaft in der Untersuchungsregion im Überschuss an und wird zur Reduktion des Schädlingsdrucks teilweise in gehäckselter Form zurück auf die Waldflächen verblasen.

Ob, wie lange und in welcher Intensität diese Situation besteht, hängt von mehreren Faktoren ab, wie der zukünftigen Intensität der Holznutzung, dem Anfall von Kalamitätsholz (aufgrund z.B. von Sturmschäden und Borkenkäferbefall) sowie der Nachfrage nach Hackholz, die maßgeblich durch den Zubau von Biomasse-Heizkraftwerken und Pelletheizungen in der Region und im angrenzenden Umland bestimmt wird).

Ob und ggfs. in welchem Umfang eine nachhaltige Nutzung von forstlichem Restholz im CoAct-Verfahren in der Untersuchungsregion möglich wäre, müsste unter Berücksichtigung dieser Aspekte im weiteren Projektverlauf geklärt werden.



### 3.3. Grasartige Biomassen

#### 3.3.1. Landschaftspflegeschnitt

Bereits in Vorgesprächen wurde die Pflege von Flächen aus Naturschutzgründen als eine relevante Quelle für Restbiomassen für das CoAct-Verfahren genannt. Das zentrale, integrierte Förderprogramm für den Naturschutz in Baden-Württemberg ist die im Jahr 1983 eingeführte Landschaftspflege-richtlinie (LPR). Mit ihrer Hilfe kann eine Vielzahl von Maßnahmen des Naturschutzes, der Landschaftspflege und der Landeskultur gefördert werden. Durch Förderprogramme sollen Ertragsausfälle im Verhältnis zu einer intensiven Nutzung der Flächen ausgeglichen werden<sup>18</sup>. Sowohl eine zu starke, intensive Nutzung als auch eine Aufgabe der Nutzung und somit Verbrachung stellen eine Gefährdung für viele Lebensräume und Arten dar.



Abb. 4: Landschaftspflegeschnitt mit einer Mähraupe

#### Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit

Die bearbeitenden Stellen im Bodenseekreis sind die Untere Naturschutzbehörde (UNB) im Landratsamt sowie der Landschaftserhaltungsverband Bodenseekreis e.V. (LEV). Aus Gesprächen mit den beiden Institutionen wurden uns rund 230 ha genannt, die bis 2020 in Fünfjahresverträgen von Landwirten und Unternehmen gepflegt werden und gut 75 ha, für die einjährige Pflegeverträge geschlossen werden. Sogenannte Nasswiesen machen darunter 18 ha aus, während Magerrasen ca. 22 ha und Streuwiesen den großen Rest ausmachen. In der Regel wird ein Abtransport des Pflegematerials vereinbart, um die entsprechenden Flächen auszuhagern und so die Grundlage für eine größere Artenvielfalt zu schaffen. Für die Streuwiesen kann man laut Expertenaussage überschlägig von einem Ertrag von 60 bis 100 dt Frischmasse pro Jahr und Hektar ausgehen, was dem LPR-Standardsatz für die pflegende Bewirtschaftung entspricht. Die Magerrasen liegen eher bei 40 dt pro Jahr und Hektar, aber auch hier gibt es im Bodenseekreis große Unterschiede und z.T. wüchsiger Flächen als im übrigen Baden-Württemberg.

Auf die 305 ha Landschaftspflegeschnitt ergeben sich überschlägig folgende Mengen<sup>19</sup>:

- Nasswiese (2-schürig) 18 ha x 10 t/ha x-> 180 t/a bei einem TS-Gehalt von 20%: 36 t TM
- Magerrasen 22 ha x 4 t/ha -> 88 t; bei TS-Gehalt von 40 %: 35 t TM
- Streuwiesen 262 ha x 8 (6-10) t/ha -> 2.096 t/; bei TS-Gehalt von 40 %: 838 t TM
- Mähwiese (2-schürig) 3 ha x 6 t/ha -> 18 t/a; bei TS-Gehalt von 40 %: 7 t TM

Insgesamt fallen im Durchschnitt 2.382 t Frischmasse (FM), bzw. 916 t TM an grasiger bzw. halmartiger Biomasse aus Landschaftspflegemaßnahmen an. Der tatsächliche Anfall hängt stark von der Witterung während der Wachstumsphasen ab.

<sup>18</sup> [www.bodenseekreis.de/lev](http://www.bodenseekreis.de/lev) aufgerufen am 26.09.2019

<sup>19</sup> KTBL: Datensammlung Landschaftspflege 2005, S. 65

Die einschürigen Flächen (eine Mahd pro Jahr) werden im Sommer oder Herbst (-Winter) gemäht. Die Biomasse aus Sommermahd ist saftiger und hat mehr Inhaltsstoffe, als Biomasse aus Herbst-/Wintermahd, da zum späteren Zeitpunkt die Pflanzen die Inhaltsstoffe und Pflanzensäfte in die Wurzel zurückziehen.

Im Bodenseekreis gibt es von Naturschutzseite (UNB + LEV) insgesamt knapp 93 ha unter LPR-A-Extensivierungsvertrag (verteilt auf 43 Fünfjahres-Verträge; zumeist zweischürige Mahd ohne Düngung). Der Aufwuchs dieser Flächen wird weit überwiegend landwirtschaftlich als Weide und Wiese zur Futtergewinnung genutzt. Aber es kann auch einzelne Ausnahmen geben, dass ein LPR-Vertragsnehmer keine Verwendung für das Schnittgut hat.

### Aktuelle Stoffströme

Die befragten Landwirte und Unternehmen führen in der Regel einmal im Jahr einen Pflegeschnitt durch. Dabei ist stets das Ziel, den Aufwuchs abzufahren, um den Nährstoffeintrag aus Regen und Luft auszugleichen, Flächen auszumagern und artenreichere Blühflächen zu fördern.

Die befragten Landwirte gaben an, das Material in Jahren mit günstiger Witterung trocken zu bergen und als Einstreu verwenden zu können. Dafür wird das Material im Schwad abgelegt und zu Ballen gepresst. Zwei größere Akteure gaben unabhängig voneinander an, etwa 30% des Materials zu Ballen pressen zu können. Stärker verholztes Material oder Material, das aufgrund ungünstiger Witterung feucht geworden ist, eignet sich nicht als Einstreu und wird abgefahren und kompostiert.

Ein Akteur hat die Möglichkeit, das feucht geborgene Material auf einer heimischen Fläche nachzutrocknen und so weitere 40% des Schnittguts zu Einstreuballen verarbeiten zu können.

Einen Sonderfall bilden die Flächen, auf denen invasive oder giftige Arten vorkommen, wie Kreuzkräuter, Goldrute oder Japan-Staudenknöterich. Zum Teil müssen hier deutlich öfters Schnitte durchgeführt werden, um die ungewünschte Art zurückzudrängen. Beispielsweise wird ein größerer Bestand mit Japan-Staudenknöterich etwa alle vier Wochen maschinell gemäht. Für Neophyten und giftige Pflanzen gibt es aktuell keine sinnstiftenden Verwertungswege. Das Material kann oftmals nicht in die Kompostierung gegeben werden, da die Samen die Kompostierung überstehen und so eine Ausbreitung der jeweiligen Art unterstützt werden kann. Zum Teil werden die Biomassen in einer Biogasanlage entsorgt, zum Teil muss die Biomasse verbrannt werden. Invasive und giftige Pflanzen führen auch auf Wirtschaftsgrünland zu großen Problemen. Eine Abschätzung, wie sehr dieses Problem in der Landwirtschaft verbreitet ist, liegt nicht vor.

Schnittgut von schilf- und binsenreichen Feuchtgebieten können derzeit oft keiner sinnvollen Verwertung zugeführt werden.

### **Streuwiesen:**

Von ca. 100 ha, die ein Lohnunternehmer vorwiegend im Bodenseekreis pflegt, werden ca. 90% des Materials nach Zwischenlagerung am Feldrand von Landwirten abgeholt, entweder zum Kompostieren oder im Sommer zum Ausbreiten und Trocknen zur anschließenden Verwendung als Einstreu. Diese Verwertung nimmt allerdings zusehends ab, v.a. weil kleinstrukturierte Betriebe mit Viehhaltung, die dies bisher praktizieren, immer weniger werden. Aus diesem Grund verbleiben nach der Einschätzung des Ansprechpartners inzwischen rund 10% des Materials in Form der bereitgelegten Häufen auf den

Flächen und am Flächenrand und verrotten dort. Dieses wilde Verrotten führt zu starken Nährstoffeinträgen die aus Sicht des Grundwasserschutzes unerwünscht sind.

Mit dem Rückgang kleinstrukturierter landwirtschaftlicher Betriebe mit Viehhaltung geht der Ansprechpartner von einer Zunahme des nicht mehr durch diesen Sektor verwerteten Anteils des Feuchtwiesenschnitts aus. V.a. Biolandwirte holen das Material zum Teil zwar noch ab, aber der Trend geht wohl dahin, dass zunehmend Aufträge zur Flächenpflege inklusive des Verbringens des Materials zur Entsorgung vergeben werden. Ein geeigneter Entsorgungsweg fehlt jedoch bisher.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Eine Abgabe des Materials ist generell vorstellbar. Der Abnahmepreis für das Material müsste so angesetzt sein, dass Bergung und Transport gedeckt sind (rel. geringer Abnahmepreis, da kein Markt für das Material). Die Trocknung des Schnittguts über Containertrocknung oder Ballentrocknung, wie das beispielsweise in der Landwirtschaft vorgenommen wird, würde die Lagerfähigkeit des Landschaftspflegematerials verbessern.

### **Zwischenfazit**

Es gibt im Bodenseekreis einen gewissen Bedarf an Landschaftspflegematerial für Einstreu bei viehhaltenden Betrieben und die Technik ist aus der Landwirtschaft vorhanden. Bei der Landschaftspflege fallen jedoch auch Mengen an, die aufgrund von Witterungsbedingungen oder giftigen Pflanzen aktuell nicht sinnvoll verwertet werden können. Aus Gründen des Natur- und Umweltschutz ist es jedoch geboten, das Material zu bergen. Eine Verwertung z.B. über das CoAct-Verfahren hat hier ein mengenmäßig großes Potential.

#### **3.3.2. Straßenbegleitgrün**

Das Straßenbauamt ist für die Pflege der 650 km Straßenstrecke im Bodenseekreis verantwortlich. Straßenbegleitgrün wird im Bodenseekreis von den drei Straßenmeistereien Überlingen, Meersburg und Tettnang auf einer Breite von ca. 1,5 m am Straßenrand gemäht, die jeweils über sogenannte Mähzüge verfügen. Die Häufigkeit der Mähvorgänge richtet sich nach der Funktion der Fläche. Bankette werden ein bis zweimal gemäht, während Kurven oder Flächen vor Verkehrsschildern 2-3 mal pro Jahr gemäht werden. So ergibt sich aus der Grundfläche von knapp 300 ha aus Bankettfläche, Zwischenflächen und Fahrradwegen eine jährlich gemähte Fläche von rund 710 ha. Derzeit wird das Mähgut gemulcht und verbleibt auf der Fläche.

Typischerweise kann für die Mahd von Verkehrsbegleitflächen mit einem Flächenertrag von 8 t FM/ha bei extensiver Pflege gerechnet werden (Brosowski und Adler, 2014).

Der Ertrag der Verkehrsbegleitflächen liegt somit bei rund 5.700 t Frischmasse (FM)/Jahr, was bei einem TS-Gehalt von 40% knapp 2.300 t pro Jahr entspricht. Bei Anschaffung von entsprechender Bergetechnik liegt das mittelfristige Potenzial für CoAct bei 100 %.

Der Anfall der Restbiomasse verteilt sich auf den Zeitraum von Mai bis Oktober. Die Biomasse kann siliert werden, um sie lagerfähig zu machen.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Aktuell wird im Bodenseekreis das Straßenbegleitgrün nicht geborgen. Das führt dazu, dass das Bankett verschmutzt und durch Zersetzen der Biomasse sich Humus anreichert. Dieser muss alle 5-10 Jahre beseitigt und aufgrund von Belastungen entsorgt werden.

Durch einen Abtransport des Mähguts könnten Nährstoffe von den Straßenrändern abgefahren werden um so auf Magerflächen hinzuarbeiten und ein ökologisch wertvolleres Artengefüge zu unterstützen. Die Technik für den Abtransport des Schnittgutes ist zum Beispiel in Form von Absauganlagen andernorts vorhanden und könnte auch im Bodenseekreis eingesetzt werden.

### **Zwischenfazit**

Durch eine Bergung und Abtransport dieser Biomasse kann ein ökologischer und unter Umständen auch ein ökonomischer Mehrwert erzielt werden.

#### **3.3.3. Grünschnitt**

Sportplätze werden in der Wachstumszeit sehr häufig gemäht, um einen dichten, trittfesten und gut bespielbaren Rasen zu erhalten. Dadurch fällt bei den einzelnen Mäharbeiten sehr wenig Schnittmaterial an. Die befragten Akteure gaben an, dass dabei der Rasenschnitt nicht eingesammelt wird, sondern auf dem Platz verbleibt.

In der Stadt Friedrichshafen und den 22 weiteren Gemeinden des Bodenseekreises fällt bei der Erfüllung verschiedener kommunaler Aufgaben Grasschnitt an. Beispielhaft seien hier die Pflege städtischer Grünflächen und Parks, der Grünflächen an städtischen Liegenschaften, das Mähen und der Rückschnitt von Verkehrsbegleitflächen, die Pflege von Gewässerrandstreifen genannt. Diese Aufgaben werden von den Bauhöfen der jeweiligen Gemeinden erfüllt. Die Entsorgung bzw. Verwertung wird in den meisten Fällen über die Entsorgungszentren durch das Abfallwirtschaftssystem im Bodenseekreis erfasst. Zusätzlich zum Bringsystem werden für private Haushalte 3 Abholungen pro Jahr nach Voranmeldung organisiert.

Über diesen Prozess fallen im Bodenseekreis je nach Witterungsverlauf 15.600 – 18.300t holziges, halmartiges und grasartiges Material als gemischte Biomasse an (Angaben des Abfallwirtschaftsamts für 2014 -2018).

Das Material wird auf den Entsorgungszentren gelagert und zu Holzhackschnitzeln (holziger Bestandteil), zu Frischkompost und zu verschiedenen Qualitäten von kompostbasierten Gartenerden weiterverarbeitet, die das mit der Verwertung des Materials beauftragte Unternehmen in Eigenregie vermarktet.

### **Zwischenfazit**

Der durch das Abfallwirtschaftssystem bereits erfasste Grünschnitt (sog. „Grünabfall“) kommt als Inputmaterial für das CoAct-Verfahren im Sinne einer möglichst hochwertigen Kaskadennutzung von biogenen Abfallstoffen potenziell in Frage. Beim Grünabfall sind die Opportunitätskosten einer etwaig verminderten Kompostproduktion miteinzubeziehen.

## 3.4. Sonstige Biomassen

### 3.4.1. Trester (Obst/Wein)

Relevante Mengen an Trester fallen unter allen Obstsorten nur bei Äpfeln und beim Weinbau an. Die Apfelernte findet im Wesentlichen in den Monaten Juli bis Oktober und die Weinlese von September bis Oktober statt.

#### Obsttrester

##### Aktuelle Stoffströme

Der Großteil der Äpfel wird als Tafeläpfel vermarktet, da hier die besten Preise erzielt werden können. Obst, das den Vorgaben des Marktes nicht entspricht (Form, Farbe, Größe, Schale) wird zu Most/Saft verarbeitet. Die festen Pressreste (Apfeltrester) fallen als Nebenprodukt an. Die Apfelernte generell unterliegt starken Schwankungen zwischen den Jahren (Abbildung 5). Zudem ist die Qualität der Äpfel bezüglich der Vermarktbarkeit als Tafelobst unterschiedlich, weshalb die Trestermenge von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ist.

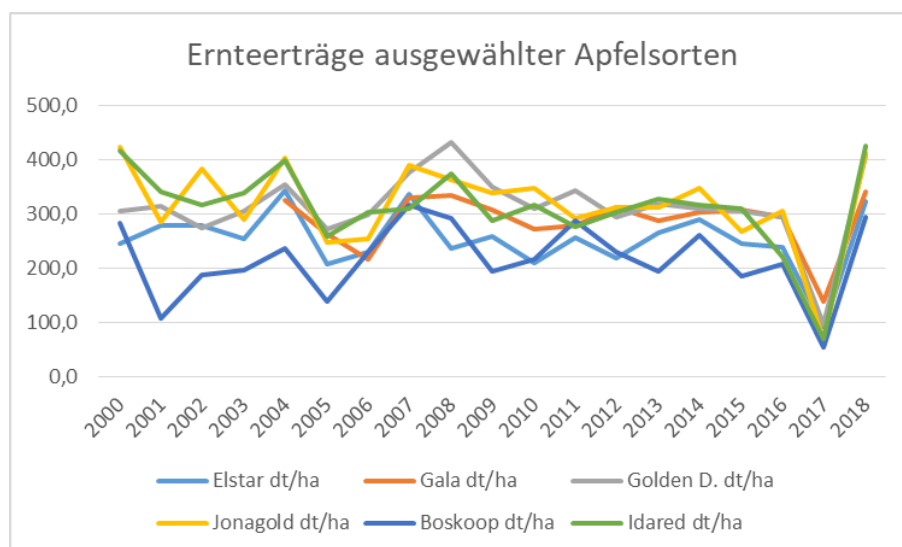


Abbildung 5: Ernteerträge in Baden-Württemberg von ausgewählten Apfelsorten (statistik-bw.de)

##### Aktuelle Stoffströme

Um einen Einblick in die Verwertungswege von Apfeltrester zu bekommen, haben wir mit einem Apfelbauern gesprochen, der neben einem Hofladen eine Saftpresse betreibt und im Lohn jährlich rund 60.000 Liter Saft presst und mit einem großen Unternehmen, bei dem zur Haupterntezeit allein an einem Tag 1.000 Tonnen Äpfel verarbeitet werden.

Der Landwirt gibt gut 30% des Tresters an Jäger ab, um Wild (an)zu füttern. Etwa 30 % des Tresters nehmen Bauern zurück, um es in die Apfelanlagen auszufahren. In nassen Jahren, wenn man die Plantagen möglichst nicht befahren sollte, wird weniger abgenommen, als in Jahren mit günstigen Ausbring-Bedingungen. Generell kann man sagen, dass nicht viel Apfeltrester in die Anlagen zur Düngung ausgebracht wird, da Apfeltrester sauer ist. Die Absenkung des pH-Wertes im Boden führt zu einer schlechteren Nährstoffverfügbarkeit im Boden.



Bei der Safftherstellung des größeren befragten Fruchtsaftproduzenten fallen rund 25.000 Tonnen Apfelnasstreter pro Jahr an. Der Trester wird mithilfe einer Trommeltrocknung getrocknet und zu 100 % an ein Unternehmen zur Pektin-Herstellung verkauft.

Aufgrund des großen Anfalls in der Bodenseeregion wurde Apfeltrester gleich im ersten Projektjahr erfasst und in Kassel näher untersucht. Leider stellte sich heraus, dass Apfeltrester für die Herstellung von Aktivkohle ungeeignet ist. Aus diesem Grund wurden keine weiteren Untersuchungen vorgenommen.

### **Zwischenfazit**

Aus technischen Untersuchungen des Apfeltresters im ersten Projektjahr stellte sich heraus, dass Apfeltrester aufgrund der technischen Eigenschaften nicht für das Co-Act-Verfahren geeignet ist und daher nicht weiter betrachtet wird.

### **Weintrester**

Aus einem Kilogramm von Hand geernteter Weintrauben lässt sich bei den durchschnittlichen Presstechniken eine Mostausbeute von 70 – 80 % erzielen<sup>20</sup>. Abzüglich der Verluste im Weinkeller (Hefe, Süßtrub) fallen laut Expertenaussagen im Schnitt als fester Rückstand 14% Trester (abgepresste Beeren - Schalen und Kerne) sowie 3% Rappen (Stängel) als Nebenprodukte/Reststoffe der Weinproduktion an.



Abb. 6: Weintrester

### **Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit**

Die Weinlese findet in den Monaten September und Oktober statt und kann sich bis in den November ziehen. Im Bodenseekreis wird laut Statistischem Landesamt 2018 auf 526 ha Wein angebaut<sup>21</sup>. Weiter hat es für das Anbauggebiet Bodensee im Schnitt der letzten fünf Jahre eine Erntemenge von 74,56 hl/ha Traubenmost angegeben. Bei einer durchschnittlichen Mostausbeute von 75% fallen im Bodenseekreis rund 1,4 t/ha Weintrester und 0,3 t/ha Stielgerüste an. Hochgerechnet auf den gesamten Bodenseekreis wäre das eine Menge von rund 730 t Trester und knapp 130 t Rappen pro Jahr. Dabei ist berücksichtigt, dass auf rund 100 ha Rebfläche mit dem Vollernter gelesen wird, bei dem die Stielgerüste auf der Fläche verbleiben.

Verschiedene Befragte gaben an, dass im Durchschnitt der Jahre etwa 5-10% des Tresters für Tresterbrand verwendet wird. Theoretisch kann man von rund 680 Tonnen Trester und rund 130 Tonnen Rappen ausgehen, die in den Monaten September und Oktober im Bodenseekreis anfallen. Weintrester hat im Schnitt einen TS-Gehalt von rund 35 %, weshalb wir von rund 240 t Trester-TM ausgehen.

Der Tresterbrand findet in den Wintermonaten November bis Dezember statt. Zum einen ist die Spitzenarbeitsbelastung der Weinlese vorbei und der Winzer hat Zeit für den Brand, zum anderen ist der Weintrester nach vier bis sechs Wochen so weit vergoren, dass er gebrannt werden kann. Nach

<sup>20</sup> <http://vitipendium.de/Auspressen> aufgerufen am 20.09.2019

<sup>21</sup> [https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische\\_Berichte/339118001.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/339118001.pdf) aufgerufen am 20.09.19

dem Brand steht auch der ausgebrannte Weintrester als Reststoff zur Verfügung. Wobei eine Erfassung der 50 Tonnen wirtschaftlich schwer darzustellen wird, da der Mengenanfall vor Ort gering ist und auf den Bodenseekreis verteilt stattfindet.

### Aktuelle Stoffströme

Bei der Lese von Hand werden die Weinbeeren in Trauben mit samt den Stielgerüsten geerntet. Bei der Ernte mit einer Erntemaschine (Vollernter) werden die Weinbeeren am Rebberg von den Stielgerüsten geschüttelt. Die Stielgerüste (Rappen) verbleiben am Rebstock.

Beim Keltern der Trauben werden die Beeren von den Stielgerüsten abgebeert und anschließend ausgepresst. Je nach Weinsorte verweilt der Most in der Maische unterschiedlich lange, bei Rotweinen oft unter Zugabe der Stielgerüste. In der Verarbeitung fallen Trester und Stielgerüste gesondert an. In der Entsorgung werden diese Fraktionen in der Regel wieder vermischt.

Das gängige Verfahren ist, die Tresterreste in den Weinberg mit einem schmalen Kompoststreuer auszubringen, zum einen zur Nährstoffrücklieferung, zum anderen zur Entsorgung. Mehrere befragte Winzer gaben an, aktuell oder in der Vergangenheit, Trester an Biogasanlagen abgegeben zu haben. Dabei zahlen die Winzer die Kosten für den Transport. Man kann also davon ausgehen, dass der Entsorgungsgedanke dabei im Vordergrund steht.

Es wurde auch berichtet, dass das Ausbringen von Trester Wühlmäuse anlocken kann sowie zur Ausbreitung der Kirschessigfliege beitragen kann. Andere berichteten, dass der Trester, der im alkalischen Bereich liegt, den Boden ansäuert, was zu einer schlechteren Nährstoffverfügbarkeit im Boden führen kann.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Da der Trester als Nebenprodukt der Weinproduktion anfällt, wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Biomasse Weintrester beim Abpressen des Traubenmosts entsteht, weshalb die Biomasse-Logistikketten ab hier beleuchtet werden.

Zum Transport des Tresters von Winzervereinen zum eigenen Betrieb verwenden die Winzer ihre Schlepper sowie Anhänger oder Palettenkisten. Wird auf dem eigenen Betrieb abgepresst, kann direkt von der Tresterhalde der Trester in Kompoststreuer geladen und damit im Weinberg ausgebracht werden. Die Technik für Transport ist auf den Betrieben vorhanden. Technik zum Ausbringen, wie Kompoststreuer, kann über einen Maschinenverleih/-ring gemietet werden. Größere Betriebe haben eigene Geräte.

In der Regel fallen geringe Transportdistanzen für den Trester an, was aus ökologischen Gesichtspunkten positiv zu beurteilen ist.

Aus Naturschutzgründen darf der Trester nicht ausgebracht werden, wenn die Böden gefroren, gesättigt oder überschwemmt sind und daher nicht aufnahmefähig. Nach der neuen Düngeverordnung sind Winzer angehalten, den Trester innerhalb von fünf Tagen wieder in den Weinberg aus zu bringen. Das fällt in eine Zeit mit starker Arbeitsbelastung. Sollte wegen ungünstiger Bodenverhältnisse oder



aus anderen Gründen eine Zwischenlagerung erforderlich sein, muss darauf geachtet werden, dass kein Sickerwasser in oberirdische Gewässer gelangt.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Die Erkenntnisse zu den Stoffströmen legen nahe, dass ein großer Teil des Tresters abgegeben werden würde und für das CoAct-Verfahren zur Verfügung stünde. Trester ist insofern eine interessante Biomasse, als dass Trester als Nebenprodukt bei der Weinproduktion anfällt. Die Kosten für Anbau, „Einsammeln“, Transport der Trauben sowie das Abpressen ist der Weinproduktion zugeordnet. Die Biomasse fällt konzentriert in größeren Mengen an festen Orten an und muss nicht extra aufgenommen oder eingesammelt werden. Ein Transport des Tresters zu einer CoAct-Anlage im Bodenseekreis sollte ohne weiteres realisiert werden können.

### **Zwischenfazit**

Bei verschiedenen Winzern ist eine Abgabebereitschaft bzw. ein gewisser Abgabewille des Weintresters zu erkennen. Nach Aussagen der befragten Winzer kann der Nährstoffabtransport durch Fahrgassenbegrünung und Düngung ausgeglichen werden. Arbeitswirtschaftlich bräuchte das Vorteile für die Winzer. Inwieweit sich eine Verwertung des Weintresters ökologisch und ökonomisch auswirkt, müsste näher untersucht werden. Zudem scheint die Biomasse interessante Stoffeigenschaften mitzubringen, weshalb diese Restbiomasse eingehender betrachtet wird.

### **3.4.2. Laub**

Jedes Jahr im Herbst fällt in Städten und Gemeinden Unmengen an Laub an und stellt eine Herausforderung für die Straßenpflege dar. Auf Basis früherer Arbeiten der Universität Kassel ist bekannt, dass es bei Laub durchaus Unterschiede gibt und die Verwertbarkeit stark davon abhängt, wann und wo das Laub aufgenommen wird.

Laub von Straßen und Plätzen, das feucht in Haufen zusammengekehrt wird, weist in der Regel einen hohen Verschmutzungsgrad auf. Zum einen ist es mit Schadstoffen belastet, zum anderen wird beim Aufnehmen des Laubs in nicht unerheblichem Maß Splitt aufgenommen. Daher ist dieses Laub für die Herstellung von Aktivkohle ungeeignet.

Ist das Laub hingegen frisch herabgefallen und kann es womöglich von Parkflächen geborgen werden, wo es nicht mit Split und Verunreinigungen im Straßenverkehr kontaminiert wird, ist eine Verwertung als Aktivkohle denkbar.

### Aktuelle Stoffströme

Laub wird in den meisten Gemeinden im Bodenseekreis von den jeweiligen Bauhöfen eingesammelt. Einige Gemeinden verwerten das Laub über eine Eigenkompostierung, andere geben es an den vom Abfallwirtschaftsamt betriebenen Entsorgungszentren gegen eine Entsorgungsgebühr ab.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Zumeist wird das Laub von Bauhofmitarbeitern auf unterschiedlichen Flächen eingesammelt und auf Pritschenwägen abtransportiert. Eine getrennte Erfassung der unterschiedlichen Fraktionen ist

möglich, wenn es in die Arbeitsplanung integriert wird. Die Straßen werden zumeist durch Kehrmaschinen vom Laub gereinigt.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Es wäre eine Überlegung, an den Entsorgungszentren Container für sauberes Laub bereitzustellen. Wenn die Abgabe von sauberem Laub über diesen Weg kostenfrei angeboten werden könnte, böte das einen Anreiz für die Entsorger, Laub in sauberem Zustand zu bergen.

Das Material aus den Straßenkehrmaschinen ist aufgrund der großen Verschmutzungen nicht für CoAct geeignet.

Da die Bäume vor dem Abwerfen der Blätter die Nährstoffe aus den Blättern ziehen und in die Wurzel geben, ist Laub für das IFBB-Verfahren uninteressant, da keine nennenswerten Nährstoffmengen zur weiteren Verwertung ausgewaschen werden können.

### **Zwischenfazit**

Da Laub für Städte und Gemeinden im gesamten Bundesgebiet eine Herausforderung darstellt und in sauberem Zustand womöglich für die Herstellung von Aktivkohle geeignet ist, soll es im Folgenden weiter betrachtet werden.

#### **3.4.3. Hopfenhäcksel**

### Mengenaufkommen und raumzeitliche Verfügbarkeit

Laut Aussage des Mitarbeitenden im Landwirtschaftsamt werden im Bodenseekreis um Tettngang auf rund 1.500 ha Hopfen angebaut. Dabei fallen rund 12 t Frischmasse pro Hektar an, wodurch der Gesamtertrag an Hopfenhäcksel im Bodenseekreis bei rund 18.000 t Frischmasse liegen wird. Der Trockensubstanz(TS)-Gehalt von Hopfenhäcksel liegt bei ca. 30 %, d.h. es liegen jährlich 5.400 Tonnen Trockenmasse vor.

### Aktuelle Stoffströme

Die Ernte findet je nach Abreife und Witterung in der Zeit zwischen Ende August und Mitte September statt. Dabei werden die Hopfenreben knapp über dem Boden abgeschnitten und mit Pflückmaschinen von den Gerüstanlagen gerissen. Anschließend werden sie zum Hof gefahren. Dort werden mittels Pflückmaschinen die Dolden vom Hopfenstock getrennt. Der Hopfenstock wird anschließend gehäckselt.

Die direkte Ausbringung des Hopfenhäcksels ist ein Problem wegen pilzlicher Erreger, die dann noch nicht abgetötet sind z.B. Hopfenwelke. Sinnvollerweise würde zuerst eine Kompostierung des Hopfens durchgeführt, wobei durch die Temperaturentwicklung ein Großteil der Schaderreger unschädlich gemacht würde. Gemäß der Düngeverordnung kann nicht mehr wie bisher der angewelkte Hopfenhäcksel im Winter ausgebracht werden, sondern sollte auf aufnahmefähigen Boden bzw. Bewuchs i.d.R. vor dem 01.11. des jeweiligen Erntejahres ausgebracht worden sein. Der Großteil der Hopfenbauern bringt den Hopfenhäcksel mit einem Kompoststreuer aus.

Etwa 3.000 t Frischmasse Hopfenhäcksel wird in einer lokalen Biogasanlage siliert und verwertet. Ein großes Problem stellt der Draht dar, der dem Hopfen als Rankhilfe diente und im Hopfenhäcksel

vorliegt. Der Hopfenhäcksel wird zwar an der Biogasanlage nochmals mit einem Schredder zerkleinert, der über einen Magnetabscheider verfügt. Dennoch wickeln sich Drahtreste um Kabel, Rührwerk etc. (die Güllepumpe hat laut Betreiber verwunderlicher Weise kein Problem). Die Drahtreste werden mit einem Magneten nach dem Endlager vor dem Ausbringen herausgefiltert. Der Trockensubstanz (TS)-Gehalt von Hopfenhäcksel liegt bei ca. 30 %.

### Beleuchtung der Biomasse-Logistikketten im Sinn einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (technische Faktoren, Naturschutz- und Umweltaspekte, sozioökonomischer Rahmen)

Sowohl bei Hopfenbauern, als auch beim Biogasanlagenbetreiber besteht eine Bereitschaft, Hopfenhäcksel abzugeben. Der Vorteil liegt in der Tatsache, dass die Hopfen auf die Biomasse bezogen relativ hohe Hektarerträge erzielen von denen mit den Dolden nur ein geringer Prozentsatz genutzt wird, also viel Reststoff anfällt. Dieser hohe Biomassenanfall beschränkt sich zudem auf eine überschaubare Anzahl an Akteuren in der Region.

### Erste Handlungsempfehlung im Hinblick auf eine Optimierung im Sinne des CoAct-Verfahrens

Da diese große Menge in einem sehr engen Zeitfenster anfällt, müsste Hopfenhäcksel für die Lagerung haltbar gemacht werden. Auf der befragten Biogasanlage wird der Hopfenhäcksel mitsamt anderer Biomassen, darunter Mais, siliert. Eine Konservierung in dieser Kombination funktioniert problemlos. Sollte Hopfenhäcksel sich technisch für die Herstellung von Aktivkohle eignen, müsste noch geprüft werden, wie mit eventuellen Drahtresten umgegangen bzw. vorgebeugt werden kann.

### **Zwischenfazit**

Für einen großen Teil dieser Biomasse gibt es eine hohe Abgabebereitschaft. Aufgrund der hohen Hektarerträge an Pflanzenmasse, dem relativ ungünstigen Verhältnis von Hopfendolden zu Restpflanzenmaterial und damit Hopfenhäcksel und aufgrund von phytosanitären Effekten wäre ein alternativer Verwertungsweg für einige Landwirte interessant. Auswirkungen auf die Humusbilanz und andere Effekte müssten dabei näher untersucht werden.

#### **3.4.4. Bioabfall**

Im Bodenseekreis wird in einem flächendeckenden Holsystem Bioabfall aus Privathaushalten, Gewerbebetrieben und anderen Einrichtungen in genormten Behältern in regelmäßigem Turnus eingesammelt.

Von 103.164 Haushalten im Bodenseekreis sind 90.491 (Stand 1/2020) an die Bioabfallentsorgung angeschlossen. Ein geringer Teil der Haushalte sind zu 100 % Eigenkompostierer (ca. 12 %; laut Angaben des Abfallwirtschaftsamts). Auf diese Weise werden im mehrjährigen Durchschnitt etwa 16-17.000 t FM Bioabfall im Bodenseekreis erfasst, bei ca. 60 % TS-Gehalt.

Sowohl die Menge als auch die Zusammensetzung des Bioabfalls schwankt dabei beträchtlich zwischen dem Sommer- und Winterhalbjahr, sowie auch zwischen Jahren mit guten Wachstumsbedingungen und solchen mit trockenen und heißen Sommern.

In einer Bioabfallvergärungsanlage im Nachbarlandkreis Ravensburg wird aus dem Bioabfall gemäß dem aktuellen Stand der Technik in der Bioabfallverwertung elektrischer Strom und Wärme sowie

Flüssigdünger und Biogasanlagenkompost als Nebenprodukte gewonnen. Der Bioabfall aus dem Bodenseekreis stellt dabei 70-80 % des Inputs der Anlage dar. Der verbleibende Gärrest wird zu Flüssigdünger und Kompost weiterverarbeitet und durch umliegende Landwirte abgenommen und auf ihren Feldern ausgebracht.

### **Zwischenfazit**

Grundsätzlich könnte Bioabfall bzw. Gärrest aus der Bioabfallvergärungsanlage als Potenzial für das Projekt CoAct erschlossen werden und soll daher im weiteren Projektverlauf mitbetrachtet werden. Biomüll als Ausgangsstoff ist dabei zum einen gekennzeichnet durch ein hohes Maß an stofflicher Inhomogenität wie auch durch Verunreinigungen mit nicht-organischen Fremdstoffen (wie z.B. mit Kunststoff- und Glasrückständen), die sowohl das Ausgangsprodukt wie auch die Folgeprodukte in der Prozesskette (bspw. den festen Gärrückstand aus der Bioabfallvergärung) betreffen.

Im weiteren Projektverlauf zu bewertende, maßgebliche Faktoren für eine Nutzung sind in diesem Fall der technische Aufwand für eine Auftrennung und weitergehende Aufreinigung des gesammelten Bioabfalls, sowie mögliche Auswirkungen von Verunreinigungen auf die Aktivkohleeigenschaften. Beides steht möglicherweise als technische/wirtschaftliche Hürden einer Nutzung des Materials im CoAct-Verfahren entgegen.

#### **3.4.5. Siebüberlauf Biogasanlagen-Kompost**

Bei der Vergärung des oben angeführten Bioabfalls wird holziges Material als Strukturbeigabe in dem Pflropfenstromfermenter zugegeben, um Ablagerungen und das Bilden einer Schwimmdecke zu verhindern und so den Gärvorgang zu stabilisieren. Dabei handelt es sich um holzige Bestandteile aus der Grünabfallverwertung (siehe 3.3.3 Grünschnitt), die zu Hackschnitzeln verarbeitetet und in der Größenordnung von etwa 2.000 – 3.000 t/Jahr wird als Strukturbeigabe in der Biomüllverwertung eingesetzt werden.

Nach Kompostierung des Gärrests wird der Kompost abgesiebt. Dabei fällt diese Strukturbeigabe als Siebüberlauf an. Dieses Material hat eine Körnung von 10 – 150 mm und beläuft sich aufgrund der Kapazität der Anlage auf ca. 2.000-3.000 t/Jahr.

Bisher wird das Material ähnlich (wie Holzhackschnitzel) an eine Feuerungsanlage abgegeben, erzielt aufgrund der Verunreinigung mit Fremdstoffen und des Überangebots an konventionellen Hackschnitzeln jedoch derzeit einen negativen Preis. Die durchschnittliche Transportdistanz zum Abnehmer beträgt rund 130 km und wird mit Container-LKWs bewerkstelligt, was zusätzlich zum negativen Abnahmepreis Transportkosten verursacht. Die technische Eignung vorausgesetzt, wäre dieses Material potenziell für eine Verwendung im CoAct-Verfahren regional in großer Menge und zu niedrigen Kosten verfügbar.

### **Zwischenfazit**

Grundsätzlich könnte der Siebüberlauf aus der Bioabfallverwertung als Potenzial für das CoAct-Verfahren genutzt werden, da er zu einem Großteil aus holzigem Material besteht und derzeit keine hochwertigen Verwertungsmöglichkeiten bestehen. Jedoch müsste sowohl die technische Eignung des Ausgangsmaterials wie auch die Bedeutung von Verunreinigung für die Aktivkohleeigenschaften im weiteren Projektverlauf geklärt werden.

## 4. Fazit und Ausblick

Die Studie zeigt auf, dass im Bodenseekreis genügend verfügbare Restbiomasse vorhanden ist, um eine oder mehrere CoAct-Anlagen zu betreiben. Zudem gibt es eine gewisse Anzahl an Kläranlagen mit einer aktivkohlebasierten 4. Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffelimination im näheren Umkreis, die bei weiterem Ausbau der 4. Reinigungsstufe in Zukunft vermutlich weiter zunehmen wird. Bei geeigneter Qualität der erzielten Aktivkohlen und vergleichbaren Preisen bietet sich ein großer Absatzmarkt.

Bezüglich der anfallenden Restbiomassen gibt es bei verschiedenen Biomasseströmen ausreichend Optimierungspotenzial - sowohl ökologisch als auch ökonomisch. Hier könnte die Verwertung über das CoAct-Verfahren einen ökologisch und ökonomisch sinnvollen Verwertungsweg aufzeigen, was eine Investition in diese Technologie rechtfertigen könnte.

Die Nutzung einiger Biomassen (z.B. Straßenbegleitgrün, Holz aus Obstproduktion) ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden, insbesondere bei Maschinen und Logistik. Hier ist jedoch ein hoher ökologischer Nutzen durch einen nachhaltigen Verwertungsweg zu erwarten. Die ökonomische Tragfähigkeit für vor allem die Logistik muss detailliert untersucht werden. Dabei könnten, wie z.B. im Fall von Straßenbegleitgrün, weitere positive Nebeneffekte entstehen, wie beispielsweise das Einsparen bzw. Vermindern der Freifräsungen des Banketts, woraus sich zusätzliche ökonomische und ökologische Vorteile ergeben.

Andere Biomassen fallen bereits zentral an und werden mit vorhandener Logistik geborgen (z.B. Weintrester, Hopfenhäcksel, Brennschlempe). Eine Nutzung dieser Biomassen ist ökonomisch voraussichtlich leichter darstellbar. Hier würde das zeitintensive Ausbringen der Biomassen wegfallen. Mehrere Akteure haben uns eine Abgabewilligkeit rückgemeldet. Dabei müssten insbesondere die ökologischen Auswirkungen detailliert untersucht und bewertet werden.

Neben den Erkenntnissen aus diesem Bericht bezüglich Mengenaufkommen und raumzeitlicher Verfügbarkeit müssen auch die Informationen zur technischen Eignung, der ökonomischen Tragfähigkeit, den ökologischen Auswirkungen, den rechtlichen Rahmenbedingungen und der gesellschaftlichen Akzeptanz in eine Entscheidung eingehen. Zur weiteren und abschließenden Bewertung aller Informationen und Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt wurde in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern im Projekt ein Entscheidungsweg entwickelt, der aus einem Entscheidungsbaum und einer Entscheidungsmatrix besteht. Mit Hilfe dieses Entscheidungswegs können die unterschiedlichen Bewertungen der einzelnen Fachdisziplinen abgewogen und eine fundierte Entscheidung für die geeignetsten Biomassen im Bodenseekreis getroffen werden. Diese Bewertungen werden im weiteren Verlauf der Forschungs- und Entwicklungsphase vorgenommen.

## 5. Quellenangaben

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2017): *Verwertung von Körnermaisstroh für die Biogaserzeugung*

<https://www.lfl.bayern.de/ipz/mais/076707/index.php> aufgerufen am 26.02.20

Bodenseekreis: Landschaftserhaltungsverband Bodenseekreis e.V.

[www.bodenseekreis.de/lev](http://www.bodenseekreis.de/lev) aufgerufen am 26.09.2019

Brosowski, A. und Adler, P. (2014). Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ: Ergebnisvorstellung technische Biomassepotenziale. 14. *Workshop Bioenergie-Regionen 2. Förderphase*, 11. März 2014 in Straubing.

[https://www.dbfz.de/fileadmin/user\\_upload/Referenzen/Berichte/BER\\_Brosowski\\_Praesentation.pdf](https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Berichte/BER_Brosowski_Praesentation.pdf) aufgerufen am 07.12.2018

Kaminholz-Wissen: Spezifisches Gewicht von Holz / Brennholz / Dichte Holz

<http://www.kaminholz-wissen.de/gewicht-von-holz-dichte.php> aufgerufen am 22.01.2020

Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg (2019): *Kläranlagen mit einer Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffelimination in Baden-Württemberg –16 Anlagen in Betrieb*

[https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3\\_Umwelt/Schutz\\_natuerlicher\\_Lebensgrundlagen/Wasser/1912\\_Klaeranlagen\\_BW\\_mit\\_Spurenstoffelimination.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Schutz_natuerlicher_Lebensgrundlagen/Wasser/1912_Klaeranlagen_BW_mit_Spurenstoffelimination.pdf) aufgerufen am 26.02.20

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2018): *Faustzahlen für die Landwirtschaft*

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2015): *Datensammlung Landschaftspflege*

Kurzstudie zum Meilenstein 1 – Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Restbiomassepotenzials in der gesamten Projektregion (Dez. 2018)

Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum (LEL), Schwäbisch Gmünd, Ref 31 (2017). *Landwirtschaftliche Anbauverhältnisse nach Kulturgruppen 2017 LRA Bodenseekreis / ULB Friedrichshafen*

[https://www.bodenseekreis.de/fileadmin/03\\_umwelt\\_landnutzung/landwirtschaft/downloads/kennzahlen/ULB\\_Friedrichshafen\\_-\\_Anbauverhaeltnisse.pdf](https://www.bodenseekreis.de/fileadmin/03_umwelt_landnutzung/landwirtschaft/downloads/kennzahlen/ULB_Friedrichshafen_-_Anbauverhaeltnisse.pdf) aufgerufen am 19.12.2018

Netzwerk Streuobst Mössingen (2015): *Abschlussbericht Energiebündel & Flowerpower Modellprojekt zur Biomassenutzung der Landschaft um Mössingen und Nehren unter ökologischen und ökonomischen Aspekten*

[http://www.energiebueindel-und-flowerpower.de/wp-content/uploads/energiebueindel-und-flowerpower\\_abschlussbericht.pdf](http://www.energiebueindel-und-flowerpower.de/wp-content/uploads/energiebueindel-und-flowerpower_abschlussbericht.pdf) aufgerufen am 20.03.20

PatentDe (2008): *Verfahren zur Verwertung von Schlempe*

<http://www.patent-de.com/20081002/DE102006022729B4.html> aufgerufen am 20.02.20

Schreiner Seiten (2016): *Buche*

<https://www.schreiner-seiten.de/holzarten/buche.php> aufgerufen am 26.09.2019

Staatliche Lehr und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau: *Was zeigt uns die Schnittholzmenge an?*

<http://lwwo-bw.de/pb/Lde/Startseite/Fachinformationen/Was+zeigt+uns+die+Schnittholzmenge+an ?LISTPAGE=669634> aufgerufen am 26.09.2019

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017): *Ackerland seit 1979 nach Fruchtarten*

<https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Bodennutzung/05025037.tab?R=KR435> aufgerufen am 25.02.20

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2019): *Elstar und Jonagold sind beliebt – Obstanbau in Baden-Württemberg – Monatsbericht 10/2019*

<https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/20171005?path=/Landwirtschaft/Ernte/#ft-nr-ref1> aufgerufen am 22.01.2020

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017): *Statistische Berichte Baden-Württemberg - Ergebnisse der Baumobstanbauerhebung 2017*

<http://fruchtnews.de/wp-content/uploads/2017/09/BW-Baumobstanbauerhebung-2017.pdf> aufgerufen am 22.01.2020

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2019): *Statistische Berichte Baden-Württemberg - Mit Keltertrauben bestockte Rebflächen in Baden-Württemberg 2018*

[https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische\\_Berichte/339118001.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/339118001.pdf) aufgerufen am 20.09.19

TopAgrar (2019): *Maisstroh: Aus Reststoff wird Rohstoff*

<https://www.topagrar.com/energie/aus-dem-heft/maisstroh-aus-reststoff-wird-rohstoff-11523781.html> aufgerufen am 11.10.19

Umweltbundesamt (2018). *Struktur der Flächennutzung.*

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung#textpart-1> aufgerufen am 27.12.2018

Vitipendium: *Auspressen*

<http://vitipendium.de/Auspressen> aufgerufen am 20.09.2019