

Reststoff-Bioressourcen: Inventuren aus Hamburg und ein Tool

Technische Universität Hamburg

Phillipp Lüssenhop und Ina Körner
phillipp.luessenhop@tuhh.de, i.koerner@tuhh.de

Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz
Gruppe Bioressourcen-Management

Die Forschergruppe Bioressourcen-Management

Kombinierte stoffliche und energetische Verwertung reststoff-basierter Bioressourcen



Seit 2008 an der TUHH

Arbeitsschwerpunkte:

- Anaerobe Vergärung
- Kompostierung, Nährstoffrückgewinnung
- Modellierungs- und Entscheidungshilfesysteme
- Regionale Inventuren, Konzepte, Strategien

Wichtige Inventur-Projekte:

- BERBION | BMBF | 2009 - 2011
- KREIS | BMBF | 2011 - 2014
- DECISIVE | EU | 2016 - 2021
- FLEXIBI | BMBF | 2018 - 2021

Inhalt

1) Projekte mit regionalen Reststoff-Inventuren

- Verschiedenste im Bezirk Bergedorf
- Schwarzwasser und Co-Substrate um die Jenfelder Au
- Lebensmittelabfälle in Hamburg
- Baumpflegeschnitt in Hamburg

2) BRIT-Tool für regionale Bioressourcen-Inventuren

- Aufbau und Vorgehen
- Ziele und Anforderungen
- Lösungsansätze und Erweiterungsmöglichkeiten
- Fragen und Antworten

3) Nutzungsoptionen für Reststoffe

4) Schlussfolgerungen



BERBION: Bio-basierte Reststoffe im Bezirk Bergedorf

Arten, Potenziale, Eigenschaften

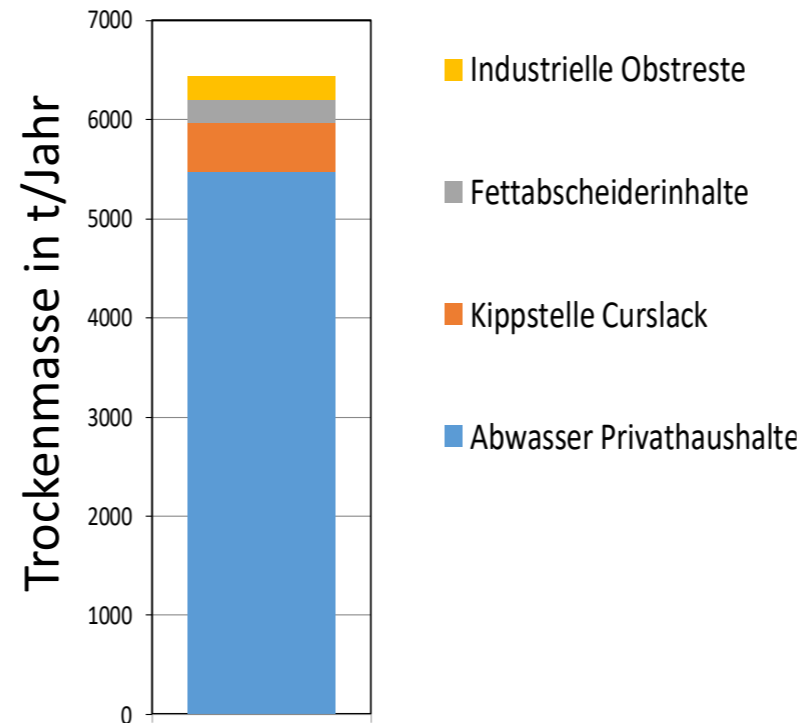
Methodik

- Vielfältige Methoden (z.B. Literatur, Befragungen, Daten von Firmen, Behörden, Katastern)
- Zeit- und personalaufwendig

Ergebnisse

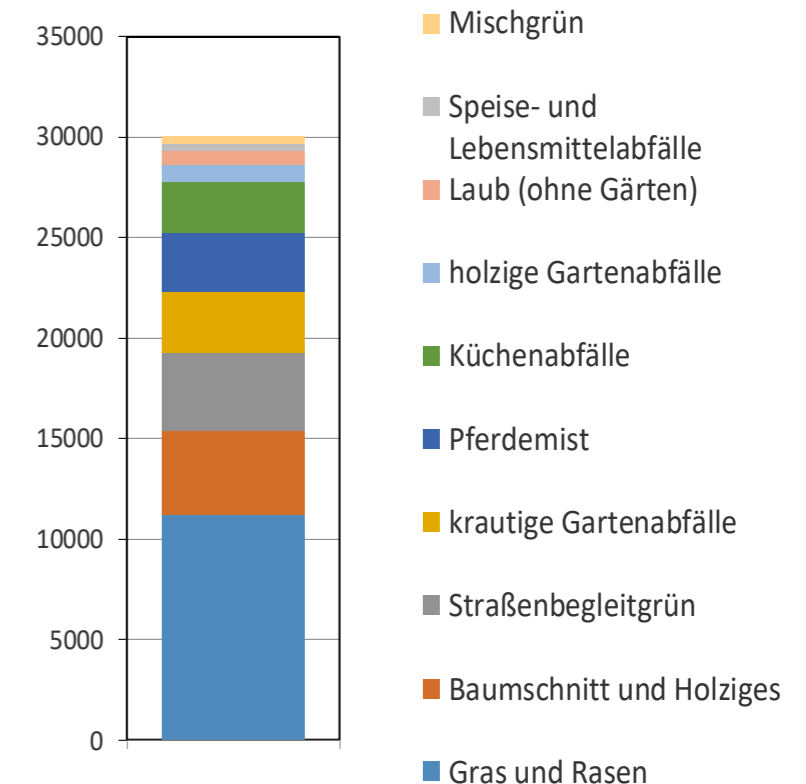
- Große Vielfalt und Menge
- Eigenschaftscluster wichtig
- Nicht allumfänglich
- Nur selten effizient genutzt

$\Sigma 6\,500\text{ t / a}$
(46 m³ feucht / Einwohner)



Flüssig – schlammig

$\Sigma 30\,000\text{ t / a}$
(700 kg feucht / Einwohner)



Fest – feucht

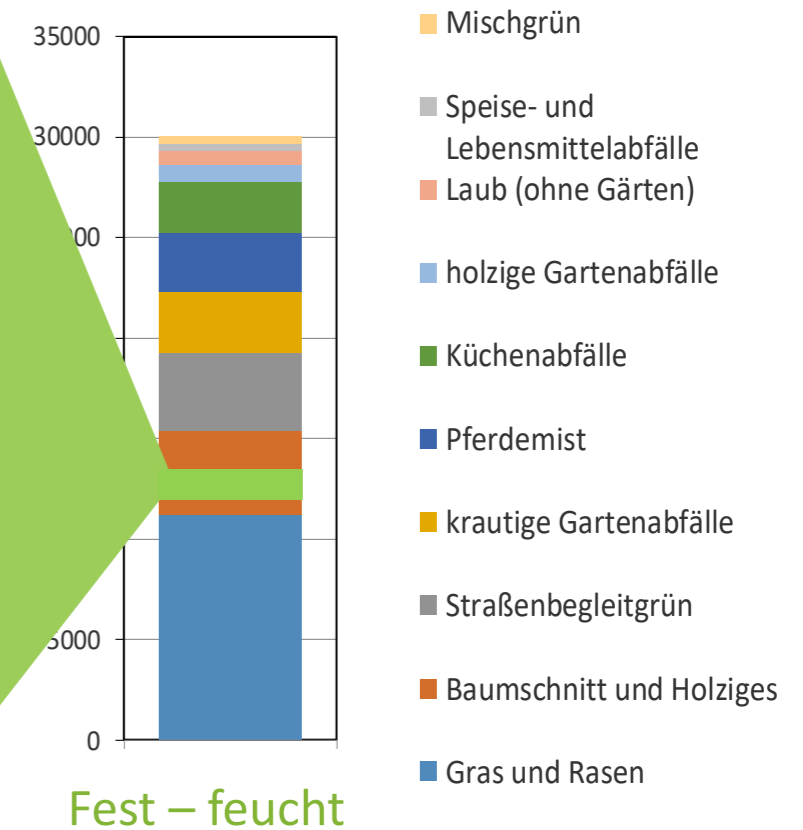
Körner (2011)

BERBION: Bio-basierte Reststoffe im Bezirk Bergedorf



Baumpflegeschnitt-Trockenmasse: ca. 1000 t/a¹

Σ 30 000 t / a
(700 kg feucht / Einwohner)



¹ Schätzung basierend auf Adwiraah (2015), BUKEA (2019) und Hamburg.de (2019)

KREIS: Biogas-Bioressourcen für die Jenfelder Au

Bioressourcen der Umgebung

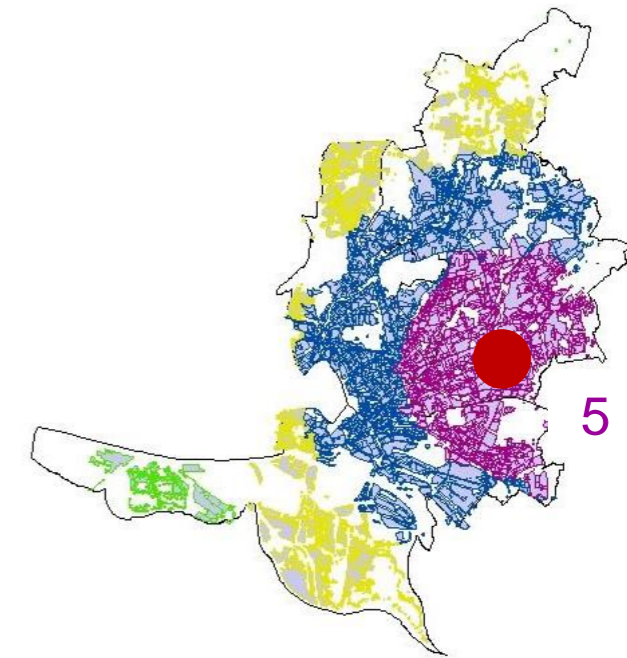
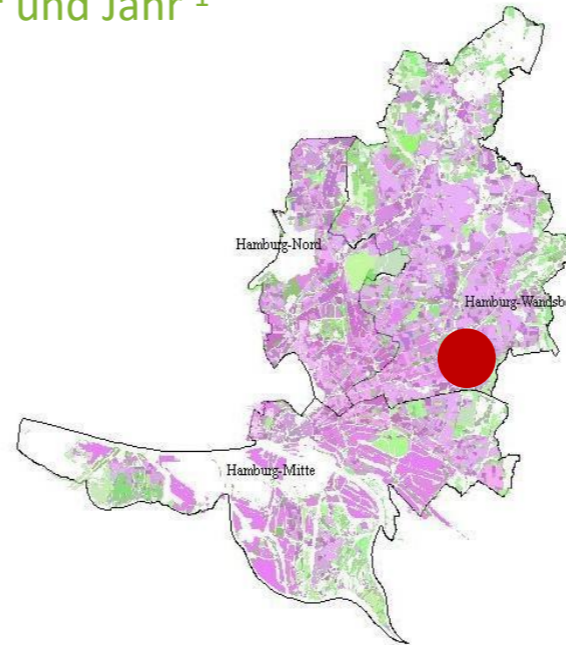


Kleine Biogasanlage für Schwarzwasser in der Jenfelder Au / Wandsbek

Grünflächen mit 1 kg Rasenschnitt pro m² und Jahr¹

Schwarzwasser Jenfelder Au¹
 Küchenabfälle Jenfelder Au²
 Rasenschnitt im 5 km Radius¹
 Fettabscheiderrückstände in Wandsbek¹

Frischmasse (t/a)
4 380
 120
44 000
 1 500



¹ Hertel und Körner (2017); ² kalkuliert mit 60 kg Abfälle pro EW & a

DECISIVE: Haushalts-Lebensmittelabfälle und ihr Verbleib

Verteilung in Hamburg ermittelt auf Basis von Gebäudekatasterdaten

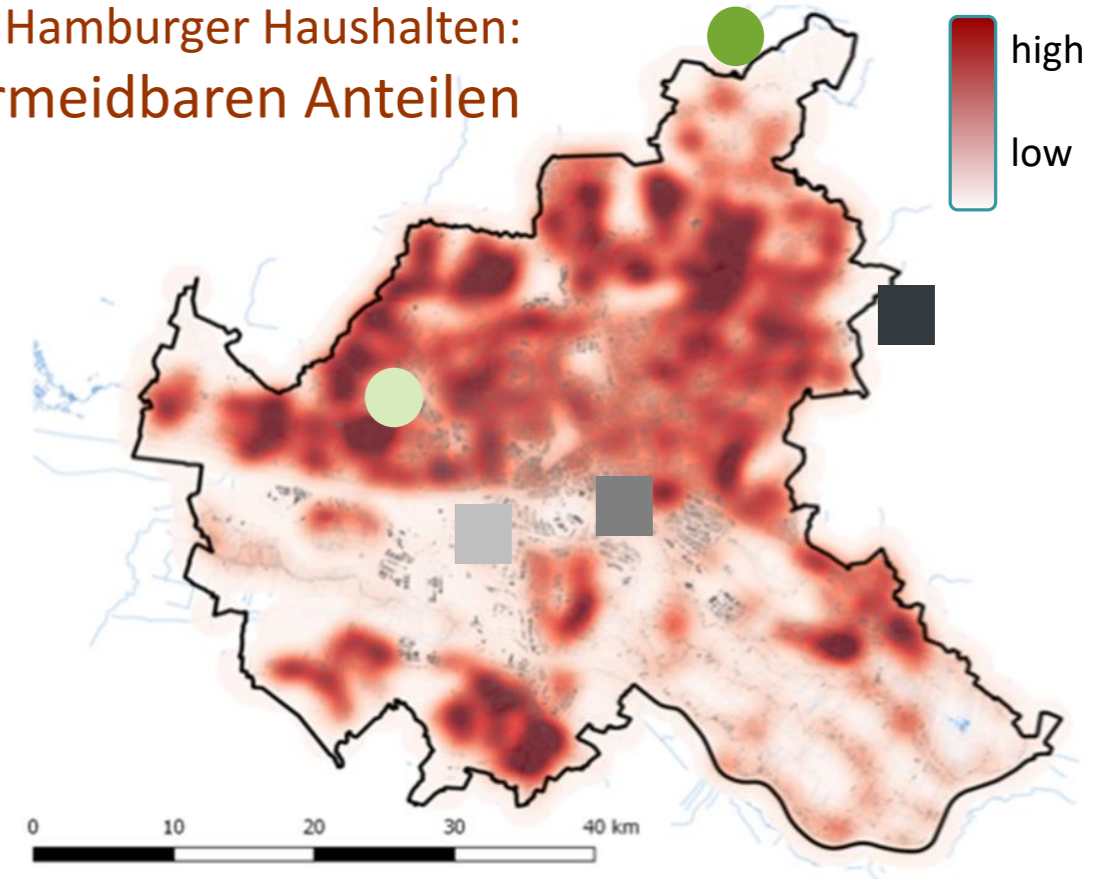
Potenzial an Lebensmittelabfällen, gesammelt aus Hamburger Haushalten:
 Ca. **111 000 t/a**¹ mit vermeidbaren und unvermeidbaren Anteilen

Gegenwärtig hauptsächlich über Restmülltonne eingesammelt
 → **Entsorgung mittels Verbrennung (89 000 t/a)**²

- MVA Rugenberger Damm
- MVB Borsigstraße
- MVA Stapelfeld

Geringer Teil über Bioabfalltonne eingesammelt
 → **Verwertung für Biogas und Kompost (22 000 t/a)**²

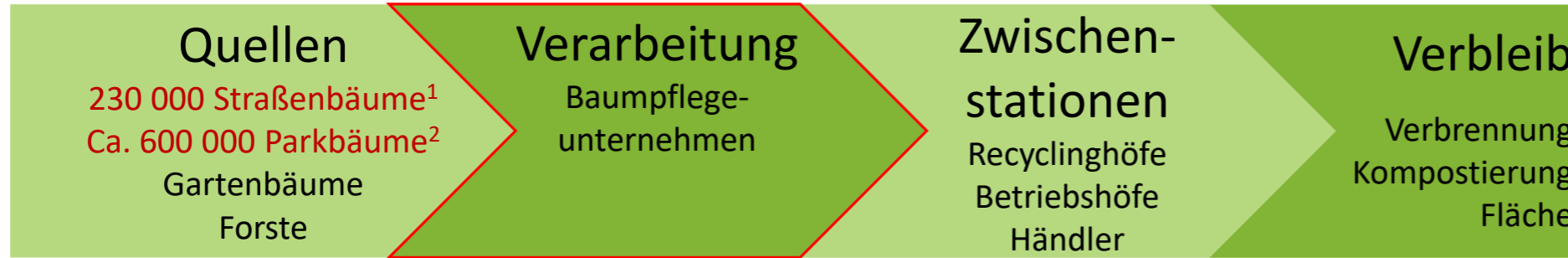
- Vergärung und Kompostierung, Bützberg
- Vergärung, Stellingen (geplant)



¹ kalkuliert mit 60 kg /WE & a und 1,845 Mio. EW, ² kalkuliert mit Daten aus UEC (2019a) und UEC (2019b)

FLEXIBI: Baumpflegeschnitt von Hamburg

Aspekte und Ergebnis der Inventur für kleine Bioraffinerien



Einzugsgebiet: Hamburg
Eigentümer: Grundstücksbesitzer, Stadt

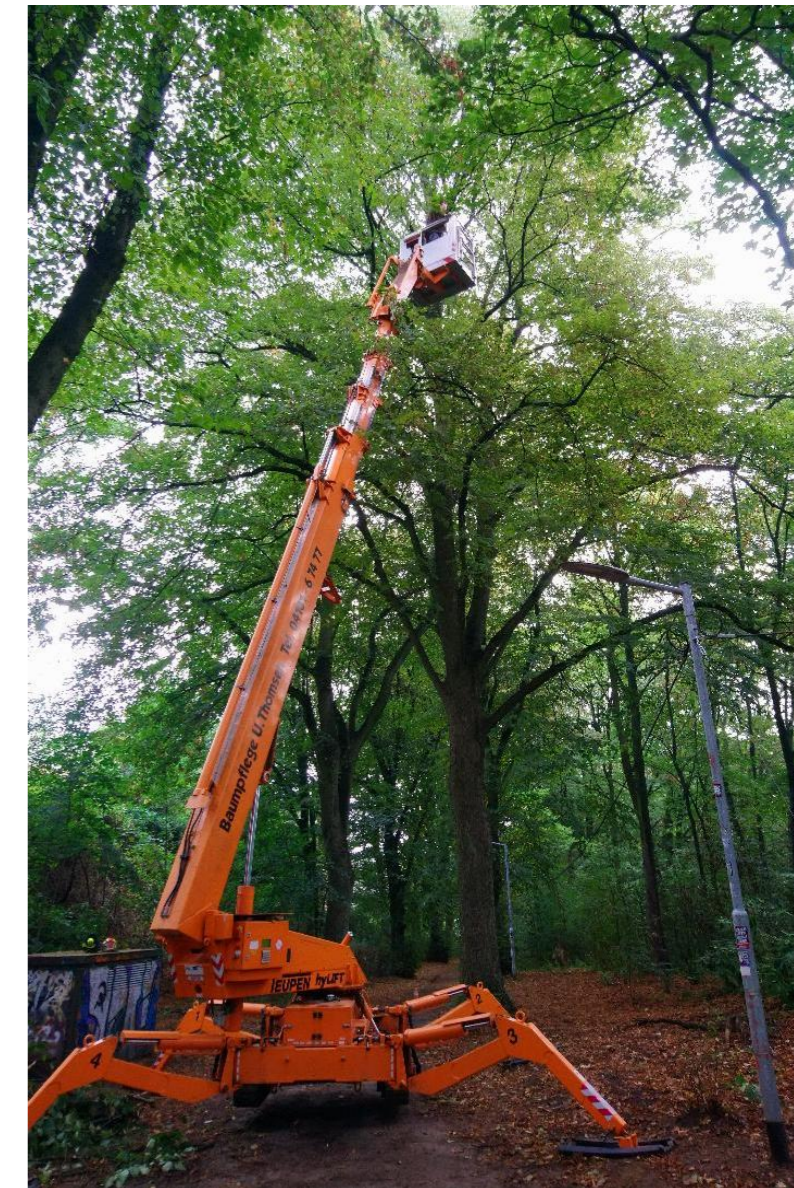
Kennzahlen: Kg Trockenmasse / Baum & Jahr

TUHH-FLEXIBI	9,5 ³
TUHH-BERBION	10,0 ⁴
Project Energy GmbH	15,5 ⁵

Baumpflegeschnitt-Potenzial:

Trockenmasse / Jahr
8 000 - 10 000 - 13 000 t

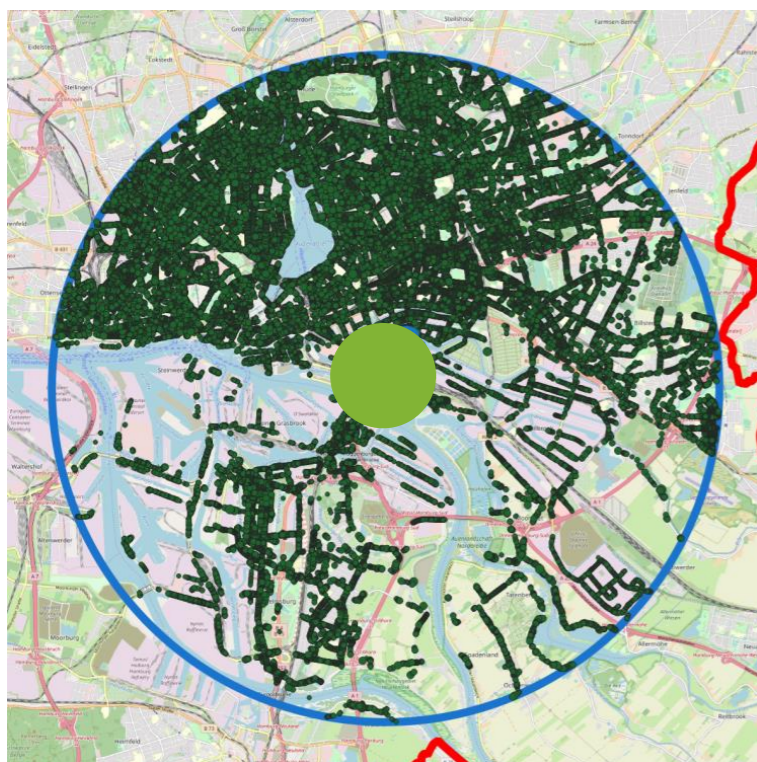
Feuchtmasse / Jahr
Ca. 23 000 t



1 Berechnet aus BUKEA (2019) und HPA (2019); 2 Hamburg.de (2019); 3 Schätzung auf Grundlage eines Experteninterviews in FLEXIBI ; 4 Adwiraah (2015); 5 Projects Energy (2009)

BRIT-Tool: Für systematische regionale Inventuren

Interaktive Oberfläche, Datenbank, Modelle, Visualisierung, Auswertung

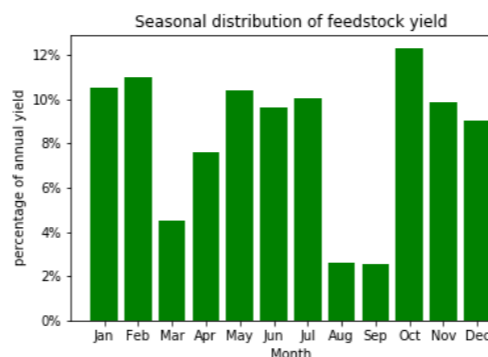
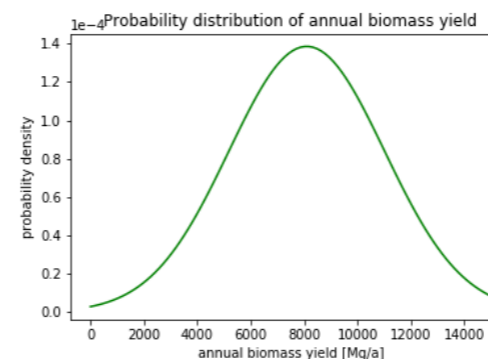


Exemplarische Auswahl eines Einzugsbereichs

Gesamtpotenzial



Saisonale Schwankungen



Vielfältige Informationen zum Pflegeschnitt (exemplarisch)

Vorgehen:

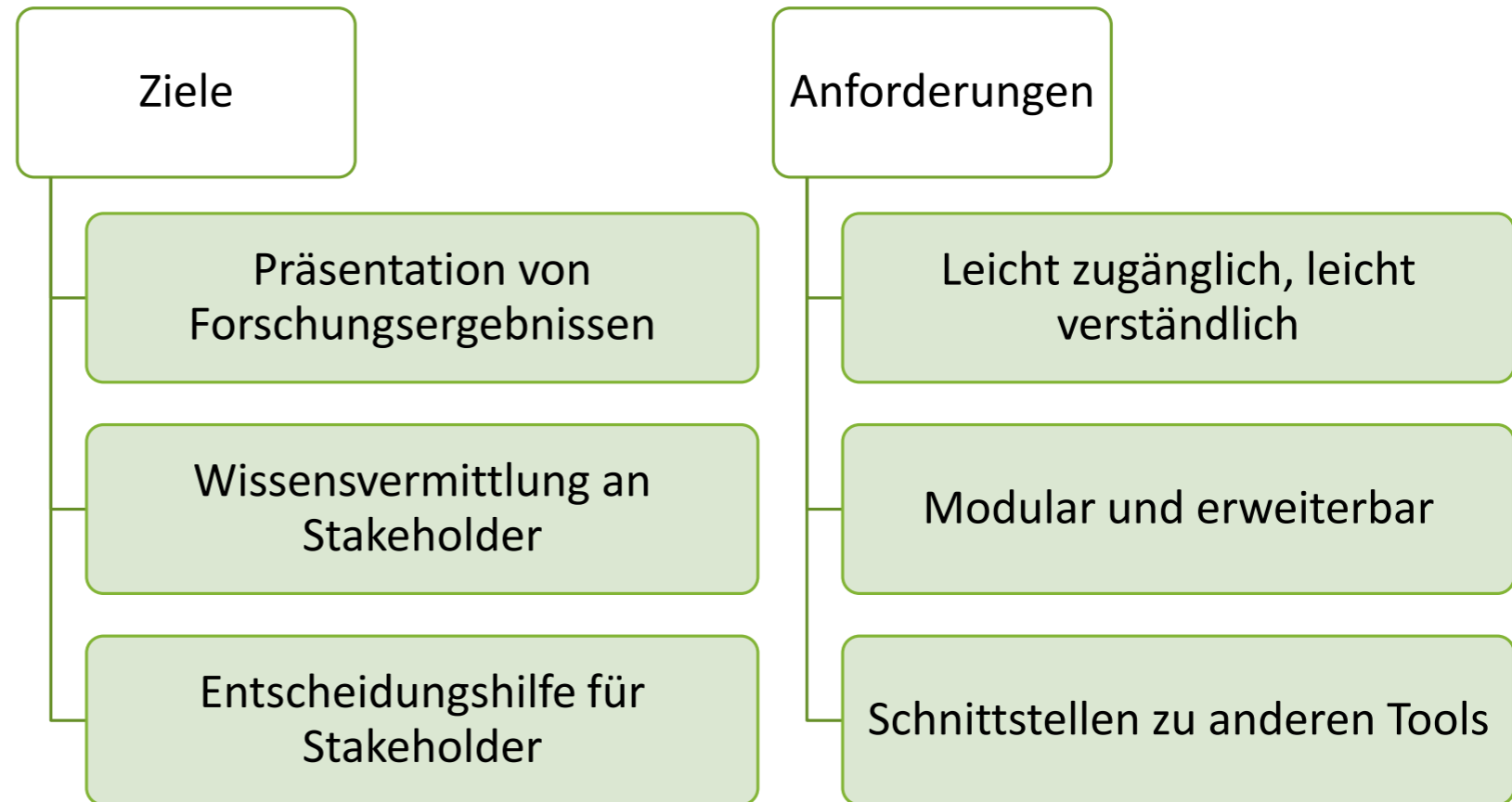
- 1) Standort festlegen
- 2) Einzugsgebiet festlegen
- 3) Bioressourcen auswählen
- 4) Datensatz auswählen
- 5) Modell auswählen
- 6) Annahmen anpassen
- 7) Starten

Datenquelle: Straßenbaumkataster (BUKEA 2019, HPA 2019), Hintergrundkarte: OpenStreetMap Contributors

Wissensplattform und Entscheidungshelfer

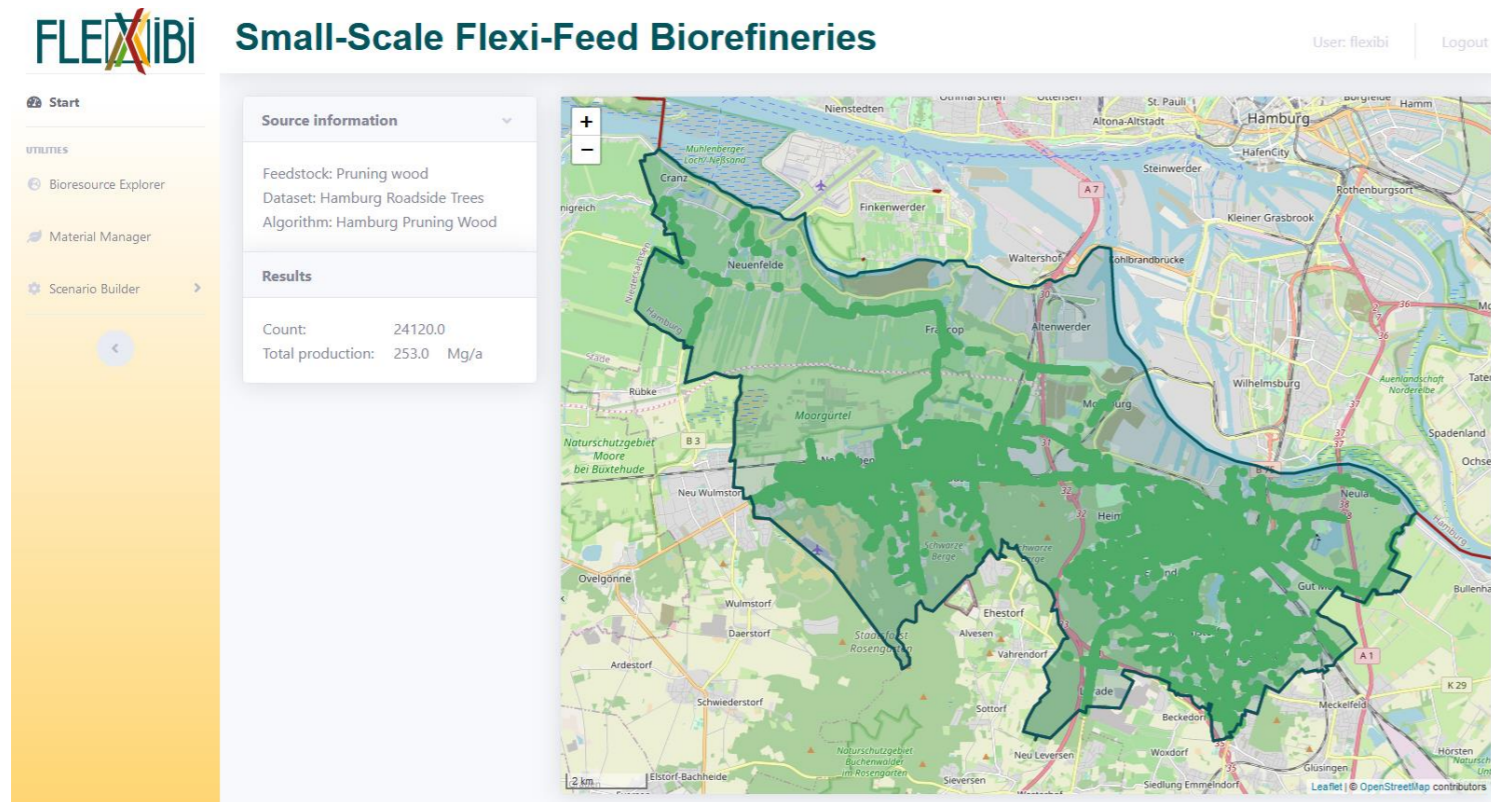
Angewandtes Wissen über lokale Bioressourcen für informierte Entscheidungen

Bio- Resource Inventory Tool



Lösungsansätze für eine einfache Handhabung

Anwender-orientiert, erweiterbar, von der Öffentlichkeit nutzbar



Exemplarische Visualisierung eines Inventurergebnisses für Harburg
(Datenquelle: Hamburger Straßenbaumkataster)

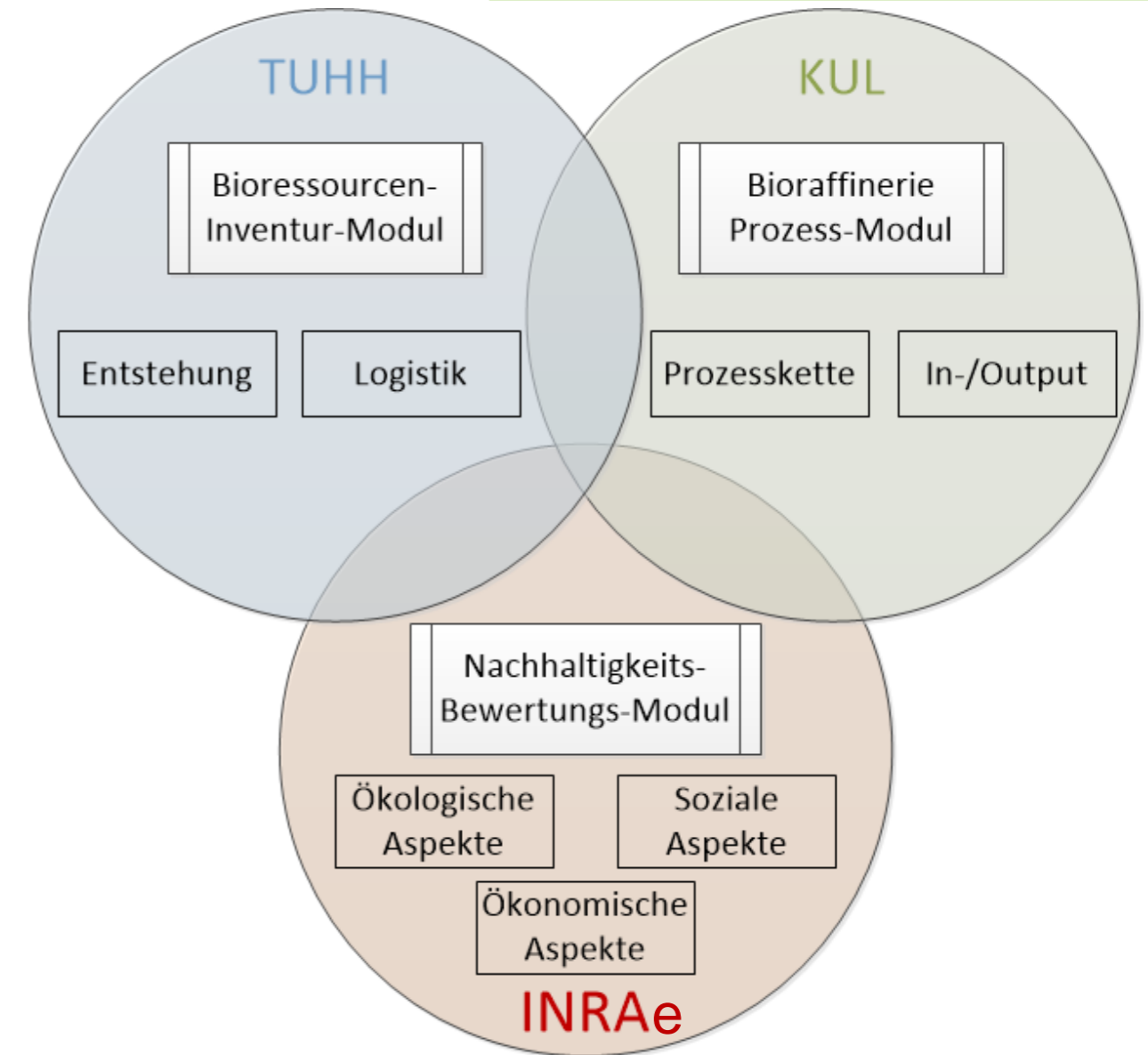
- **GIS-basierte Benutzeroberfläche**
 - Geodaten sind verfügbar
 - Räumliche Fragestellungen berücksichtigt
- **Open Source & Open Data**
 - Keine Kosten für Lizenzen
 - Kollaboration in der Entwicklung möglich
- **Datenbank und Benutzeroberfläche**
 - Strukturierte und kategorisierte Daten
 - Unterstützende Oberfläche
- **Browserbasierte App**
 - Plattformunabhängig & leicht zugänglich
 - Skalierbare Datenbank und Rechenkapazität
 - Schnittstellen zu anderen Tools & Modulen

Erweiterungsmöglichkeiten

Schnittstellen aus dem FLEXIBI-Projekt

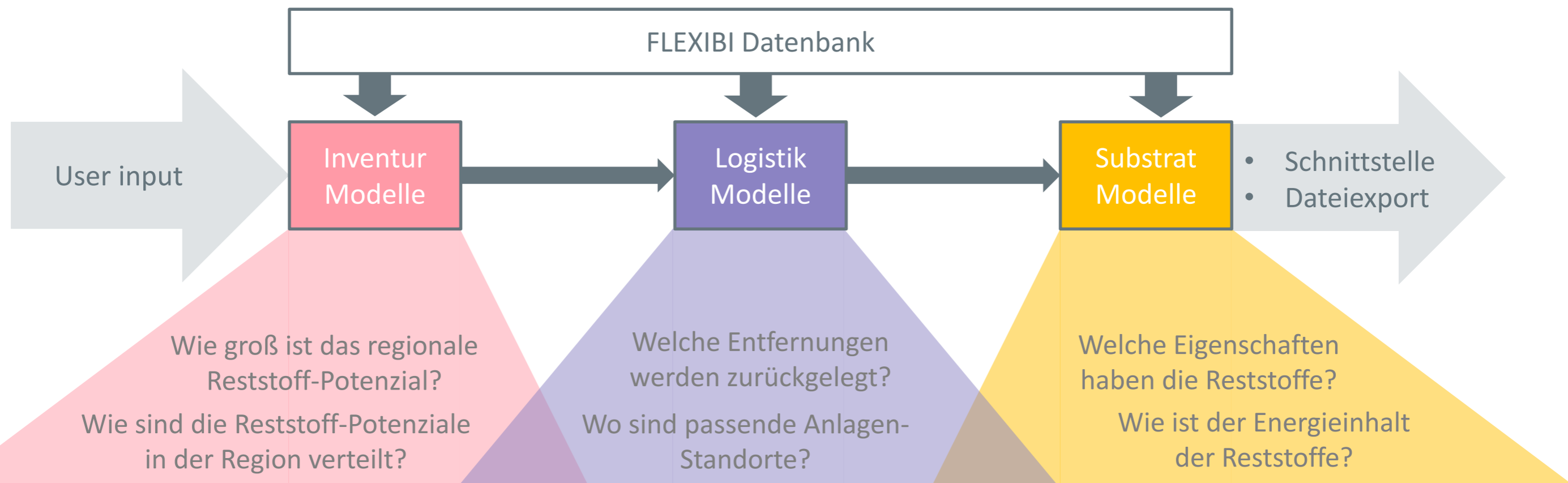
Zusammenarbeit mit anderen Programmen über Schnittstellen (APIs)

- Beispiel FLEXIBI: Zusammenarbeit von drei Modulen
- Geplante Verknüpfungen:
 - SimuCF zur Simulation von Kompostierung / Vergärung
 - BSC zum Vergleich von Bioabfallsammlungs-Optionen



Die Modelle hinter dem Tool und ihre Möglichkeiten

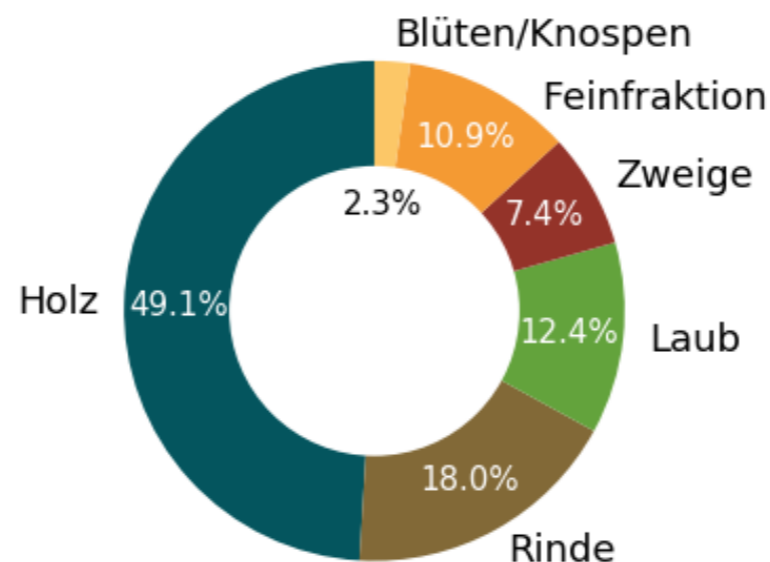
Offene Daten und Forschungsergebnisse mit Modellen zusammenbringen



Ein Anwendungsbeispiel

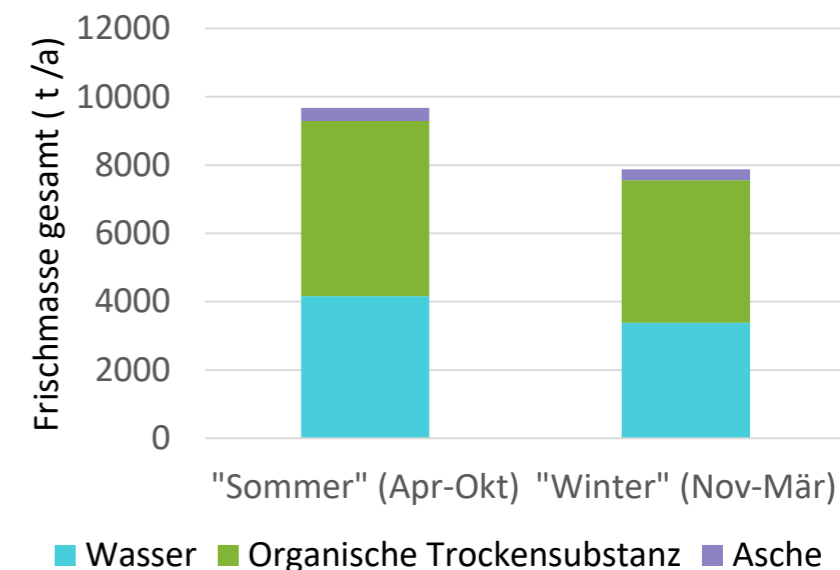
Beurteilungen zum Hamburger Baumpflegeschnitt

- **Reststoffeigenschaften**
 - Makrokomponenten
 - Basiskomponenten
 - Biochemische Komponenten
 - Elemente
- **Saisonale Schwankungen**
 - Monatlich
 - Jahreszeiten



Makrokomponenten
Sommer-
Pflegeschnitt

Lüssenhop et al. (2019): Berechnet aus Versuchsergebnissen in FLEXIBI Fallstudie



Saisonale Schwankungen der Mengen
und Basiskomponenten von Sommer-
und Winterpflegeschnitt

Schätzung auf Grundlage der Statistik eines großen
Baumpflegeunternehmens

In- und Output kleiner flexibler Bioraffinerien

In FLEXIBi betrachtete Optionen



Input



MDF
Gurkenanbau-
Reste



Baumpflege-
schnitt

Bioraffinerie

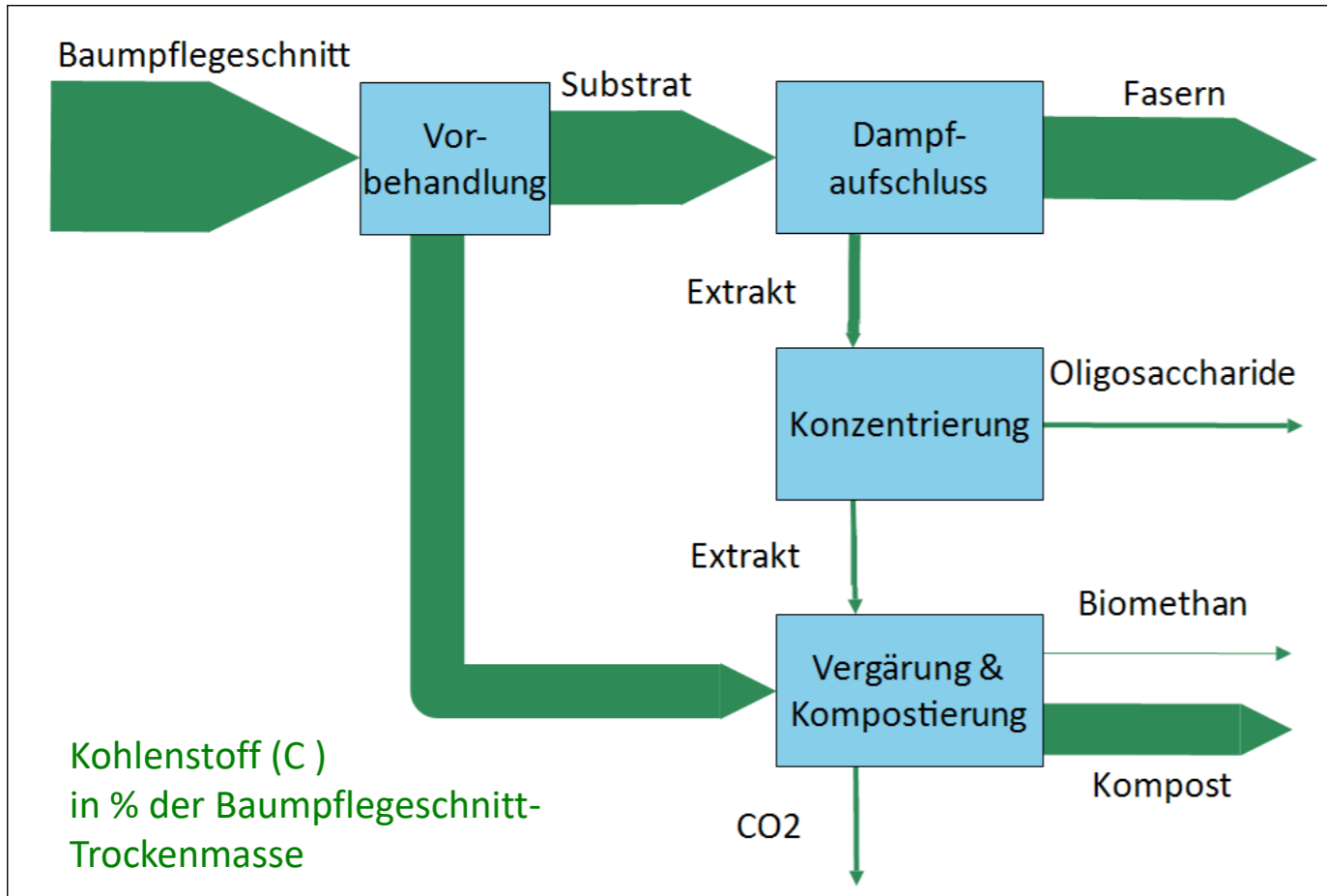
Verschiedene
Prozess-
kaskaden
und
deren
Kombinationen

Output

- Nanocellulose
- Oligosaccharide
- Hemicellulosen
- Lignin
- Pektine
- Fasern
- Emulgatoren
- Kompost
- Stickstoff-Dünger
- Biogas

Parallel-Nutzung

Verschiedene Produkte können aus einer Bioressource erzeugt werden



Hamburger Baumpflegeschnitt 10 000 t Trockenmasse / Jahr

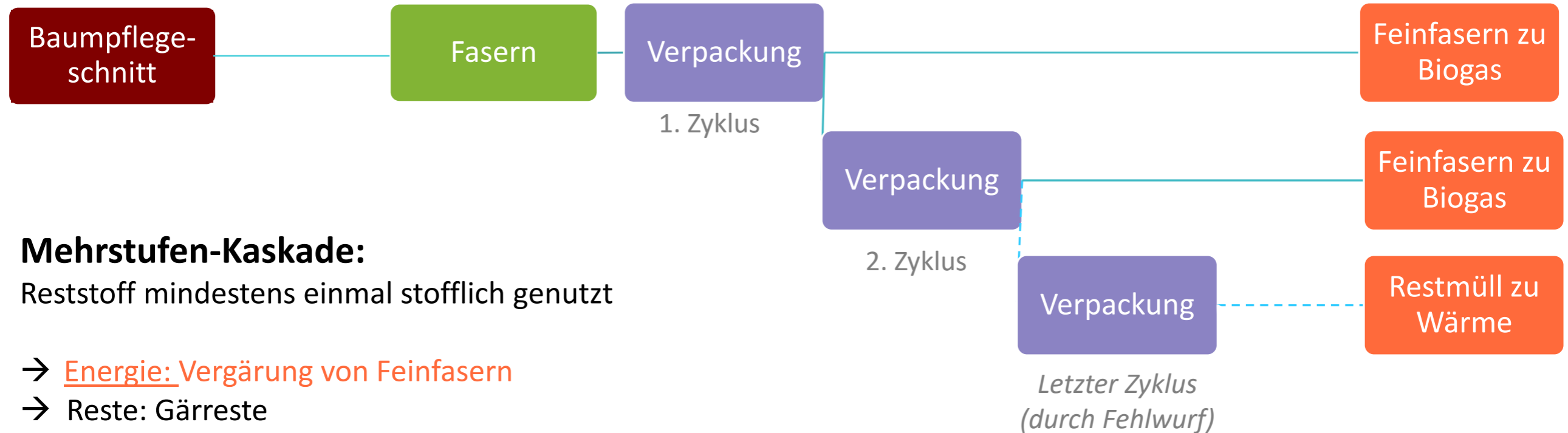


Beispiel aus FLEXIBi für die Nutzung von Baumpflegeschnitt in einer Bioraffinerie: Kohlenstoffbilanz

Berechnet aus Versuchsergebnissen in FLEXIBi Fallstudie

Kaskaden-Nutzung

Reststoff-basierte Grundstoffe werden nacheinander genutzt



Vergleich von Szenarien bezüglich der Energiegewinnung

Für 10 000 t Baumpflegeschnitt-Trockenmasse

Einstufenkaskade

Einmalige Nutzung durch Verbrennung

40 000 MWh / a
15 000 t CO₂ / a

Σ 15 700 MWh / a
Σ 4 300 t CO₂ / a

Parallel-Nutzung

In Beispielbioraffinerie

3 100 MWh/a aus Biogas (Laub)

+ Fasern
+ Emulgatoren
+ Komposte

Kaskaden-Nutzung

Der Faserprodukte

6 400 MWh/a aus Biogas (Feinfasern)

6 200 MWh/a durch Verbrennung (Feinfaser-Gärrest)

+ Verpackungen

+ C-Speicher

in 5 100 t Kompost-Trockenmasse

- C-Emission

300 t CO₂ aus Kompostierung

600 t CO₂ aus Biogas (Laub)

1 100 t CO₂ aus Biogas (Feinfasern)

2 300 t CO₂ aus Verbrennung (Feinfaser-Gärrest)

Nährungen kalkuliert auf Basis von Brennwerten, Biogaspotenzialen und stöchiometrischen Gleichungen

Schlussfolgerungen

Für die Nutzung von Reststoff-Bioressourcen bei der Energiewende

Was wir zusammen bedenken müssen?

- Stoffliche und energetische Nutzung
 - Priorität der stofflichen Nutzung
 - Energie aus Resten in stofflichen Pfaden
 - Energetische Nutzung eigenschaftsbezogen
- C-Speicherung und C-Freisetzung
 - Biomasseenergie verknüpft mit C-Emissionen
 - Komposte als Langzeit-C-Speicher
 - Stadtgrün als C-Speicher

Was wir benötigen?

- Transparente Daten aus Unternehmen (Stoffe, Mengen, Eigenschaften)
- Bioressourcendaten bei Statistik-Nord (neue Kategorien, jährliches Update)
- Bioressourcenkataster (Typ, Ort, Zeit)
- Regionale Stoffstromlenkung (Separierung an Quelle, Verbleib in Region)

Literatur

Adwiraah, H. (2015). **Bioressourceninventur–Analyse von Stoffströmen zur Bestimmung urbaner Biomassepotenziale in einem Geoinformationssystem (GIS)**. Dissertation, Technische Universität Hamburg.

BUKEA (2019): Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), **Straßenbaumkataster Hamburg**, Version vom 20.06.2019. Online verfügbar unter <http://suche.transparenz.hamburg.de/dataset/strassenbaumkataster-hamburg10>, letzter Zugriff: 07.11.2019

Hamburg.de, (2019): hamburg.de GmbH & Co. KG, **Hamburgs Parkbäume**, verfügbar auf <https://www.hamburg.de/hamburgs-stadtbaeume/6125910/hamburgs-parkbaeume/>, letzter Zugriff: 07.11.2019

Hertel, S.; Körner, I. (2017): **Nutzung regionaler abfall- und abwasserstämmiger Bioressourcen am Beispiel des Hamburger Demonstrationsvorhabens „Jenfelder Au“: Inventur, Lagerung, Aufbereitung, Vergärung und Gärrestverwertung**. Ergebnisbericht im Rahmen des Verbundvorhabens KREIS: Demonstrationsvorhaben neues Wohnen in Jenfeld – Koppelung von regenerativer Ernergiegewinnung mit innovativer Stadtentwässerung. Förderkennzeichen des BMBF: 033L047C. <https://doi.org/10.15480/882.1585>

HPA (2019): Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburg Port Authority, 2019, **Straßenbaumkataster Hamburg Hafen** 20.06.2019. verfügbar auf <https://suche.transparenz.hamburg.de/dataset/strassenbaumkataster-hamburger-hafen8>, letzter Zugriff: 07.11.2019

Literatur

Körner, I. (2011). **Die Zivilisationsbioraffinerie – effiziente stoffliche und energetische Verwertung von organischen Abfällen und Abwässern**. Vortrag auf dem Symposium: Die Stadt der Zukunft, BERBION, 24.08.- 25.08.2011, Hamburg; Modifizierte Abbildung.

Lüssenhop, P.; Bastidas Jurado, C.G.; Fernandez Moreno, L.; Körner, I. (2019): **Landschaftspflegeholz als Bioressource zur stofflichen Verwertung**. Tagungsbandeintrag der Konferenz: 13. Holzwerkstoffkolloquium des IHD, 12.-13.12.2019, Dresden

Projects Energy GmbH (2009). **Biomassen mobilisieren – Energie gewinnen – Studie zum Biomassepotential in der Freien und Hansestadt Hamburg**,
<https://www.hamburg.de/contentblob/3978800/9c03b523a6bc9e77f95e4d06954f1ea3/data/biomassestudie.pdf>

UEC (2019a). **Endbericht Hausmüllmenge und Hausmüllzusammensetzung in der Freien und Hansestadt Hamburg im Jahr 2018**. Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH

UEC (2019b). **Sortieranalyse von PPK, Biomüll, Wertstoffen und Restmüll an ausgewählten Standplätzen, Jahr 2018**. Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH

Bildquellen

Titel: Foto - Hamburg Park von Martin at Sea. Ausschnitt:
<<https://www.flickr.com/photos/54065300@N00/349312879>>,
Lizenz: CC BY-NC-ND 2.0: <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/deed.de>>

Folie 2: Foto - Gruppenfoto der Forschergruppe Bioressourcen-Management der TUHH: von Pressestelle TUHH, 2020

Folie 3 (oben): Foto - Wiese in der Bretagne. Ausschnitt: von Ina Körner, 2018

Folie 3 (mittig): Foto - Gewerblicher Mischobstfall. Ausschnitt: von Ina Körner, 2012

Folie 3 (unten): Foto – Holzhackschnitzel: von Ina Körner, 2015

Folie 5: Foto - Grünabfallanlieferung bei einem Entsorgungsunternehmen: von Ina Körner, 2019

Folie 6 (links): Foto - Biogas Reaktor und Lager in der Jenfelder Au. von Ina Körner, 2019

Folie 6 (rechts): Karten – Grünflächen in Wandsbek und Unterschiedliche Radien um die Jenfelder Au: Ferlage, J. M., 2012, In: GIS-basierte Analyse des Biogaspotentials im Hamburger Osten-Eine Biomassestudie im Rahmen des Projekts "Jenfelder Au". Bachelorarbeit. Technische Universität Hamburg. Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz.

Folie 7: Karte – Haushaltslebensmittelabfälle in Hamburg (Heatmap). von Jessica Schermuly, 2020. DECISIVE-Projekt, TUHH

Folie 8: Foto - Baumpflege mit Hebebühne im Park: von Phillipp Lüssenhop, 2019

Folie 9 (links): Karte – Hamburger Straßenbäume in einem exemplarischen Einzugsgebiet. von Phillipp Lüssenhop, 2019. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 9 (mitte, oben): Grafik – Exemplarische Wahrscheinlichkeitsverteilung von Baumpflegeschnittmengen. von Phillipp Lüssenhop, 2019. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Bildquellen

Folie 9 (mitte, unten): Grafik – Exemplarische saisonale Verteilung von Baumpflegeschnittmengen. von Phillipp Lüssenhop, 2019. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 11: Karte – Exemplarische Visualisierung eines Inventurergebnisses für Harburg. von Phillipp Lüssenhop, 2021. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 12: Grafik – Elemente des FLEXIBI-Decision-Support-Tools: von Ina Körner und Phillipp Lüssenhop. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 13: Grafik – Die Modelle hinter dem FLEXIBI-Tool und ihre Möglichkeiten: von Phillipp Lüssenhop, 2021. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 14 (rechts): Grafik – Schätzung der Baumpflegeschnittmengen im Sommer und im Winter für Hamburg. von Phillipp Lüssenhop, 2021. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 15 (oben): Foto - Altholz Kategorie A4 im Außenlager. von Phillipp Lüssenhop, 2018. FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 15 (mittig): Foto - Gurkenanbaureste vor einem Gewächshaus in der Nähe von Nantes. von Estelle Bonin, 2019, FLEXIBI-Projekt, INRAE

Folie 15 (unten): Foto - Geschredderter Grünabfall. von Phillipp Lüssenhop, 2020 FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 16: Grafik – Sankey-Diagramm eines exemplarischen Bioraffineriekonzeptes für Baumpflegeschnitt. von Phillipp Lüssenhop, 2021 FLEXIBI-Projekt, TUHH

Folie 17: Grafik – Beispiel einer Kaskadennutzung für Baumpflegeschnitt. von Ina Körner, 2021 FLEXIBI-Projekt, TUHH

Projekte

<http://www.flexibi-biorefineries.eu>

https://www.tuhh.de/t3resources/aww/forschung/pdf/FLEXIBI_Project.pdf



<http://www.decisive2020.eu/>

https://www.tuhh.de/t3resources/aww/forschung/pdf/DECISIVE_Flyer.pdf



<https://northsearegion.eu/soilcom/>

https://www.tuhh.de/t3resources/aww/forschung/pdf/SOILCOM_Flyer_de.pdf



<https://www.simucf.de/>



Tools aus den Projekten und Kontakt:

<https://www.bioresource-tools.net>

info@bioresource-tools.net