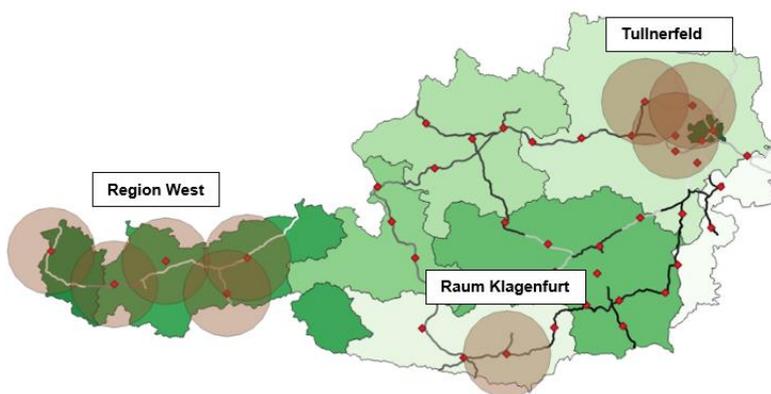


# Zukunftsweisende Nutzung des Biomassepotential aus der Pflege der Verkehrsinfrastruktur BioPot

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2020  
**VIF 2020**

Juli 2023



## Impressum:

### Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Klimaschutz  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
1030 Wien

 **Bundesministerium**  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG  
Praterstern 3  
1020 Wien



Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-  
Aktiengesellschaft  
Austro Tower  
Schnirchgasse 17  
1030 Wien



### Für den Inhalt verantwortlich:

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH  
Gewerbepark Haag 3  
3250 Wieselburg-Land



### Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Thematische Programme  
Sensengasse 1  
1090 Wien



# **Zukunftsweisende Nutzung des Biomassepotential aus der Pflege der Verkehrsinfrastruktur BIOPOT**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung  
VIF 2020

**Autorinnen und Autoren:**

**Christa DIßAUER**

**Erwin BINNER**

**Marilene FUHRMANN**

**Marion HUBER-HUMER**

**Thomas LADURNER**

**Stefan SALHOFER**

**Christoph STRASSER**

**Auftraggeber:**

Bundesministerium für Klimaschutz

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

**Auftragnehmer:**

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft

## KURZFASSUNG

Biomasse, welche durch die Streckenerhaltung und Pflege von Grünflächen entlang der Verkehrsinfrastruktur anfällt, bleibt oft ungenutzt liegen oder muss kostspielig entsorgt werden. Bisher erfolgt die Entnahme der Biomasse aus verkehrstechnischen und betriebsrelevanten Gründen. Der Verbleib von Biomasse am Standort oder das oft praktizierte Mulchen können allerdings zu ungewünschten Düngeeffekten bzw. zur Ausbreitung von invasiven Neophyten beitragen und negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben.

Im Rahmen des VIF-BioPot Projektes wurde eine Literatur- und Datenbankrecherche durchgeführt, Biomassemengen von Energieholz, Baum- und Strauchschnitt sowie Mähgut (inkl. Neophyten) erhoben bzw. deren Qualitäten evaluiert. Die Biomassemengen wurden mithilfe von QGIS visualisiert und mit den Standortdaten von Biomassekonversionsanlagen verknüpft. Es wurden aktuell etablierte Konversionstechnologien (biotechnologisch) und mögliche zukünftige Technologieperspektiven (u.a. Pyrolyse, Festbett- und Wirbelschichtvergasung für die Synthesegasproduktion) techno-ökonomisch analysiert. Anhand von drei Business Cases wurden aktuell zielführende Verwertungsmöglichkeiten näher untersucht. Zudem erfolgte eine Darlegung der rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen für die unterschiedlichen Verwertungswege.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege mit diversen Herausforderungen konfrontiert ist, die dazu führen, dass vorhandene Potenziale derzeit zu einem großen Teil ungenutzt bleiben. Die Gründe hierfür liegen derzeit hauptsächlich in den rechtlichen und damit verbundenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Denn während für Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion Erlöse erzielt werden können, fallen für Materialien, die als Abfall eingestuft werden, Übernahmegebühren an, die das wirtschaftliche Ergebnis deutlich beeinflussen und derzeit eine Ernte und Bringung weitgehend unwirtschaftlich erscheinen lassen. Zusätzlich erschwert die häufig nur mit hohem Aufwand umsetzbare Logistik die Machbarkeit.

Um die Nutzung der Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege in Zukunft voranzutreiben, sind Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Erlass von praktikablen Abfallende-Verordnungen) sowie zeitnah zielführende finanzielle Instrumente (z.B. Anreizsysteme, Fördermaßnahmen) im Sinne einer Bioökonomie-basierten Kreislaufwirtschaft notwendig. Aktuelle regulative Entwicklungen und damit verbundene neue Umsetzungsziele im Energiesektor sowohl auf EU-Ebene wie in Österreich (siehe z.B. Entwurf Erneuerbares-Gas-Gesetz) könnten in Zukunft eine dahingehende Anpassung der Auslegung des Abfallbegriffes vorantreiben.

Werden die Grünflächen entlang der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien intensiver bewirtschaftet, würde sich somit ein **zusätzliches Rohstoffpotential ergeben, welches einen wertvollen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesystems sowie zur Kreislaufwirtschaft in Österreich leisten könnte.**

## INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG .....	4
1. EINLEITUNG .....	7
2. BIOMASSE AUS VERKEHRSINFRASTRUKTURPFLEGE .....	7
2.1. Abschätzung potenzieller Biomasse-mengen .....	8
2.2. Ergebnisse Biomasse-mengen und -qualitäten .....	11
2.3. Neophytenmanagement .....	13
3. BIOMASSE-KONVERSIONSPFADE .....	15
3.1. Vorhandene Biomasse Konversionsanlagen .....	15
3.2. Innovative Technologien .....	16
4. RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN .....	18
4.1. Abfallrecht .....	18
4.2. Energie und Nachhaltigkeit .....	19
5. BUSINESS CASES .....	20
5.1. Business Case 1 – Biogas Produktion .....	22
5.2. Business Case 2 – Biomethan Produktion .....	25
5.3. Business Case 3 – Biokohle Produktion .....	29
5.4. Logistik .....	32
6. WEITERE PERSPEKTIVEN .....	34
6.1. Kurzumtrieb .....	34
6.2. Thermo-chemische Gaserzeugung .....	35
6.3. Betriebsinterne energetische Nutzung der Holzbiomasse .....	38
7. SCHLUSSFOLGERUNG .....	41
REFERENZEN .....	43

## 1. EINLEITUNG

Die Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege ist mit diversen Herausforderungen konfrontiert, die dazu führen, dass vorhandene Potenziale derzeit zu einem großen Teil ungenutzt bleiben. Der Verbleib von Biomasse am Standort oder das oft praktizierte Mulchen können allerdings zu ungewünschten Düngeeffekten bzw. zur Ausbreitung von invasiven Neophyten beitragen und somit negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Bisher erfolgt die Biomasse Entnahme hauptsächlich aus verkehrstechnischen und betriebsrelevanten Gründen. Eine gesteigerte Ernte ist oftmals aus ökonomischen Gründen unattraktiv, da die Biomasse Abfall laut Abfallwirtschaftsgesetz ist und somit Entsorgungskosten zu entrichten sind. Außerdem darf die Biomasse nur an abfall- und gewerberechtlich befugte Abfallsammler- und -behandler übergeben werden. Allerdings bergen Flächen der ÖBB und der ASFINAG ein erhebliches Potenzial an Baum- und Strauchschnitt sowie Grünschnitt, das bisher allerdings nicht umfassend genutzt bzw. quantifiziert ist. Um dieses zu nutzen, gilt es gewisse Herausforderungen zu adressieren. Diese Hindernisse liegen v.a. auf logistischer, ökonomischer, ökologischer und rechtlicher Ebene. Zu diesem Zweck wurden im Projekt VIF-BioPot derzeit geerntete sowie potenzielle Biomassemengen (das sind Mengen, die bei einer Intensivierung des Biomasseertrages zu lukrieren wären), gegliedert in Energieholz, Strauchschnitt und Grünschnitt, abgeschätzt und mögliche Verwertungspfade beschrieben. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf das Neophytenmanagement gelegt. Die relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen wurden erörtert sowie drei konkrete Business Cases (Verwertung zu Biogas, Biomethan und Biokohle) im Detail betrachtet, die sich auf ausgewählte Modellregionen konzentrieren, welche für ÖBB und ASFINAG von Relevanz sind. Zusätzlich wurde ein Ausblick auf weitere Verwertungsmöglichkeiten gegeben (Flächennutzung für Kurzumtrieb, thermo-chemische Gaserzeugung und die betriebsinterne energetische Nutzung von Holzbiomasse). Die wesentlichen Ergebnisse sind in diesem Bericht zusammengefasst.

## 2. BIOMASSE AUS VERKEHRSINFRASTRUKTURPFLEGE

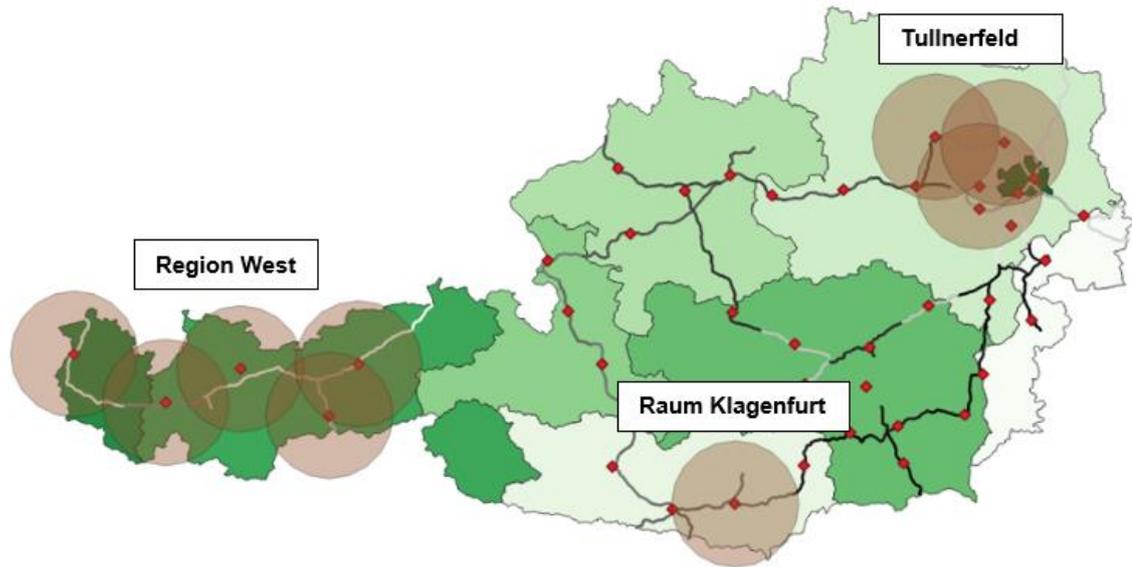
Biomasse fällt entlang der Verkehrsinfrastruktur (Eisenbahn, Autobahnen und Schnellstraßen) auf unterschiedlich strukturierten Flächen und in verschiedenen Qualitäten an, was mit speziellen Anforderungen in der Pflege, Ernte und Nutzung verbunden ist. Tatsächlich anfallende Biomassemengen sind nicht vollständig von ÖBB und ASFINAG dokumentiert.

Daher wurde ein Ansatz zur Abschätzung der potenziellen Mengen gewählt, welcher in diesem Kapitel erläutert wird. Darauffolgend werden die abgeschätzten Mengen dargestellt und die Thematik der Biomasse Qualität behandelt. Ein wichtiger Aspekt, dem außerdem besonderes Augenmerk gewidmet wurde, ist der Umgang mit invasiven Neophyten.

## **2.1. Abschätzung potenzieller Biomassemengen**

Für die Abschätzung der Biomassemengen wurden folgende Daten von ÖBB und ASFINAG bereitgestellt: Für die ÖBB diente eine shape Datei (.shp) als Basis, die alle Flächen im Besitz der ÖBB in verschiedenen Kategorien ausweist (z.B. Grünland, Feldgehölze und Strauchstrukturen sowie Waldflächen). Von der ASFINAG wurden Grünschnitt Erntemengen der Autobahnmeistereien (ABM) in Tirol und Vorarlberg sowie Holz Erntemengen für Österreich und Waldflächen pro ABM bereitgestellt. Durchschnittliche Flächenerträge für Energieholz, Strauchschnitt und Grünschnitt basieren auf Literaturangaben und wurden mit Erfahrungswerten abgeglichen. Die resultierenden Werte wurden für weitere Berechnungen von Szenarien verwendet, welche einerseits auf der Nutzung der derzeit anfallenden Biomassemengen basieren und andererseits eine zukünftige „Optimierung“ der Mengen (intensive Nutzung) abbilden. Unter intensiver Nutzung wird in diesem Projekt eine an den Standort angepasste Bewirtschaftung mit erhöhten Erntemengen verstanden. Je nach Fläche umfasst dies mind. zwei bis max. vier Mahden pro Jahr und gegebenenfalls eine Düngung, sofern dies für bestimmte Flächen angemessen ist.

Für die detailliertere Betrachtung anhand der Business Cases erfolgte eine Eingrenzung auf drei Modellregionen, die für ÖBB und ASFINAG Relevanz haben. Diese sind in Abbildung 1 und Tabelle 1 dargestellt bzw. beschrieben.



**Abbildung 1: Überblickskarte Modellregionen**

**Tabelle 1: Beschreibung der drei Modellregionen**

<b>Modellregion</b>	<b>Definition</b>	<b>Autobahnmeistereien</b>
Region West	Tirol und Vorarlberg (gesamte Bundesländerfläche)	Vomp (T) Plon (T) Imst (T) St. Jakob (T) Hohenems (V)
Tullnerfeld	West-Ost: Krems an der Donau – Grenze Wiens Nord-Süd: Wagram – Wienerwald	Jettsdorf Stockerau Pressbaum (Schnittstellen berücksichtigt)
Raum Klagenfurt	Politische Bezirke Klagenfurt und Klagenfurt-Land	Klagenfurt

Informationen zu Biomasse Qualitäten beruhen auf der Auswertung bestehender Literatur. Als Grundlage für eine räumliche Auswertung sowie der Abschätzung von Flächengrößen der ausgewählten Kategorien wurde ein Projekt in der Software QGIS angelegt. Hier wurden in einer Österreich Karte die folgenden Layer erstellt bzw. importiert:

- Bahnstrecken
- Autobahnen
- Autobahnmeistereien
- ÖBB Flächen
- Biomasse Konversionsanlagen: Biomasse-KWK<sup>1</sup>, Biogas, Heizwerke, Kompost

Minimal und maximal anfallende Biomasse­mengen wurden anhand der Flächendaten und durchschnittlicher Erträge berechnet. Diese beziehen sich jeweils auf die derzeitigen Erfassungsmengen sowie ein Szenario mit intensivierter Nutzung (gesteigerte Erträge bei intensivierter Nutzung von Energieholz und Grünschnitt, während die Strauchschnitt Mengen konstant bleiben). Die kleinstrukturierten Flächen der betrachteten Kategorien der ÖBB wurden je Modellregion summiert. Bezüglich ASFINAG wurden die ausgewiesenen Waldflächen für die Holzbiomasse sowie die betreuten Straßenkilometer pro Autobahnmeisterei für den Grünschnitt herangezogen.

Die angesetzten Durchschnittserträge sind Tabelle 2 zu entnehmen. Alle Biomasse­mengen wurden sowohl frisch (t-lutro bzw. t FM<sup>2</sup>) als auch trocken (t-atro bzw. t TM<sup>3</sup>) berechnet.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung

<sup>2</sup> t-lutro entspricht einer Tonne lufttrockenem Holz, äquivalent zu t Frischmasse (FM)

<sup>3</sup> t-atro entspricht einer Tonne absolut trockenem Holz, äquivalent zu t Trockenmasse (TM)

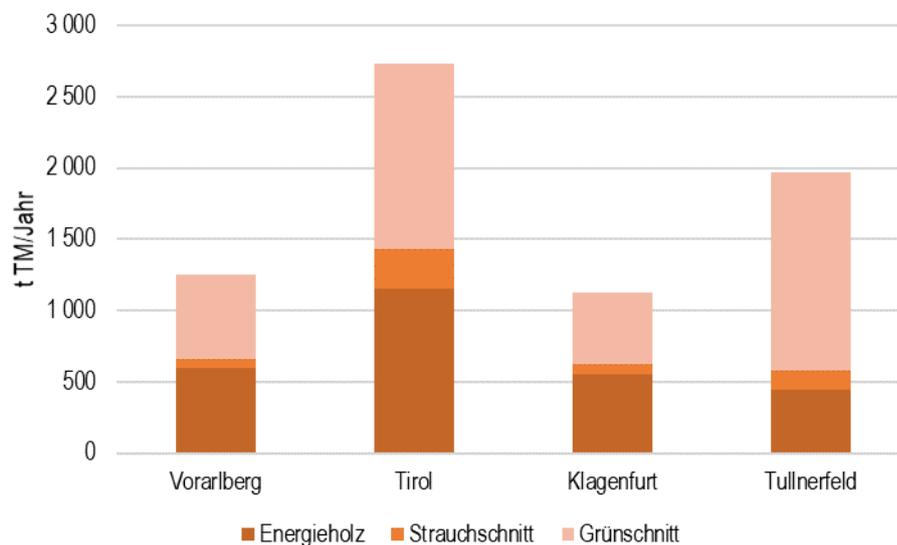
<sup>4</sup> Details zu den Modellregionen, Daten und Berechnungen sind im Bericht „Analyse Biomasse- und Anlagenverfügbarkeit“ (Arbeitspaket 3) zu finden.

**Tabelle 2: Flächenkategorien, die den Berechnungen der Biomassemengen zugrunde liegen sowie durchschnittliche Erntemengen bei derzeitiger sowie intensiver Nutzung**

	ASFINAG	ÖBB	Durchschnittliche Erntemenge derzeit	Durchschnittliche Erntemenge intensiv
<b>Energieholz (Hackgut)</b>	Wald lt. Forstgesetz [ha]	Waldflächen [ha]	0,7 t-atro/ha 1,0 t-lutro/ha	1,1 t-atro/ha 1,7 t-lutro/ha
<b>Sonstige Holzbiomasse (Strauchschnitt, Landschaftspflegeholz)</b>	Kein Wald lt. Forstgesetz [ha]	Feldgehölze und Strauchstrukturen [ha]	2,5 t-atro/ha 3,7 t-lutro/ha	
<b>Mähgut, Grünschnitt</b>	Betreute Autobahnabschnitte [km]	Grünland [ha]	1,1 t FM/km	4,3 t TM/ha 7,2 t FM/ha

## 2.2. Ergebnisse Biomassemengen und -qualitäten

Die abgeschätzten Biomassemengen werden hier überblicksmäßig für das Szenario der intensiven Nutzung summiert über ÖBB und ASFINAG angegeben, siehe Abbildung 2. Die detaillierteren Mengen sind für die drei Business Cases in Kapitel 5 dargestellt.



**Abbildung 2: Biomasse-Potenzial bei intensiver Nutzung der im Bereich der Verkehrswegepflege anfallenden Biomasse bei ÖBB und ASFINAG, für die Regionen Vorarlberg, Tirol, Klagenfurt und Tullnerfeld; Mengen in Tonnen Trockenmasse (TM) pro Jahr**

Die starke Variation in den Mengen liegt zum Teil an den unterschiedlichen Flächengrößen der Regionen (Bundesland, Bezirk) und deren Strukturen. Insgesamt macht Strauchschnitt einen relativ geringen Anteil aus, während sich Energieholz und Grünschnitt meist in ähnlichen Größenordnungen bewegen.

Ein wesentlicher Punkt, der neben den Biomassemengen berücksichtigt werden muss, ist die Biomassequalität. Diese wird auf verschiedene Weise beeinträchtigt. Auf der einen Seite spielt das sogenannte Littering v.a. im Straßenverkehr eine wichtige Rolle. Unter Littering versteht man das achtlose Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen an ihrem Entstehungsort in der Natur oder im öffentlichen Raum. Hotspots des Litterings sind z.B. öffentliche Plätze, stark befahrene Straßen sowie das nähere Umfeld von Take Away Restaurants. Gelitterte Abfälle sind für die weitere Verwertung der Biomasse problematisch bzw. mit großem Aufwand in der Sammlung und Aufbereitung verbunden. Vom gesamten anfallenden Abfall der ASFINAG werden derzeit etwa 20 % manuell gesammelt, wodurch im Jahr 2018 Kosten in der Höhe von ca. 6–7 Mio. EUR für 1.800 t Bioabfall entstanden sind (Stoifl und Oliva, 2020).

Neben durch Littering verursachten Störstoffen können andererseits auch Schadstoffe wie Chlor, Kupfer oder Salz problematisch sein. Der Einfluss von Streusalz auf den Chlorgehalt der Biomasse korreliert z.B. mit dem Bodenprofil und dem Vorhandensein von Drainagen. Entlang von Bahntrassen ist v.a. der Kupfergehalt von Strauch- und Grünschnitt relevant, welcher durch Abrieb von den Fahrleitungen entsteht. Neben teilweise erhöhten Werten von Schwermetallen sind in der Biomasse entlang der Schienenwege auch Kohlenwasserstoffe (einschließlich PAK), PCB (Polychlorierte Biphenyle) und einige Herbizide zu finden. Die Emission von PAK und anderen Kohlenwasserstoffen steht im Zusammenhang mit Holzschwellen und der Schmierung von Fahrzeugteilen (Wilkomirski et al., 2012). In der Vergangenheit eingebaute Holzschwellen wurden teilweise mit Bioziden auf Basis vom Wirkstoff Kreosot behandelt. Die ÖBB verwendet diese nicht mehr, sondern setzt nun alternative Holzschutzmittel ein. Allerdings können von bestehenden, mit Kreosot behandelten Holzschwellen noch Emissionen ausgehen.

Eine weitere Belastung stellt Mikroplastik dar, welches v.a. durch Reifenabrieb entsteht. Weltweit wird mit ca. 6 Mio. t Reifenabrieb pro Jahr gerechnet (das sind ca. 0,8 kg pro Einwohner und Jahr). In einer Studie des Fraunhofer Instituts (Bertling et al., 2018) wurde Reifenabrieb sogar als mit Abstand größte Quelle für Mikroplastik identifiziert. Laut Verschoor et al. (2016) landen etwa 40 % der Reifenabriebpartikel im Boden, 10 % in Oberflächengewässern, 45 % verbleiben auf dem Straßenbelag und 5 % gelangen in die Luft. Während es für den Reifenabrieb in Böden entlang von Straßen bereits Analysenwerte gibt

(Knight et al. (2020) nennen 60 bis 14.000 Partikel je Liter Boden), gibt es für Anhaftungen auf Pflanzen derzeit keine Daten.

Der Kraftfahrzeugverkehr (Treibstoffe, Motoröl, Bremsbeläge, Motorabgase, Reifen- und Straßenabrieb) emittiert außerdem Schwermetalle und organische Schadstoffe, die sich in den Böden, Pflanzen, Mikroorganismen und Tieren entlang von Verkehrswegen wiederfinden. Die Konzentrationen im Boden nehmen mit der Entfernung von der Straße und der Bodentiefe ab (De Silva, 2020).

Mit Änderungen der Fahrzeugtechnik hat sich während der letzten Jahrzehnte die Emissionszusammensetzung verändert. War es früher vor allem das als Treibstoffzusatz verwendete Blei (Pb), so zeigen seit dem Verbot von Bleizusätzen Elemente wie Mn (im Ersatzzusatz enthalten), sowie Pt, Pd und Rh (in Katalysatoren verwendet) steigende Konzentrationen.

Untersuchungen von Fischer-Jauch (1988) ergaben einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen und den vorhandenen Konzentrationen der Schwermetalle Pb, Cd, Ni, Cr, Zn, und Cu. Die Bleibelastung ist seither jedoch durch das Verbot von bleibelastetem Benzin deutlich gesunken (Sager, 2009).

Weiters hat der Einsatz von Auftausalz einen Einfluss auf Boden, Vegetation und Gewässer. Von Pflanzenschäden, die durch Salz entlang der Straßen verursacht wurden, wurde bereits vielfach berichtet (Thompson und Rutter, 1986; Richburg et al., 2001; Bryson und Barker, 2002; Czerniawska-Kusza et al., 2004; Keiko et al., 2006; alle zitiert in Devitt et al., 2014). Salz weist negative Effekte auf Pflanzenwachstum, Wurzelbildung, Regulierung der Spaltöffnungen und Photosyntheseleistung auf und führt zu Blattschädigung (Bresler et al., 1982; Devitt et al., 1984a, 1984b; Tanji et al., 1990; Viskari und Karenlampi, 2000; alle zitiert in Devitt et al., 2014). Salz hat auch einen negativen Einfluss auf die Verteilung von Tonpartikeln im Boden und kann damit zum Blockieren von Bodenporen führen (Bresler, 1982; zitiert in Devitt et al., 2014).

Nach Zehner et al. (2009) sind die maximalen Salzbelastungen im Bereich 1 bis 3 m Entfernung vom Straßenrand zu erwarten. Bereits in 5 bis 10 m Entfernung ist die Belastung auf Hintergrundwerte abgesunken.

Durch die schädigende Wirkung von Salz auf einheimische Pflanzen, können zudem salztolerante Neophyten (z.B. Ragweed) begünstigt werden (Milakovic, 2013).

### **2.3. Neophytenmanagement**

Invasive Neophyten sind gebietsfremde Pflanzen, die sich aus unterschiedlichen Gründen gegenüber heimischen Arten dauerhaft durchsetzen können. Sie verfügen über eine

besonders gute Anpassungsfähigkeit an Extrembedingungen wie Nässe, Trockenheit, Hitze und Kälte. Außerdem ist z.B. Ragweed wesentlich salztoleranter als die meisten heimischen Pflanzen. Somit hat Ragweed entlang von Straßen, die durch Salzstreuung eisfrei gehalten werden, Vorteile gegenüber einheimischen Pflanzen (Milakovic et al., 2014). Bevorzugte Ausbreitungspfade sind Gewässer, Straßen und Schienenanlagen, weshalb besonders bei der Verkehrsinfrastrukturpflege große Aufmerksamkeit auf ein adäquates Neophytenmanagement gelegt werden muss, um deren Verbreitung einzudämmen.

Die Bekämpfung von invasiven Neophyten ist sehr aufwändig und damit kostenintensiv. Ein angepasstes Neophytenmanagement kann jedoch langfristig Kosten senken (ÖWAV, 2013). Dieses hängt vom spezifischen Standort und dort vorkommenden Arten ab.

Neophyten können sich vegetativ oder durch Samenflug verbreiten. Um Samenflug zu unterbinden, sollten sie möglichst vor der Blüte (ÖWAV, 2013), unbedingt aber vor der Samenreife gemäht werden. Andererseits kann ein zu frühes Mähen die Blüten- bzw. Samenbildung antreiben (Milakovic, et al., 2014). Weiters ist zu beachten, dass unreife Samen nach Abschneiden der Pflanzen nachreifen können (Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2013).

Da der Pflanzenzustand stark von den örtlichen Witterungsverhältnissen beeinflusst wird, sollte im Bekämpfungsplan während der Vegetationsperiode ein wöchentliches Monitoring der Standorte vorgesehen werden. Wichtig ist auch, die Pflanzen möglichst tief abzuschneiden, um die Anzahl an möglichen Austriebstellen (Knospen) zu minimieren. Ein zu früher Mahdtermin Ende April/Mai fördert das Ragweedwachstum, weil ortsübliche Pflanzen bereits früher austreiben und durch Schattenbildung das Ragweedwachstum hemmen können. Ein zu später Termin (September) fördert Ragweed ebenfalls wegen der Verschleppung von Samen durch die Mahd.

Auch ein häufigerer Schnitt kann sich positiv auf das Neophytenmanagement auswirken. Um die Verbreitung von Neophyten einzudämmen, sollte daher mind. drei- bis viermal pro Jahr (Frühjahr bis Hochsommer, jeweils vor der Blüte) geschnitten werden. Dies hängt von der jeweiligen Pflanze und dem Blütezeitpunkt ab, z.B. sollte zur Bekämpfung von Springkraut sogar vier- bis achtmal geschnitten werden, während bei der Goldrute zwei Schnitte pro Jahr (Mai und Oktober) ausreichen. Eine verstärkte Biomasseentnahme kann außerdem positiv zur Biodiversität am Standort beitragen (z.B. durch die Entnahme dominierender Pflanzenarten).

### 3. BIOMASSE-KONVERSIONSPFADE

Für den Überblick der Biomasse-Konversionspfade wird zwischen (kommerziell) vorhandenen Technologien (Kapitel 3.1) sowie innovativen Technologien (Kapitel 3.2), welche sich noch im Entwicklungs- bzw. Demonstrationsstadium befinden, unterschieden.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der innovativen Verwertungsmöglichkeiten für Biomasse aus der Pflege der Verkehrsinfrastruktur. Diese hängen von der Qualität und auch den Mengen der Biomasse ab. Die spezifischen Anwendungsfälle werden z.T. in den Business Cases betrachtet.

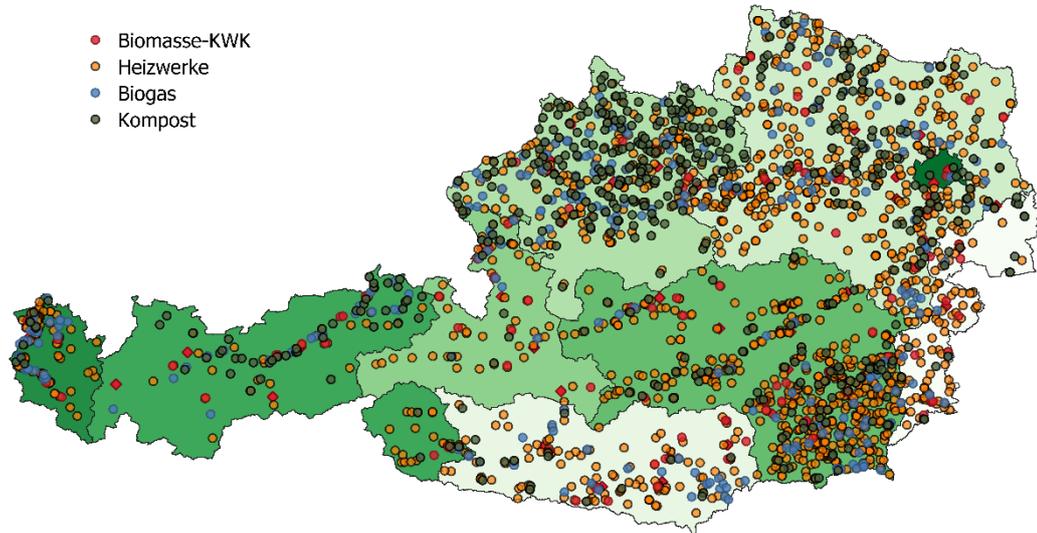
**Tabelle 3: Zusammenfassung innovativer Technologien bzw. Verwertungspfade hinsichtlich der Nutzung von Verkehrsinfrastruktur-Biomasse**

Biomasse	Baum- und Strauchschnitt				Mähgut, Grasschnitt		
Ernte	Vorhandene Technik bis Handarbeit in Abhängigkeit der Standortfläche						
Logistik	Vorhandene Technik bis Handarbeit bei Nichtbefahrbarkeit der Flächen						
Konversions-technologie	Gaserzeugung + Fischer-Tropsch-Synthese	Gaserzeugung + Methanisierung	Gaserzeugung + Wassergas-Shift-Reaktion	Schnelle Pyrolyse	Langsame Pyrolyse	Biogas + Biomethan	3A-Verfahren
Typische bzw. sinnvolle Anlagenkapazität	ca. 100 MW			20 MW	ab 500 kW	8.500 MWh Biomethan Output	Ab 1.500 t a <sup>-1</sup> Inputmaterial
Biomasseinput	250.000 t-atro			60.000 t-atro	2.500 t-atro	28.000 t FM	ab 1.500 t
Hauptprodukt	Fischer-Tropsch-Diesel	Bio-Synthetic Natural Gas	Wasserstoff	Bioöl	Biokohle	Biomethan	Biogas + Kompost

Anm: Das 3A-Biogas-Verfahren ist eine Kombination aus Kompostierung und Vergärung, die sich in drei Phasen gliedert: Die erste Phase ist aerob (mit Sauerstoff), die zweite Phase anaerob (ohne Sauerstoff) und die dritte Phase ist wieder aerob.

#### 3.1. Vorhandene Biomasse Konversionsanlagen

Abbildung 3 zeigt eine Überblickskarte aller österreichischen Biomasse-KWK Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung), Heizwerke, Biogas- sowie Kompost-Anlagen (Stand 2021). In den Business Cases 1 und 2 wird darauf Bezug genommen.



**Abbildung 3: Überblick über Biomasse Konversionsanlagen in Österreich**

### 3.2. Innovative Technologien

Die folgenden innovativen Energie-Technologien wurden im Projekt berücksichtigt, wobei die für die Business Cases relevanten Technologien später näher beschrieben werden.<sup>5</sup>

#### - Thermo-chemische Umwandlungsverfahren

##### ○ **Pyrolyse**

Pyrolyse ist ein thermochemischer Umwandlungsprozess, bei dem organische Rohstoffe unter Ausschluss von Sauerstoff direkt in gasförmige (Pyrolysegas), flüssige (Bioöl) und feste (Biokohle) Produkte umgewandelt werden. Das resultierende Produktspektrum hängt von den Prozessparametern Temperatur, Druck und Verweilzeit ab (IEA Bioenergy, 2012). Bei der langsamen Pyrolyse wird der Anteil an Feststoffen im Output, also Biokohle, maximiert und kann bei über 80 % liegen.

Die Bandbreite an möglichen Einsatzstoffen im Pyrolyseprozess ist groß, woraus sich eine Vielfalt an Einsatzbereichen ergibt (Czajczyńska et al., 2017).

<sup>5</sup> Eine detaillierte Darstellung aller Technologien findet sich im Bericht „Innovative Biomasseverwertungswege“ (Arbeitspaket 4).

Das Spektrum reicht von Holz und holzartigen Agrarprodukten über den biogenen Anteil von Siedlungsabfällen bis hin zu Nussschalen und vielen weiteren biogenen Roh- und Reststoffen. Diese können über den Prozess der Pyrolyse nachhaltig veredelt und zu hochwertigen Produkten verarbeitet werden (Demirbas et al., 2016).

- **Thermochemische Gaserzeugung**

Bei der thermochemischen Gaserzeugung von biogenen Brennstoffen entsteht das sogenannte Synthesegas, welches reich an CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> ist. Dieses Synthesegas kann zur Stromerzeugung oder für weitere Syntheseprozesse wie das Fischer-Tropsch Verfahren, die Methanisierung (zur Produktion von *Synthetic Natural Gas aus Biomasse* – BioSNG) oder die Gemischte-Alkohol-Synthese sowie zur weiteren Abtrennung von Wasserstoff dienen.

Die Gaserzeugung kann in einer Vielzahl unterschiedlicher Reaktoren durchgeführt werden. Insbesondere die Anlagengröße ist ein Kriterium bei der Auswahl der geeigneten Gaserzeugungstechnologie. Die kleinsten Anlagen können als Festbettgaserzeuger mit einer Größe von 10 kW bis 10 MW realisiert werden. Wirbelschichtgaserzeuger decken den mittleren Bereich der Anwendbarkeit mit einer Größe von 2 MW bis 100 MW ab und Flugstromgaserzeuger sind im Leistungsbereich von 40 MW bis 1 GW angesiedelt (Kraussler et al., 2016).

- **Biotechnologische Umwandlungsverfahren**

- **Kombiniertes Verfahren (Biogas plus Kompost)**

Bei einem kombinierten Verfahren werden Biogas- und Kompostanlagen hintereinandergeschaltet, wobei beim sogenannten 3A Verfahren Vergärung und Intensivrotte im selben Reaktor stattfinden. Das 3A-Verfahren ist in 3 Phasen unterteilt: (1) aerob (Material wird belüftet, leicht abbaubare Organik wird aerob abgebaut, wodurch eine Selbsterhitzung auf bis zu 50 °C erfolgt) – (2) anaerob (Methanproduktion unter Ausschluss von Sauerstoff) – (3) aerob (erneute Luftzufuhr; Aerobisierung und Hygienisierung bei bis zu 60°C).

Die Vorteile des 3A-Verfahrens liegen einerseits im Verwenden der beim aeroben Abbau der 1. Phase freigesetzten Wärme zum Aufheizen des Materials

auf optimale Abbautemperatur von mesophilen anaeroben Mikroorganismen. Andererseits können die bei anderen Verfahrenskombinationen auftretenden Methanemissionen während der Umstellung von anaeroben auf aerobe Milieubedingungen (zwischen den Phasen 2 und 3) beherrscht werden. Die Umstellung findet – ohne Materialtransporte – im selben Container statt; die Abluft kann vollständig erfasst und behandelt werden. Erst nach Aerobisierung wird das Rottegut auf die offene Nachrottefläche transferiert. Dritter Vorteil ist die gegenüber Nassfermentationsverfahren deutlich geringere Abwassermenge (fallweise muss sogar Wasser zugegeben werden).

## 4. RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die rechtlichen Rahmenbedingungen wurden durch eine Recherche, Aufarbeitung entsprechender Gesetzestexte und Verordnungen sowie Gespräche mit Expert\*innen erarbeitet. Diese Rahmenbedingungen gestalten sich einerseits durch das Abfallrecht, welches den Abfallbegriff definiert und somit gewisse Nutzungspfade verhindert oder erschwert, andererseits durch rechtlich - teilweise - umgesetzte Zielsetzungen in Hinblick auf eine Energiewende.

### 4.1. Abfallrecht

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist in der Nutzung der anfallenden Biomasse in erster Linie das Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) relevant. Hier werden Abfälle wie folgt definiert:

„Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen“ (AWG 2002 §2, Abs. 1).

Der subjektive Abfallbegriff – die Entledigungsabsicht – bringt Straßen- und Bahnbegleitgrün somit in den Geltungsbereich des AWG, sofern das Material an Dritte für eine Verwertung/Entsorgung weitergegeben wird. Kein Abfall liegt vor, wenn das Material zum Mulchen an Ort und Stelle verbleibt. Daher benötigen Konversionsanlagen, in denen Verkehrswegebegleitgrün behandelt werden soll, eine entsprechende Anlagengenehmigung nach Abfall- oder Gewerberecht. Zusätzlich benötigt der Anlagenbetreiber eine sogenannte Abfallsammler- und -behandlererlaubnis. Eine gewerberechtliche Genehmigung ist auch dann erforderlich, wenn nur betriebsintern anfallende Abfälle verarbeitet werden.

Bei der Verwertung in Biogasanlagen mit anschließender Kompostierung der Gärreste kommt außerdem die Kompostverordnung zum Tragen. Somit wird die Verwertung von Straßen- und Bahnbegleitgrün aus rechtlicher Sicht insbesondere durch den subjektiven Abfallbegriff, die aktuelle Kompostverordnung sowie gegebenenfalls die Düngemittelverordnung bestimmt. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich durch die nach AWG geforderten erweiterten Aufzeichnungs- und Meldepflichten im EDM (Elektronisches Datenmanagement – Umwelt) sowie die in der Düngemittelverordnung bzw. in der Richtlinie zum sachgerechten Einsatz von Gärrückständen im Acker- und Grünland (Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 2007) größere Häufigkeit der gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen des Ausgangsmaterials und der Gärrückstände.

## **4.2. Energie und Nachhaltigkeit**

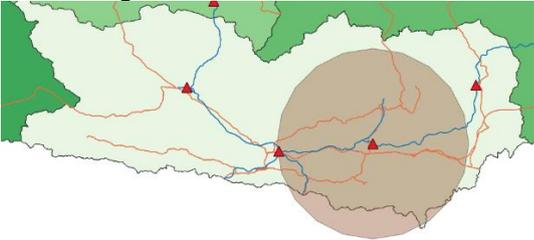
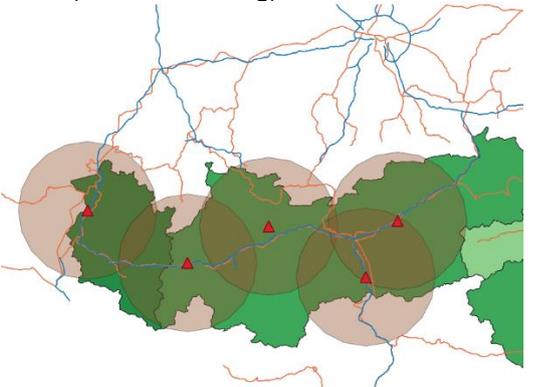
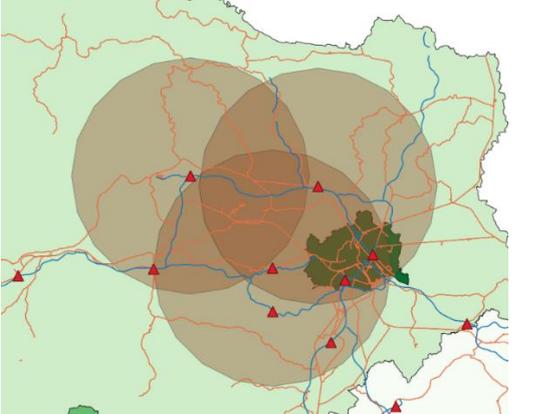
Neue Perspektiven in die Diskussion rund um den Abfallbegriff bzw. das Abfallende von biogenen Abfällen als Input in Biogasanlagen oder andere Verwertungsschienen könnten nationale Gesetze und Strategien bringen, die kürzlich beschlossen wurden oder derzeit in Bearbeitung sind. Auf EU Ebene ist die Renewable Energy Directive (REDII bzw. III) die wesentliche rechtliche Grundlage zur Förderung erneuerbarer Energie. In Österreich erfolgte die Umsetzung u.a. im Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG). Dieses Gesetz soll die Erreichung der Klimaneutralität Österreichs bis 2040 unterstützen. Ziel des Gesetzes ist es, Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen in einem solchen Ausmaß zu unterstützen, dass der Gesamtstromverbrauch ab dem Jahr 2030 zu 100 % national bilanziell aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt wird. Ein weiteres Teilziel ist, den Anteil von national produziertem erneuerbarem Gas am österreichischen Gasabsatz bis 2030 auf 5 TWh zu erhöhen. Im Februar 2023 hat die Bundesregierung außerdem das Erneuerbare-Gase-Gesetz (EGG) in Begutachtung geschickt. In diesem Entwurf sind bezüglich grünen Gases ambitioniertere und konkretere Ziele festgelegt als im EAG. Die wesentlichen Ziele sind den Absatz von erneuerbaren Gasen am österreichischen Gasmarkt bis 2030 auf 7,5 TWh zu erhöhen und bis 2040 eine Versorgung mit erneuerbarem Gas sicherzustellen (Anm.: die derzeitige Einspeisung liegt bei etwa 0,14 TWh). Gasversorger werden laut Entwurf verpflichtet, festgelegte Anteile der verkauften Gasmengen durch erneuerbare Gase zu substituieren. Erfüllen sie ihre Quote nicht, sind Ausgleichszahlungen zu entrichten. In der Österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMK, 2022) wird außerdem mehrfach auf die Wichtigkeit der klaren Definition und eindeutiger Kriterien für des Abfallende hingewiesen (z.B.

durch explizite, neue Abfalleneuerordnungen). Zudem wird hervorgehoben, dass das Abfallrecht diesbezüglich weiterentwickelt werden muss, um möglichst umfassend Abfälle und Reststoffe im Kreislauf halten zu können. Sollte diesen Anstößen nachgekommen werden, könnte das auch die Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege begünstigen.

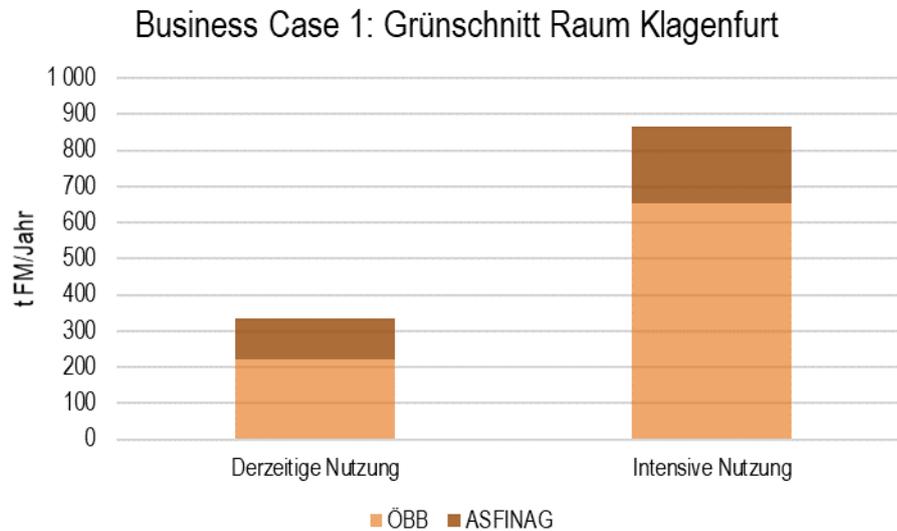
## **5. BUSINESS CASES**

Die drei spezifischen Business Cases wurden auf Basis der bisherigen Erkenntnisse und der Relevanz für ÖBB und ASFINAG abgeleitet. Die techno-ökonomische Bewertung erfolgte auf Basis intern verfügbarer Daten sowie Literaturangaben. Zusätzlich wurden Informationen aus der Praxis im Rahmen einer Exkursion, zweier Stakeholder-Workshops sowie durch persönliche Gespräche gewonnen und ergänzt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Business Cases.

**Tabelle 4: Überblick über die drei ausgewählten Business Cases (BC) und die dabei betrachteten Modellregionen**

	<b>Biomassetyp</b>	<b>Technologie/ Produkt</b>	<b>Nutzung</b>	<b>Modellregion</b>
<b>BC1</b>	Grünschnitt	Biogas (Anaerobe Vergärung)	Strom (BHKW)	Raum Klagenfurt 
<b>BC2</b>	Grünschnitt	Biomethan (Anaerobe Vergärung & Biogas Aufbereitung)	Treibstoff für Fuhrpark	West (Tirol, Vorarlberg) 
<b>BC3</b>	Holzbiomasse (Hackgut, Strauchschnitt)	Biokohle (Langsame Pyrolyse)	Additiv für Baustoffe, Boden- verbesserungs- mittel	Tullnerfeld 

## 5.1. Business Case 1 – Biogas Produktion



**Abbildung 4: Für den Business Case 1 relevante Biomasse­mengen (Grünschnitt) im Raum Klagenfurt in Tonnen Frischmasse (t FM) pro Jahr (derzeitige Mengen sowie Mengen bei intensiver Nutzung)**

Biogas wird größtenteils aus verschiedenen Arten von Rückständen und Nebenprodukten erzeugt: biologisch abbaubare Abfälle (z. B. Bioabfall), industrielle Nebenprodukte/Abfälle (z.B. aus Lebensmittel- und Futtermittelindustrie), landwirtschaftliche Nebenprodukte (z.B. Gülle), Abwasser (Klärschlamm, Industrieabwässer). In diesem Business Case wird auf die (Mit-)Verwertung von Grünschnitt in einer (bestehenden) Biogasanlage fokussiert.

Die Biogaserzeugung, auch Vergärung genannt, ist ein biotechnologischer Prozess, der auf einer mikrobiellen Mischkultur basiert. Der Prozess findet unter anaeroben Milieubedingungen statt. Dies bedeutet, dass die Zersetzung von Biomasse durch Mikroorganismen in sauerstofffreier Atmosphäre stattfindet. In aufeinander folgenden Abbauphasen werden organische Stoffe (Proteine, Kohlenhydrate, Fette) in lösliche Zwischenprodukte (flüchtige Fettsäuren, Alkohole usw.) und schließlich in Biogas und Gärrest umgewandelt. Das erzeugte Biogas besteht hauptsächlich aus Methan und Kohlendioxid sowie geringen Mengen an Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Wasser.

Ein Punkt, den es bei der anaeroben Vergärung zu beachten gilt, ist die Verwertung der Gärreste. Als Gärreste werden nicht abgebaute Bestandteile der Biomasse sowie Wasser verstanden. Diese Rückstände (flüssig oder fest) werden idealerweise als Bodenverbesserungsmittel auf landwirtschaftlichen Böden ausgebracht<sup>6</sup>. Bei großtechnischer

<sup>6</sup> Für eine Ausbringung ist eine Genehmigung nach dem Düngemittelgesetz erforderlich.

Biogasnutzung kann die Verwertung der Gärreste zum Engpass werden. Der Grund dafür ist, dass die Ausbringung auf dem Land durch Vorschriften wie z.B. die europäische Nitratrichtlinie begrenzt ist und große Entfernungen zurückgelegt werden müssen, um größere Mengen von Gärresten auszubringen.

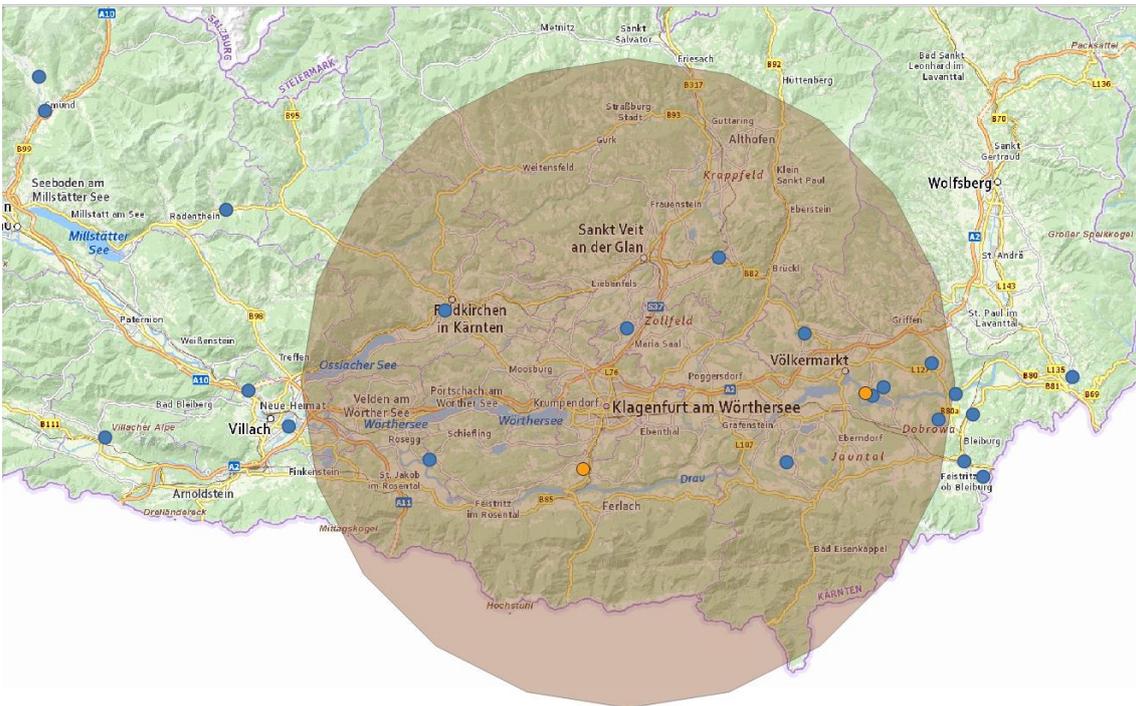
Eine alternative Verwertung stellt die Pyrolyse dar, bei der einerseits enthaltene Störstoffe, wie z.B. Mikroplastik, beseitigt werden können, andererseits Biokohle als Produkt gewonnen wird. Die Biokohle ist wiederum vielseitig einsetzbar (abhängig vom Ausgangsmaterial z.B. als Bodenverbesserungsmittel<sup>5</sup>, Stalleinstreu, Aktivkohle etc.).

Würde eine Anlage auf Basis der anfallenden Grünschnittmengen in der Modellregion (siehe Abbildung 4) errichtet werden, wäre diese im Leistungsbereich unter 50 kW<sub>el</sub>. Die ökonomische Betrachtung von Errichtung und Betrieb einer solchen Anlage erfolgte auf Basis von Literaturangaben. Tabelle 5 stellt drei Referenzanlagen gegenüber (kleinerer Leistungsbereich als 50 kW<sub>el</sub> wird in der Literatur nicht betrachtet).

**Tabelle 5: Ökonomische Betrachtung der Errichtung einer Biogasanlage inkl. Verstromung**

	<b>Anlage I</b>	<b>Anlage II</b>	<b>Anlage III</b>
<b>Anlagenleistung [kW<sub>el</sub>]</b>	50	75	75
<b>Investitionskosten [EUR]</b>	332.000	527.000	757.000
<b>Betriebskosten [EUR/a]</b>	79.970	109.760	167.210
<b>Stromgestehungskosten [EUR/kWh<sub>el</sub>]</b>	20,0	18,3	27,9

Aufgrund der geringen Biomasse-mengen und des kleinen Leistungsbereiches ergeben sich relativ hohe Kosten, welche keine wirtschaftliche Errichtung einer Anlage und deren Betrieb ermöglicht (Vergleich: Der durchschnittliche Einspeisetarif für Strom aus Biogas lag 2022 bei 18 ct/kWh<sub>el</sub>). Daher wurde die Mitverwertung des Grünschnitts in einer bestehenden Anlage betrachtet. Für das Bundesland Kärnten sind nach Daten der Sektion VI und des EDM-Portals des BMK 32 Biogasanlagen registriert, davon verfügen 7 Anlagen über eine abfallrechtliche und 25 über eine gewerberechtliche Genehmigung. Im Untersuchungsraum der Modellregion Klagenfurt liegen 12 Biogasanlagen, wovon 2 Anlagen über eine entsprechende abfallrechtliche Genehmigung verfügen (siehe Abbildung 5). Die mittlere Anlagengröße der Kärntner Biogasanlagen liegt bei 177 kW<sub>el</sub> (Österreichischer Biomasseverband, 2019). Anlagenbetreiber, die im Rahmen dieses Business Cases interviewt wurden, nutzen jeweils Nassvergärung im mesophilen Temperaturbereich.



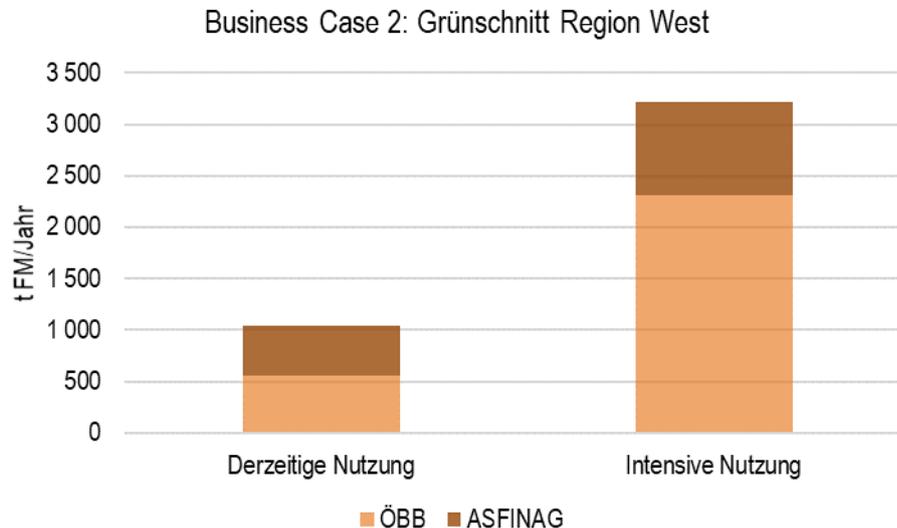
**Abbildung 5: Biogasanlagen in der Modellregion Raum Klagenfurt mit (gelb) bzw. ohne (blau) abfallrechtlicher Genehmigung (Stand Anfang 2023) (eigene Darstellung)**

Zusammenfassend sind in Abbildung 6 die wesentlichen Chancen und Hindernisse des betrachteten Business Cases dargestellt.



**Abbildung 6: Chancen und Hindernisse bei der Verwertung von Straßen- und Schienenbegleitgrün in bestehenden Biogasanlagen**

## 5.2. Business Case 2 – Biomethan Produktion

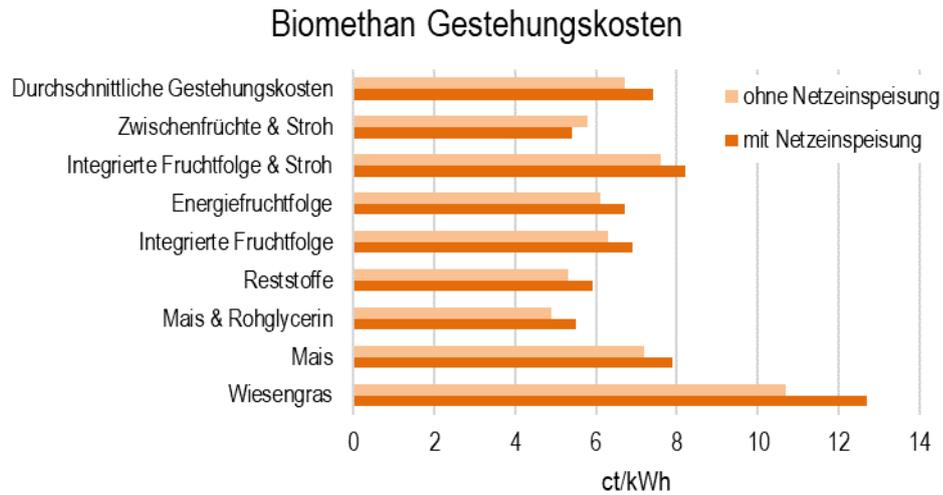


**Abbildung 7: Für den Business Case 2 relevante Biomassemenen (Grünschnitt) in der Region West in Tonnen Frischmasse (t FM) pro Jahr (derzeitige Mengen, sowie Mengen bei intensiver Nutzung)**

Dieser Business Case behandelt die Biogasproduktion durch Vergärung, wie in Kapitel 0 beschrieben, und die weitere Aufbereitung zu Biomethan. Das aufgereinigte Biomethan hat eine Qualität, die jener von Erdgas entspricht. Somit kann es in bestehender Infrastruktur genutzt werden, also z.B. in das Erdgasnetz eingespeist oder zum Betanken von Erdgas betriebenen Fahrzeugen verwendet werden. Die Grünschnittmengen, die in der Modellregion West für die Biomethanproduktion zur Verfügung stehen, haben ein Gesamtpotenzial von insgesamt über 3.000 t FM pro Jahr (Abbildung 7).

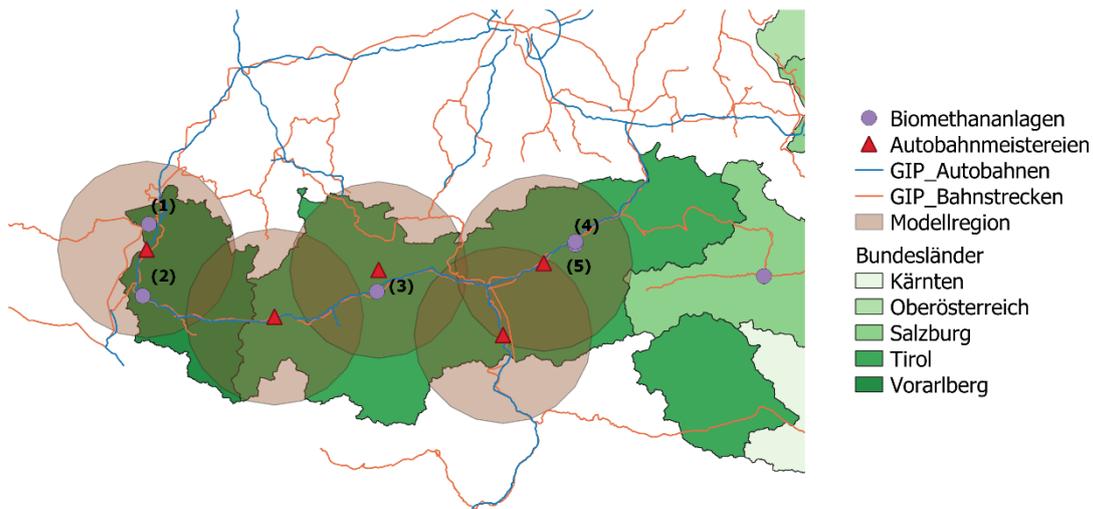
Im Folgenden erfolgt eine ökonomische Betrachtung der Errichtung und des Betriebs einer eigenen Anlage zur Erzeugung von Biogas und dessen Aufbereitung zu Biomethan.

In Abbildung 8 sind durchschnittliche Gestehungskosten für Biomethan angeführt, die auf dem Einsatz unterschiedlicher Rohstoffe beruhen. Diese werden mit und ohne Netzeinspeisung dargestellt, da dadurch zusätzliche Kosten anfallen. Im Vergleich zu durchschnittlichen Gestehungskosten von rund 7 ct/kWh lag der Preis für CNG (Compressed Natural Gas) im Februar 2023 bei 15 ct/kWh, für Diesel bei 17,4 ct/kWh und für Benzin bei 18,8 ct/kWh. Somit stellt die Biomethannutzung für den Transport prinzipiell eine wirtschaftlich rentable Alternative dar.



**Abbildung 8: Darstellung literaturbasierter Biomethan Gesteungskosten auf Grundlage unterschiedlicher Rohstoffe jeweils mit und ohne Netzeinspeisung (eigene Darstellung nach Schinnerl et al., 2010)**

Bei gegebenen Biomassemengen wären die Investitionskosten allerdings sehr hoch, weshalb die Errichtung einer eigenen Biomethananlage nicht rentabel ist. Eine attraktive Alternative ist allerdings, die Biomasse an eine bestehende Anlage zu liefern, welche Biomethan erzeugt. Standorte vorhandener Biomethananlagen sind in Abbildung 9 dargestellt. Dabei handelt es sich um 5 Anlagen mit unterschiedlichen Rohstoffen und Geschäftsmodellen, die teilweise eine Tankinfrastruktur vor Ort haben, aber auch in das Erdgasnetz einspeisen.



- (1) Häusle Königswiesen
- (2) 11er Nahrungsmittel GmbH
- (3) Abfallbeseitigungsverband Westtirol (Roppen)
- (4) BARA TIGAS
- (5) Bioenergie Schlitters

### Abbildung 9: Überblick über bestehende Biomethananlagen in der Modellregion West (Tirol und Vorarlberg)

Neben dem Vorhandensein einer entsprechenden Anlage mit Tankinfrastruktur ist eine Umrüstung auf geeignete Fahrzeugtypen erforderlich. Fahrzeuge mit CNG Antrieb können zu 100 % mit entsprechend aufbereitetem Biomethan betrieben werden. Zu den renommierten Herstellern von in Österreich erhältlichen CNG-PKW gehören Audi, Seat, Škoda und Volkswagen.<sup>7</sup>

Gerade Nutzfahrzeuge haben großes Potenzial zur Emissionseinsparung durch Biogas- (bzw. Erdgas-)antriebe. Die CNG-Tanks werden dabei – wie auch in anderen Modellen – unterhalb des Bodens verbaut, damit es zu keinen Einschränkungen der Ladefläche kommt. Besonders attraktiv sind Gas-Nutzfahrzeuge für Betriebe und Institutionen mit eigenem Fuhrpark: Die österreichische Post, der Wiener Magistrat, der Flughafen Wien und das Rote Kreuz haben beispielsweise bereits solche im Einsatz. Gasmotoren können zudem auch zur Senkung der Feinstaubbelastung beitragen.

Derzeit ist die Rolle von Erdgas im Verkehrssektor allerdings unbedeutend, obwohl die Verwendung von Erdgas grundsätzlich zum Antrieb von KFZ geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist als Diesel oder Benzin. Mit CNG bzw. LNG betriebene PKW machen nur etwa 0,1 % vom österreichischen PKW Bestand aus, der Anteil am Kraftstoff Verbrauch liegt sogar nur bei

<sup>7</sup> <https://www.erdgasautos.at/fahren/fahrzeuge/>

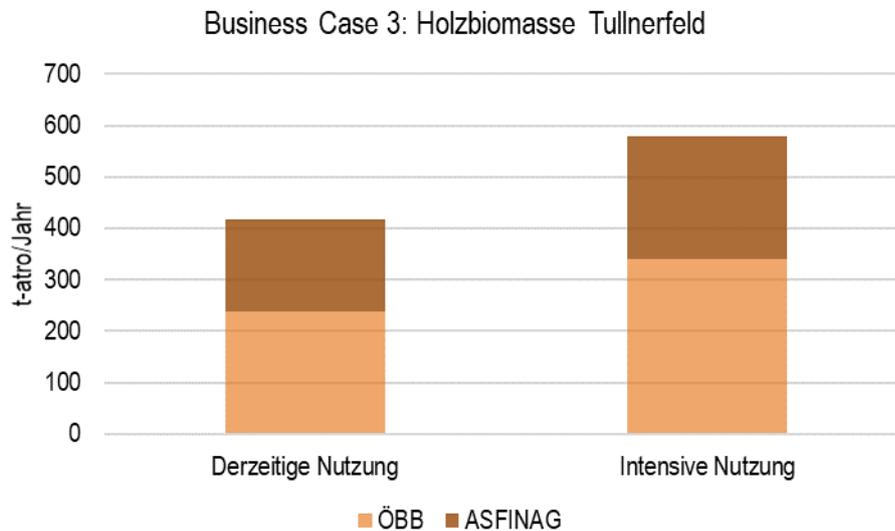
0,03 %. EU weit sind ca. 1,8 % vom gesamten Kraftstoffverbrauch LPG (Liquefied Petroleum Gas) bzw. CNG (EEA, 2019).

Dem großen Potenzial solcher Geschäftskonzepte stehen allerdings noch einige Herausforderungen gegenüber. Die wesentlichen Chancen und Hindernisse sind in Abbildung 10 aufgelistet.



**Abbildung 10: Chancen und Hindernisse für die Biomethanproduktion in einer bestehenden Anlage und Biomethan Nutzung für den Fuhrpark**

### 5.3. Business Case 3 – Biokohle Produktion



**Abbildung 11: Für den Business Case 3 relevante Biomasse­mengen (Energieholz, sonstige Holzbiomasse) in der Region Tullnerfeld in Tonnen atro (t-atro) pro Jahr (derzeitige Mengen, sowie Mengen bei intensiver Nutzung)**

Im dritten Business Case wurde die Nutzung von Holzbiomasse (Energieholz und sonstige Holzbiomasse wie Strauchschnitt) für die langsame Pyrolyse zur Biokohleproduktion untersucht. Bei Temperaturen von ca. 290 °C und Verweilzeiten von ca. 10–60 Minuten kann der feste Output (Biokohle) auf 80 % angehoben werden. Bei intensiver Biomassenutzung können pro Jahr insgesamt knapp unter 600 t-atro genutzt werden (Abbildung 11).

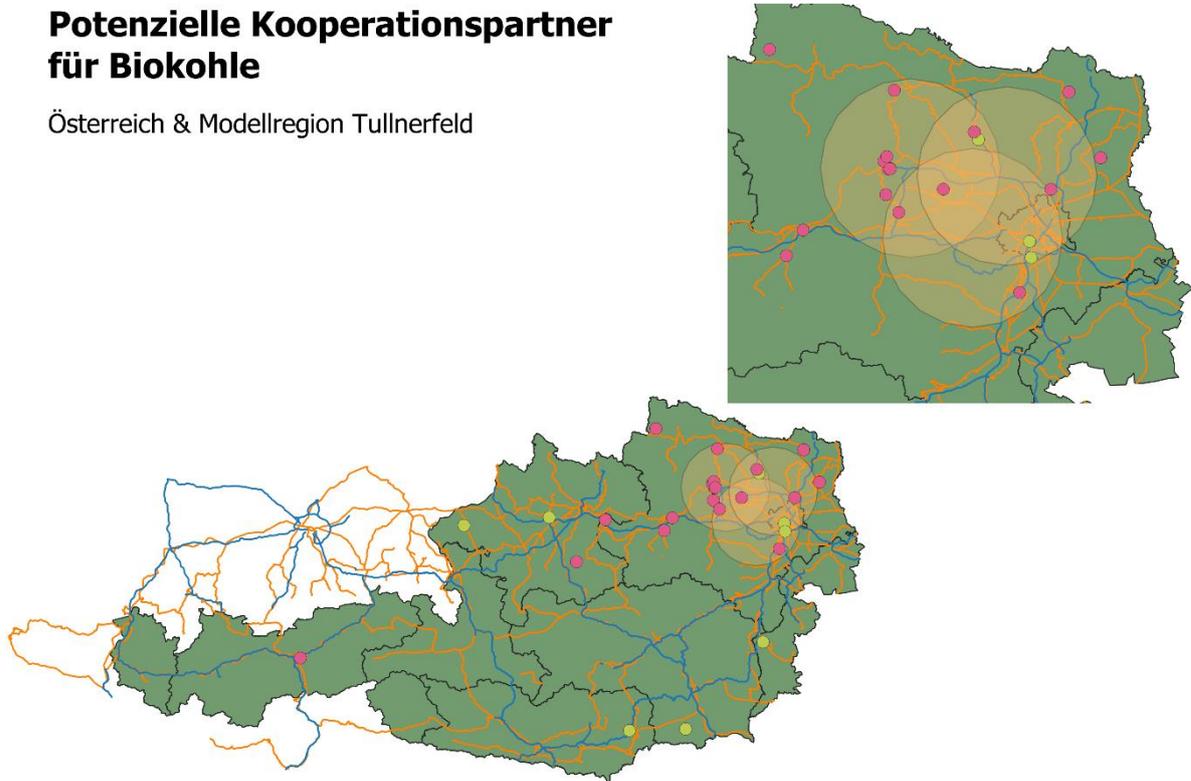
Zu beachten ist allerdings, dass der Output der Pyrolyse als Abfall (laut Abfallrecht) gilt, wenn auch Abfall als Input eingesetzt wurde. Die stoffliche Nutzung von Biokohle ist sicherlich am weitesten entwickelt, kann dadurch allerdings bei Verwendung von Abfall eingeschränkt werden. Es existieren bereits Normen und Zertifikate zur Qualitätssicherung (z.B. ÖNORM S 2211, EBC – European Biochar Certificate<sup>8</sup>) sowie Rahmenbedingungen für einzelne Anwendungsbereiche (z.B. landwirtschaftliche Ausbringung). Die Produktion von Biokohle aus Neophyten befindet sich noch in einem frühen Forschungsstadium. Erste Ergebnisse zeigen, dass Biokohle aus Neophyten eventuell als nachhaltiges biologisches Adsorptionsmittel zur Entfernung von Schwermetallen und organischen Schadstoffen eingesetzt werden könnte. Zwei Nutzungsmöglichkeiten für die Biokohle, die im Business Case berücksichtigt wurden, sind die Nutzung als Additiv für Baustoffe sowie die Nutzung als Bodenverbesserungsmittel.

<sup>8</sup> <https://www.european-biochar.org/de/>

Daher wurden Firmen Standorte, die an einer möglichen Kooperation interessiert sind, in Abbildung 12 dargestellt.

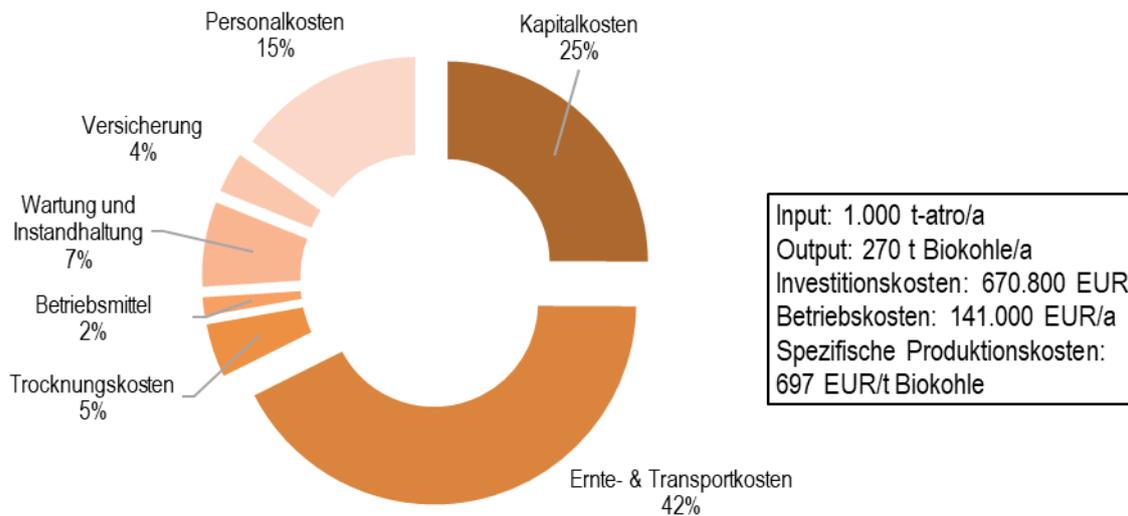
## Potenzielle Kooperationspartner für Biokohle

Österreich & Modellregion Tullnerfeld

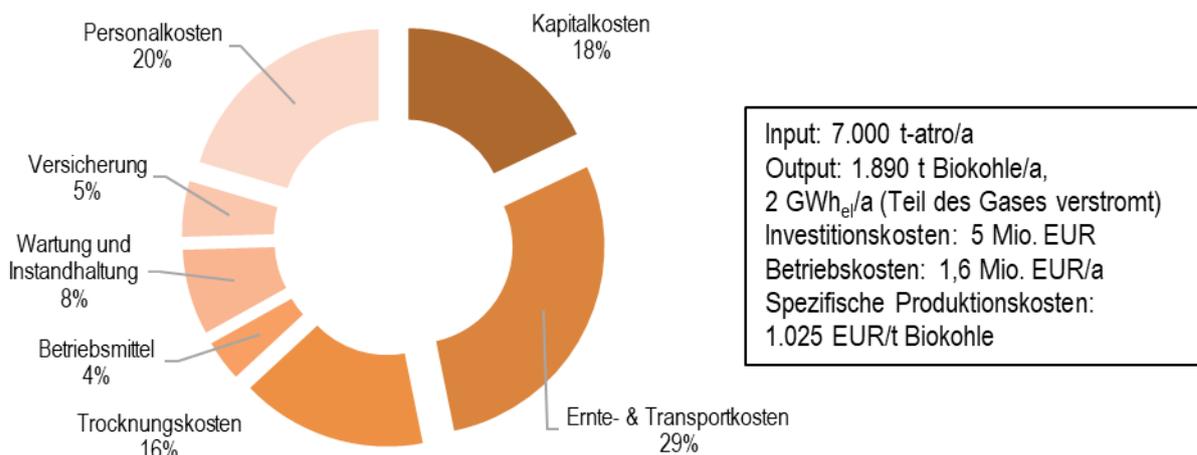


**Abbildung 12: Standorte potenzieller Kooperationspartner, pink=potenzieller Partner für den Einsatz als Bodenverbesserungsmittel, grün=potenzieller Partner für den Einsatz als Additiv für Baustoffe**

Die Wirtschaftlichkeit der langsamen Pyrolyse ist im Folgenden anhand der Investitionskosten sowie der Betriebskosten von zwei definierten Referenzanlagen dargestellt. Die erste Anlage (Kostenstruktur in Abbildung 13) hat einen Input von 1.000 t-atro/Jahr, welcher somit etwas über der in Abbildung 12 dargestellten verfügbaren Menge in der Region Tullnerfeld liegt. Diese Anlage zielt rein auf die Produktion von Biokohle ab. Für beide Referenzanlagen wurden Ernte- und Transportkosten mit 40 EUR/t-atro angesetzt. Die zweite Anlage (Abbildung 14) hat mit einem Input von 7.000 t-atro/Jahr eine deutlich höhere Kapazität. Hier wird ein Teil des produzierten Pyrolysegases verstromt und damit der Strombedarf des Prozesses gedeckt.



**Abbildung 13: Struktur der jährlichen Gesamtkosten von Pyrolyseanlage 1 (eigene Darstellung)**



**Abbildung 14: Struktur der jährlichen Gesamtkosten von Pyrolyseanlage 2 (eigene Darstellung)**

Die wesentlichen Chancen und Hindernisse der Holzbiomasse Nutzung für die Biokohle Produktion sind in Abbildung 15 zusammengefasst.



**Abbildung 15: Chancen und Hindernisse für die Errichtung einer Pyrolyseanlage zur Biokohleproduktion (langsame Pyrolyse)**

## 5.4. Logistik

Die Logistik zur Ernte und Bringung von Biomasse aus der Pflege der Verkehrsinfrastruktur ist generell mit einigen Herausforderungen verknüpft:

- räumlich inhomogen verteilter Biomasseanfall
- häufig in kleinen Mengen pro Flächeneinheit (geringer Ernteertrag pro Flächeneinheit im Vergleich zu Acker-/Anbauflächen)
- zeitlich konzentrierter (saisonaler) Biomasseanfall
- oft in schwer zugänglichen Bereichen
- stark inhomogener Bewuchs (unterschiedliche Pflanzenarten, z.T. störende Pflanzen wie invasive Neophyten)
- fehlende Planungssicherheit bei der Einbringungsmenge und -qualität sowie bei Abnahmemöglichkeiten
- Einstufung von Mahdgut als Abfall

Mit Bezug auf Business Case 1 und 2 wurden auch Ernte und Transport von Grünschnitt betrachtet. Aufgrund unterschiedlicher Voraussetzungen und Gegebenheiten wurden die Strecken von ÖBB und ASFINAG getrennt behandelt. In beiden Fällen wurden zunächst die

zu bewirtschaftenden Flächen ermittelt. Für unterschiedliche Erntemaschinen wurden daraus die Arbeitsdauer und die resultierenden Kosten abgeschätzt.<sup>9</sup>

Bei den Bahnstrecken der ÖBB wurden für die Mahd drei Szenarien mit unterschiedlicher technischer Ausstattung analysiert (Unimog, „Graziella“, handgeführte Mähgeräte). Für den anschließenden Transport zu Biogasanlagen wurden 2 Szenarien unterschieden: Transport zu einer hypothetischen zentralen Anlage in der Modellregion und Transport zur jeweils nächstgelegenen bestehenden Biogasanlage. Nicht berücksichtigt sind dabei individuelle Fragen der Anlagengenehmigung bzw. Anlagentechnik sowie die Bereitschaft zur Übernahme von Mähgut aus Begleitstreifen von Verkehrswegen.

Für die Verkehrswege der ASFINAG wurden 2 Mengenszenarien bei einem üblichen Organisationsmodell untersucht: Mähen vom Pannestreifen bzw. gesichertem Fahrstreifen aus. Als Mähgerät wurde in beiden Szenarien ein Unimog angenommen. Der Transport zu den Biogasanlagen wurde analog zu den ÖBB-Szenarien behandelt.

Für die Übernahmekosten bei Biogasanlagen spielt die Einstufung als Abfall eine wesentliche Rolle. **Während für Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion Erlöse erzielt werden können, sind für Materialien, die als Abfall eingestuft werden, Zahlungen erforderlich, die das wirtschaftliche Ergebnis deutlich beeinflussen, und derzeit eine Ernte und Einbringung weitgehend unwirtschaftlich erscheinen lassen.**

Die Ergebnisse der ÖBB-Logistik-Szenarien zeigen, dass die Ernte mit einem Unimog-basierten Mähzug die deutlich günstigste Lösung darstellt. Eine Ernte mit schienengebundenen Fahrzeugen (hier Modell Graziella) und mit handgeführten Mähgeräten ist (teilweise deutlich) kostenintensiver. Für den Transport zu Biogasanlagen ist der finanzielle Unterschied zwischen einem zentralen und dezentralen Ansatz verhältnismäßig gering. Bei den Übernahmekosten gibt es allerdings einen markanten Unterschied zwischen der Übernahme von Biomasse (kein Abfall) und Mähgut, das als Abfall eingestuft ist. Größere Unterschiede zeigen sich durch die zugrunde gelegten Mengen: bei Ausschöpfung des höher angesetzten Mengenpotentials (intensivere Biomassenutzung) verringern sich die relativen Gesamtkosten (Ernte und Verbringung) in Bezug auf das Biomassepotenzial um bis zu 45 %. Werden die ermittelten Übernahmekosten bei Abfallbehandlungsanlagen einbezogen, beträgt die Differenz der relativen Kosten weiterhin ca. 30 %.

Die Ergebnisse für die ASFINAG zeigen ähnliche Tendenzen. Für den Transport zu Biogasanlagen gilt – wie für die ÖBB-Szenarien – dass der Unterschied zwischen der Verbringung zu einer zentralen Anlage nur geringfügig höhere Kosten verursacht als der

---

<sup>9</sup> für Details siehe Bericht „Business Case Concepts“ (Arbeitspaket 6)

Transport zu dezentralen Anlagen. Wie zuvor gilt auch hier, dass die Übernahme von Biomasse als Abfall mit deutlich höheren Kosten einhergeht. Die Ausschöpfung des höher angesetzten Mengenpotentials hat geringere Auswirkungen auf die relativen Kosten als im Fall der ÖBB. Es werden Kostenvorteile (Ernte und Verbringung) in Bezug auf das Biomassepotenzial um bis zu 18 % erreicht. Unter Berücksichtigung der Übernahmekosten bei Abfallbehandlungsanlagen beträgt die Differenz der relativen Kosten zwischen den Mengenszenarien jedoch nur noch 10 %.

Die ertragsspezifischen Kosten für Ernte und Verbringung liegen im betrachteten Business Case 1 unter Annahme der günstigsten Logistikszenerarien (Annahme, dass sämtliche Flächen mit einer etablierten Gerätekombination basierend auf einem Standard-Mähzug gemäß Unimog-System bearbeitet werden können) bei gemeinsamer, gemittelter Betrachtung etwa zwischen 66 und 78 EUR/t FM. Unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen ist mit zusätzlichen Entsorgungskosten von mindestens 67 bis 70 EUR/t FM zu rechnen, wodurch sich die relativen Gesamtkosten auf 133 und 145 EUR/t FM erhöhen. Für den Fall, dass durch Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen eine Einstufung der Biomasse aus Begleitflächen als Abfall hinfällig wäre, könnten für die geerntete Biomasse Erlöse erzielt werden. Die Gewinnschwelle liegt hier bei mindestens 66 EUR/t FM. Wenn Mähprozesse, die bereits aufgrund anderweitiger Verpflichtungen (z.B. Pflege aus verkehrstechnischen Sicherheitsgründen) etabliert sind, aus der Kostenbetrachtung ausgeschlossen werden, liegt der Break-Even-Punkt entsprechend niedriger.

Für den Business Case 3 wurden die Ernte, das Rücken und das Hacken der Holzbiomasse betrachtet. Meist wird das Holz geerntet und zur Forststraße gerückt, wo es gehackt und anschließend als Hackgut zum Ort der weiteren Verwendung transportiert wird. Betrachtet wurden einerseits die motor-manuelle Ernte mit Motorsäge und Traktor, andererseits die vollmechanische Ernte und Aufbereitung mit Harvester und Forwarder, während das Hacken für beide Varianten gleich erfolgt. Für die vollmechanische Variante ergeben sich spezifische Kosten von ca. 11 EUR/t-atro Hackgut, während diese für die motor-manuelle Variante bei ca. 14 EUR/t-atro Hackgut liegen.

## **6. WEITERE PERSPEKTIVEN**

Neben den sehr spezifischen Business Cases wurden weitere Verwendungsmöglichkeiten von Flächen sowie Biomasse in einem kurzen Ausblick beschrieben.

### **6.1. Kurzumtrieb**

Eine weitere Option, Holzbiomasse Mengen zu steigern, ist die Nutzung von geeigneten Flächen für den Anbau von Kurzumtriebshölzern. Deren Kultivierung auf Ackerflächen stellt aufgrund des geringen Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Vergleich zu anderen Kulturarten eine extensive Form der Landnutzung dar. Schnellwachsende Hölzer können in mehrjährigen Erntezyklen als Energiepflanzen genutzt werden. Nach dem derzeitigen technischen Stand ist eine vollmechanische Ernte von Beständen mit Umtriebszeiten von 2 bis 8 Jahren möglich. Auf einem günstigen Standort können die Erträge somit bei 10 bis 15 t-atro/ha liegen.

2020 wurden in Österreich 2.421 ha Kurzumtriebsholz angebaut (derzeit ausschließlich Pappeln und Weiden). Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 11 t TM/ha ergibt sich ein derzeit nutzbares Potential von rund 26.600 t-atro. Nach dem Forstgesetz werden die Flächen nicht zu Wald, wenn diese bis zehn Jahre nach Begründung bei der Behörde gemeldet werden und die Flächen nicht bereits zuvor als Wald gemäß Forstgesetz galten. Die Kulturlächenschutzgesetze der einzelnen Länder regeln, ob eine Bewilligung für die Anlage notwendig ist und wie groß der Abstand zu anderen landwirtschaftlichen Kulturen sein muss. Kurzumtriebsplantagen unterscheiden sich gegenüber „konventioneller“ Landwirtschaft durch einen geringeren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, aber auch durch eine längere Bodenruhe und Bodenbedeckung. Sie haben meist eine höhere Artenvielfalt in der Begleitvegetation und können daher zur Anreicherung von ausgeräumten Agrarlandschaften beitragen. Der Anbau von Kurzumtriebsholz auf Grenzertragsstandorten könnte sich bei Preissteigerungen von Energieholzsortimenten aufgrund des geringeren Betriebsmitteleinsatzes als wirtschaftlich attraktiv erweisen.

Für das Anlegen von Kurzumtriebsflächen (Vorbereitung, Stecklinge, Pflanzung) fallen Kosten in der Höhe von ca. 2.300 EUR/ha an. Die weiteren variablen Kosten liegen bei rund 200 EUR/ha und Jahr für die Kulturpflege sowie ca. 700 EUR/ha je Erntezyklus für Ernte und Hacken. Diesen Kosten stehen potenzielle Erlöse von 1.164 EUR/ha gegenüber<sup>10</sup>.

## 6.2. Thermo-chemische Gaserzeugung

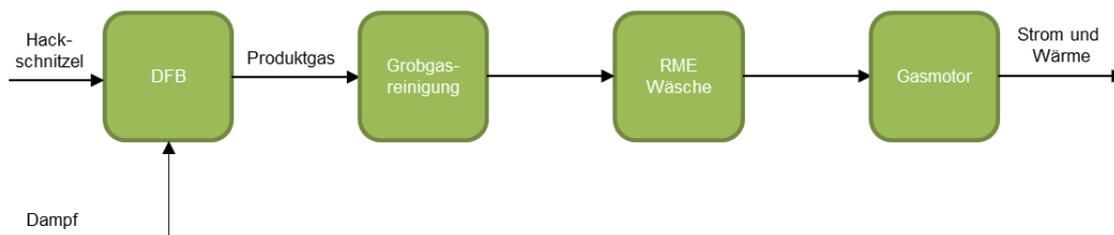
Die Erzeugung von Synthesegas (auch als Syngas bezeichnet) durch den Prozess der thermo-chemischen Gaserzeugung (siehe auch Kapitel 3.2) wurde als Schlüsseltechnologie für die Entwicklung nachhaltiger Bioraffinerien identifiziert. Die Dampf-Gaserzeugung im DFB

---

<sup>10</sup> Bei einem Hackgut Preis von 97 EUR/t-atro (Stand Mai 2023) und einem durchschnittlichen Ertrag von 12 t-atro/ha

Verfahren (*Dual Fluidized Bed*, Zweibettwirbelschicht) wurde für holzartige Biomasse im Energiesektor bereits vom Labor- bis zum kommerziellen Maßstab demonstriert.

Abbildung 16 zeigt ein vereinfachtes Fließschema des DFB Gaserzeugungs-Prozesses. Die Biomasse wird in einem DFB Gaserzeugungsreaktor in ein Produktgas umgewandelt, welches in weiterer Folge einer Grobgasreinigung zur Abtrennung des Staubs zugeführt wird. In einem Rapsmethylester (RME)-Wäscher wird das Produktgas von Teeren gereinigt und in dieser Prozesskette schlussendlich einem Gasmotor zugeführt um Strom und Fernwärme zu produzieren. Der Prozess erreicht einen Gesamtwirkungsgrad von knapp 67 % (Kraussler, 2018). Im Anschluss an die RME-Wäsche kann allerdings auch eine Feingaswäsche durchgeführt werden, auf welche unterschiedliche Synthesen (zu SNG, Fischer-Tropsch (FT) Kraftstoffen, Wasserstoff) folgen können.



**Abbildung 16: Vereinfachte Darstellung des untersuchten DFB-Gaserzeugungskonzepts zur Erzeugung von Strom und Wärme (Kraussler, 2018)**

Der Trend zur Nutzung von Reststoffen geringerer Qualität, wie minderwertige Biomasse, biogene Reststoffe oder Abfälle, treibt die Entwicklung der Technologie in Bezug auf Reaktordesign, Gasreinigung und Optimierung der Betriebsparameter. Gleichzeitig führt der Bedarf an der Erzeugung nachhaltiger Endprodukte, die wertvoller sind als Strom und Wärme, zur Einbettung des DFB Verfahrens in vollständige Prozessketten.

Mit der Syngas Plattform Wien wurde 2022 solch eine umfassende Bioraffinerie zur Umwandlung von biogenen Rest- und Abfallstoffen im Demonstrationsmaßstab in Betrieb genommen. Es wurde ein fortschrittliches Reaktordesign für das DFB Verfahren mit einer Kapazität von 1 MW thermischer Brennstoffzufuhr umgesetzt. Das Reaktordesign basiert auf einer 100-kW-Pilotanlage an der TU Wien, in der experimentelle Untersuchungen eine erhöhte Brennstoffumwandlung, geringere Teermengen im Synthesegas und in der Folge eine insgesamt bessere Leistung insbesondere bei der Umwandlung von biogenen Rest- und Abfallstoffen gezeigt haben.

Die Gaserzeugung ist mit einer nachgeschalteten Fischer-Tropsch-Synthese-Pilotanlage kombiniert. Darüber hinaus wird ein Teilstrom des Synthesegases in einem angeschlossenen Labor für die Forschung in den Bereichen fortschrittliche Gasreinigung, biologische Gasveredelung und nachhaltige Wasserstoffproduktion verwendet.

Die Erzeugung von Synthesegas aus erneuerbaren Quellen gilt zwar als eine der Schlüsseltechnologien für einen nachhaltigeren Energie- und Materialkreislauf, wurde aber bisher von der Industrie noch nicht in großem Umfang realisiert. Es haben sich bereits zahlreiche wünschenswerte Einsatzstoffe wie minderwertige Biomasse, biogene Reststoffe oder Abfälle in Versuchen im Labor- und Pilotmaßstab als geeignet erwiesen, doch wurde dies noch nicht in einer integrierten Prozesskette umgesetzt. Mit der Syngas Plattform Wien soll daher solch eine integrierte Prozesskette von biogenen Rest- und Abfallstoffen zu einem wertvollen Endprodukt demonstriert werden.<sup>11</sup>

Der 1-MW-Gaserzeuger wurde auf dem Gelände der größten Wiener Sondermüllverbrennungsanlage errichtet und durchlief ein vollständiges Genehmigungsverfahren für die Abfallverwertung, da er in die bestehende Anlage zur Rauchgasreinigung integriert ist. Dadurch ist es möglich, ein breites Spektrum an Abfallarten über lange Betriebszeiten (mehrere Wochen und Monate) zu nutzen.

Neben dem neuen Reaktordesign ist die 1 MW-Anlage auch mit einem neuartigen Gasreinigungskonzept ausgestattet. Die Produktgasreinigung erfolgt über einen Produktgaszyklon, eine Heißgasfiltrationseinheit (Keramikfilter, betrieben bei 400–450 °C) und einen zweistufigen Wäscher. Diese Gasreinigungsanlage wurde für die Behandlung von biogenen Rückständen und Abfällen mit höherem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen oder höherem Aschegehalt konzipiert.

---

<sup>11</sup> Die Verwertung von alten, Teeröl getränkten Bahnschwellen wäre theoretisch möglich und unproblematisch, müsste aber anhand von Versuchen im Detail betrachtet werden, da es bisher noch keine praktischen Untersuchungen dazu gibt.

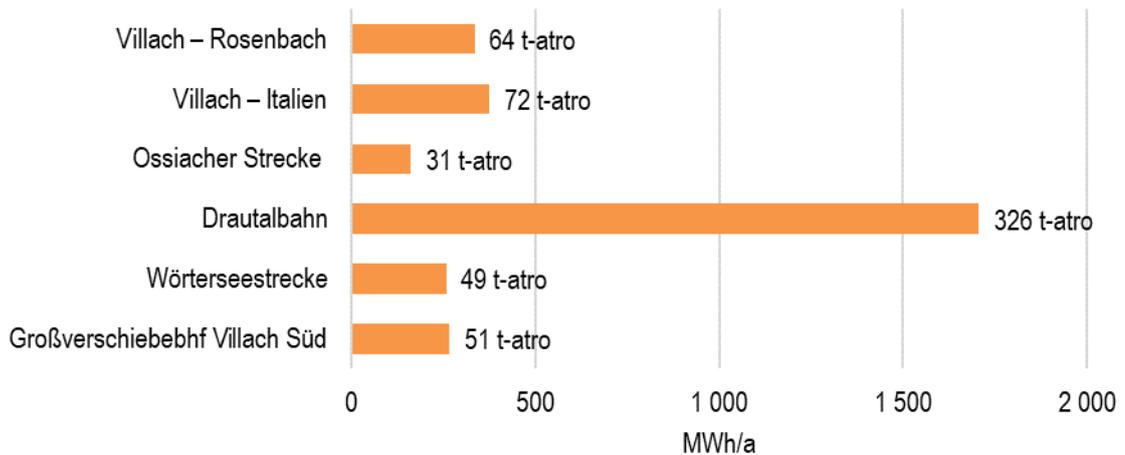
Abbildung 17 zeigt ein Bild der 1-MW-DFB-Gaserzeugungsanlage auf der Syngas Plattform Wien. Diese wurde 2022 in Betrieb genommen und erste Versuche wurden bereits erfolgreich durchgeführt.



**Abbildung 17: Der 1 MW DFB Gaserzeuger der Syngas Plattform Wien**

### **6.3. Betriebsinterne energetische Nutzung der Holzbiomasse**

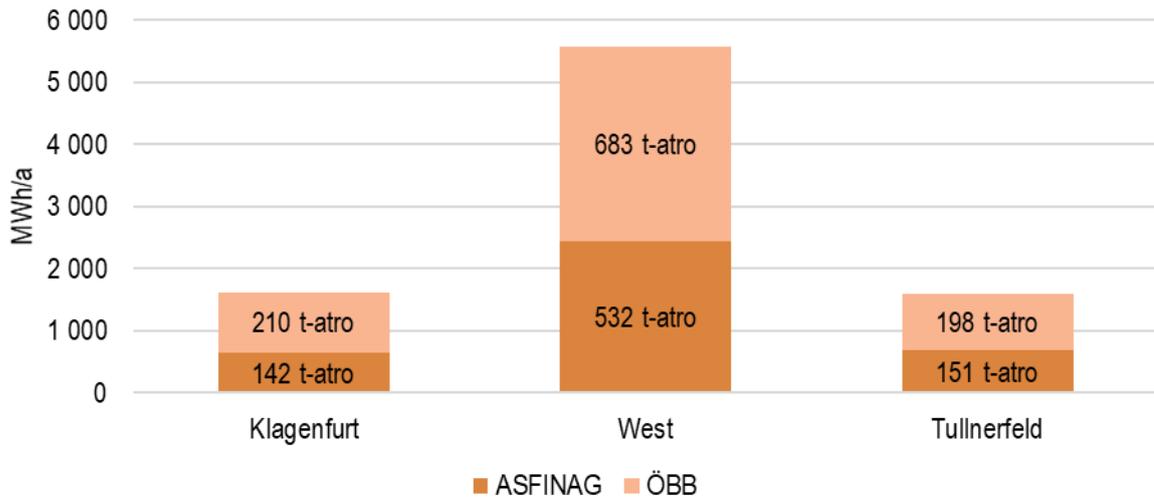
Die ÖBB-Infra hat zum Ziel, bis 2030 komplett auf die Nutzung von Heizöl für die Gebäudeheizung zu verzichten. Der Gesamtbedarf an Wärme, der bis 2030 durch Pellets bzw. Biomasse ersetzt werden soll, beträgt 10 GWh. Der Gesamtenergiebedarf der 256 ölbefeuerten Heizungsanlagen beträgt auf Basis des Geschäftsjahres 2020 ca. 20,2 GWh. In diesem Kontext wurde abgeschätzt, wieviel Hackgut in ausgewählten Regionen Kärntens für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen würde. Die ausgewählten Regionen basieren auf der vorhandenen Infrastruktur der ÖBB. Eine Darstellung des Energiegehaltes des Hackgutes, ohne Berücksichtigung der Effizienz eines entsprechenden Kessels in der Endnutzung, ist in Abbildung 18 gemeinsam mit den äquivalenten Massenangaben in t-atro zu finden. Demnach stünden über alle Regionen summiert 592 t-atro bzw. 3 GWh pro Jahr zur Verfügung.



**Abbildung 18: Energiegehalt potenzieller ÖBB Hackgutmengen bei einem durchschnittlichen Heizwert von 5,235 MWh/t-atro**

Die potenziellen Pellets Mengen wurden für die drei Modellregionen berechnet. Zu diesem Zweck wurden die Baum- und Strauchschnittmengen bei derzeitiger und intensiver Nutzung als Min – Max Werte herangezogen. Es wurde davon ausgegangen, dass 20 % des Materials durch Aussieben gewisser Fraktionen sowie durch Verluste verloren gehen. Um das Potenzial nicht zu überschätzen, wurde zur Umrechnung der Pellets Mengen in deren gesamten Energiegehalt ein geringer Heizwert von 4,6 kWh/kg<sup>12</sup> angesetzt. Dieser entspricht den Mindestanforderungen der ENplus Richtlinie. Ein Überblick über das abgeschätzte Potenzial der Pellets Produktion mit den minimalen Biomassemengen ist in Abbildung 19 gegeben. Für den Raum Klagenfurt sowie das Tullnerfeld könnten insgesamt (über ÖBB und ASFINAG summiert) jeweils 1,6 GWh pro Jahr an Pellets produziert werden, während es in der Region West ca. 5,6 GWh/a wären.

<sup>12</sup> Der tatsächliche Heizwert wird realistischerweise höher sein. Dieser rechnerische Heizwert wurde angesetzt, um die geringere Qualität des Materials und der Energieaufwand der Herstellung zu berücksichtigen und so das Energiepotenzial nicht zu überschätzen.



**Abbildung 19: Energiegehalt potenzieller Pellets Mengen bei minimalen Hackgut- und Strauchschnitmengen und einem durchschnittlichen Heizwert (Pellets) von 4,6 MWh/t-atro**

Allerdings ist hier zu erwähnen, dass rund 90 % der in Österreich produzierten bzw. zwei Drittel der verkauften Pellets zertifizierte A1 Pellets nach ENplus Richtlinie sind. Die meisten Hersteller von Pelletkaminöfen und Pelletzentralheizungen für Einfamilienhäuser haben ihre Produkte für die Qualitätsklasse A1 ausgelegt. Größere Pelletkessel, etwa für Mehrfamilienhäuser oder für gewerbliche Objekte, können auch mit der Qualitätsklasse A2 oder B betrieben werden. Das sogenannte ENplus-Zertifikat wurde als Kontrollsystem über die gesamte Wertschöpfungskette entwickelt, um zu garantieren, dass die produzierten/gelieferten/konsumierten Pellets auch der angegebenen Qualitätsklasse entsprechen. Unter <https://enplus-pellets.eu/at/> können ENplus zertifizierte Hersteller und Händler abgerufen werden.

Die ENplus Richtlinie legt somit gewisse Qualitätskriterien fest und bestimmt, welche Rohstoffe eingesetzt werden dürfen. Die Qualität von Pellets aus Baum- und Strauchschnitt aus der Verkehrsinfrastrukturpflege würde somit einige Herausforderungen mit sich bringen – vom Herstellungsprozess bis hin zur Verwertung. Aufgrund der Verschmutzungen und des Rindenanteils können Grenzwerte wahrscheinlich nicht eingehalten werden. Daher ist davon auszugehen, dass die ÖBB für die Herstellung nicht zertifizierter Pellets eine eigene Pelletpresse betreiben müsste. Bei den Kesseln ist darauf zu achten, dass diese auch mit den qualitativ geringwertigen Pellets umgehen können.

## 7. SCHLUSSFOLGERUNG

Werden die Grünflächen entlang der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien intensiver bewirtschaftet, würde sich ein zusätzliches Rohstoffpotential ergeben, welches einen wertvollen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft und Dekarbonisierung des Energiesystems, zum Beispiel durch die Produktion von grünem Gas und grünem Wasserstoff in Österreich, leisten kann. Hierbei kommen insbesondere die Flächen entlang der Bahninfrastruktur in Frage, da diese, im Gegensatz zu den Flächen der ASFINAG, nicht so stark von Littering betroffen sind.

Diese Biomassesortimente stellen ein wertvolles Ressourcenpotential dar: Die Fähigkeit von Biomasse, fossile Brennstoffe in der bestehenden Infrastruktur zu ersetzen, und die Vielfalt der möglichen Endenergieträger, machen Biomasse zu einer attraktiven und national sowie regional verfügbaren Ressource, die zur Erreichung der Klimaziele beitragen kann. Ein weiterer Vorteil von Biomasse ist, dass sie speicherbar ist und somit zum Ausgleich von Volatilitäten erneuerbarer Energiesysteme beitragen kann.

Die Projektergebnisse zeigen jedoch, dass die Errichtung von eigenen Bioenergie-Konversionsanlagen, sowohl für ASFINAG als auch ÖBB, aktuell aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll ist. Dafür sind die anfallenden Biomassemengen zu gering und dezentral verteilt, wodurch extrem hohe Logistikkosten anfallen würden. Zudem müssen für diese Biomassesortimente, da sie nach AWG Abfälle sind, gesetzlich vorgegebene administrative Abläufe (z.B. eine Sammler- und Behandlererlaubnis entsprechend AWG für Firmen, die für den Transport und die Verwertung/Behandlung dieser Biomassesortimente beauftragt wurden) eingehalten sowie Entsorgungskosten entrichtet werden. Dies führt dazu, dass Grünschnitt derzeit häufig nicht abtransportiert wird, sondern als Mulchmaterial auf den Flächen liegen bleibt.

Eine Möglichkeit, die derzeit auch schon zum Teil genutzt wird, ist die Kooperation mit bestehenden Biogas- (bzw. Biomethan-) und Kompostanlagen. Diese Kooperationen sind allerdings noch ausbaufähig, insbesondere im Hinblick auf die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Um die Nutzung der Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege in Zukunft voranzutreiben, sind Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Erlass von praktikablen Abfallende-Verordnungen, Fördermaßnahmen) im Sinne einer Bioökonomie-basierten Kreislaufwirtschaft notwendig. Aktuelle regulative Entwicklungen und damit verbundene neue Umsetzungsziele im Energiesektor sowohl auf EU-Ebene wie in Österreich (siehe z.B. Entwurf

Erneuerbares-Gas-Gesetz) könnten in Zukunft eine dahingehende Anpassung der Auslegung des Abfallbegriffes vorantreiben. Tabelle 6 gibt einen abschließenden Überblick über Chancen und erforderliche Maßnahmen zu einer gesteigerten und sinnvollen Nutzung der Biomasse aus Verkehrsinfrastrukturpflege.

**Tabelle 6: Zusammenfassung der Chancen und Maßnahmen der zur Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege**

Chancen der energetischen Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege	Maßnahmen zur Förderung der Nutzung von Biomasse aus der Verkehrsinfrastrukturpflege
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausweitung des Rohstoffangebotes</li> <li>• Intensivierung der „Pflegemaßnahmen“ bewirkt ein verbessertes Neophytenmanagement</li> <li>• Dekarbonisierung des Energiesystems</li> <li>• Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im Sinne der Bioökonomie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptierung der abfallrechtlichen Rahmenbedingungen im Sinne einer Bioökonomie-basierten Kreislaufwirtschaft (z.B. zielführende und kontrollierbare Abfall-EndeVO)</li> <li>• Regulative Vorgaben in Verbindung mit den Umsetzungszielen im Energiesektor</li> <li>• Einsatz zielführender finanzieller Instrumente wie Anreizsysteme und Förderungen (Forcierung Materialübernahme in Konversionsanlagen, wirtschaftliche Biomasse-Einbringung)</li> </ul>

## REFERENZEN

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2013): Aktionsprogramm Neophyten und Kreuzkräuter in Vorarlberg, Amt der Vorarlberger Landesregierung - Abteilung IVe Umweltschutz, November 2013 (Online verfügbar: [www.neophyten.net](http://www.neophyten.net))

Bertling, J.; Bertling, R.; Hamann, L. (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhoferinstitut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen, Juni 2018.

BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2022): Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie. Wien, 2022.

Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002). BGBl. I/102/200.

Czajczynska, D.; Anguilano, L.; Ghazal, H.; Kryzynska, R.; Reynolds, A.J.; Spencer, N.; Jouhara, H. (2017): Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. Thermal Science and Engineering Progress, Volume 3, Pages 171-197, 2017.

Demirbas, A.; Ahmad, W.; Alamoudi, R., Sheikh, M. (2016): Sustainable charcoal production from biomass. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, Volume 38, Issue 13, Pages 1882-1889, 2016.

De Silva, S.; Huynh, T.; Ball, A.S.; Indrapala, D.V.; Reichman, S.M. (2020): Measuring Soil Metal Bioavailability in Roadside Soils of Different Ages. *Environments* 2020, 7, 91. <https://doi.org/10.3390/environments7100091>.

Devitt, D.A.; Wright, L.; Landau, F.; Apodaca, L. (2014): Deicing Salts; Assessing Distribution, Ion Accumulation in Plants and the Response of Plants to Different Loading Rates and Salt Mixtures, *Environment and Natural Resources Research*; Vol. 4, No. 1; 2014, Published by Canadian Center of Science and Education, ISSN 1927-0488, doi:10.5539/enrr.v4n1p73.

Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG). BGBl. I Nr. 150/2021.

EEA (European Environment Agency) (2019): Quality and greenhouse gas intensities of transport fuels in the EU in 2017. Monitoring under the Fuel Quality Directive in 2017 (2018 reporting). EEA Report No 05/2019.

EEG (2023) – Begutachtungsentwurf Erneuerbares-Gas-Gesetz.

Fischer, P.; Jauch, M. (1988): Kompostierung von Grünrückständen. Ergebnisse aus dem Entwicklungsauftrag Ersatzprodukte für Torf durch Kompostierung pflanzlicher Materialien, in: Materialien 49 (Bayr. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen) 1988.

IEA Bioenergy (2012): Bio-based chemicals. Value added products from biorefineries. IEA Bioenergy Task 42.

Industrieconsult Wenger-Oehn (s.a.): Präsentation Reststoffverwertungsanlage 11er Nahrungsmittel GmbH. Online verfügbar:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjp9bKmxKX5AhXAYPEDHbC3BKoQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.klimaaktiv.at%2Fdam%2Fjcr%3Ae6b35b40-ce7b-4dda-9048-ce6f2bfae41e%2F02\\_Wenger-Oehn\\_Biomethan%2520Treibstoff%2520aus%2520der%2520Kartoffelverarbeitung\\_fertig.pdf&usq=AOvVaw3h6r9aCfymrv4U66iBACIb](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjp9bKmxKX5AhXAYPEDHbC3BKoQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.klimaaktiv.at%2Fdam%2Fjcr%3Ae6b35b40-ce7b-4dda-9048-ce6f2bfae41e%2F02_Wenger-Oehn_Biomethan%2520Treibstoff%2520aus%2520der%2520Kartoffelverarbeitung_fertig.pdf&usq=AOvVaw3h6r9aCfymrv4U66iBACIb) (01.08.2022)

Knight L.J.; Parker-Jurd, F.N.F.; Al-Sid-Cheikh, M.; Thompson, R.C. (2020): Tyre wear particles: an abundant yet widely unreported microplastic?, *Environmental Science and Pollution Research* (2020) 27:18345–18354, Springer Verlag, März 2020.

Kraussler, M.; Pontzen, F.; Müller-Hagedorn, M.; Nanning, L.; Luisser, M.; Hofbauer, H. (2018): Techno-economic assessment of biomassbased natural gas substitutes against the background of the EU 2018 renewable energy directive. In: *Biomass Conversion and Biorefinery* 8.4, 2018, pp. 935–944. DOI: 10.1007/s13399- 018- 0333- 7.

Kraussler, M.; Binder, M.; Hofbauer, H. (2016): 2250-h long term operation of a water gas shift pilot plant processing tar-rich product gas from an industrial scale dual fluidized bed biomass steam gasification plant. *Int. J. Hydrog. Energy* 41, 6247–6258, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.02.137>.

Milakovic, I.; Fiedler, K.; Karrer, G. (2014): Management of roadside populations of invasive *Ambrosia artemisiifolia* by mowing, *Weed Research* 54, 256–264, DOI: 10.1111/wre.12074, 2014.

ÖWAV (2013): Ausschußpapier Neophytenmanagement, Österreichischer Wasser- und Abfallverband (ÖWAV), Wien, April 2013

Sager, M. (2020): Urban Soils and Road Dust - Civilization Effects and Metal Pollution - A Review, *Environments* 2020, 7, 98, doi:10.3390/environments7110098

Schinnerl, D.; Bleyl-Androschin, J.W.; Eder, M. (2010): Wirtschaftlichkeit von Biomethan Nutzungspfaden. Online Verfügbar:  
[https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/Biogas/2010\\_Schinnerl\\_\\_Bleyl\\_\\_Eder\\_BiomethanNutzungspfade\\_EnInnov2010\\_100202.pdf](https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H73000/H73300/pub/Biogas/2010_Schinnerl__Bleyl__Eder_BiomethanNutzungspfade_EnInnov2010_100202.pdf) (30.01.2023)

Stoifl, B.; Oliva, J. (2020): Littering in Österreich. Umweltbundesamt, Wien.

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung 2001). BGBl. II/292.

Verschoor, A.; Poorter, L.; Dröge, R.; Kuenen, J.; Valk, E. (2016): Emission of microplastics and potential mitigation measures, *Institute for Public Health and the Environment, Netherlands* 26, 1–73.

Wiłkomirski, B.; Galera, H.; Sudnik-Wójcikowska, B.; Staszewski, T.; Suska-Malawska, M. (2012): Railway Tracks -Habitat Conditions, Contamination, Floristic Settlement -A Review. *Environment and Natural Resources Research*.

Zehetner, F.; Rosenfellner, U.; Mentler, A.; Gerzabek, M. (2009): Distribution of Road Salt Residues, Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons across a Highway-Forest Interface, *Water Air Soil Pollut* (2009) 198:125–132, DOI 10.1007/s11270-008-9831-8