

Wirtschaftliches und energetisches Potenzial von Pyrolyseanlagen zur Verwertung von Grünabfällen

Eine Untersuchung zu CO₂-Bindung, Ressourceneffizienz und regionaler Kreislaufwirtschaft

Überblick der Arbeitspakete

Arbeitspaket

AP1:
Anlagentechnik

AP2:
Biomassenquellen

AP3:
Verwendungsmöglichkeiten

AP4:
Negativemissionen

AP5:
CO₂-Kompensationen

AP6:
Wirtschaftlichkeit

Anforderung des Angebotes

Überblick marktreifer
Technologien & Bewertung

Recherche geeigneter
Biomasse

Marktrecherche zu Biokohle-
Produkten

CO₂-Bindungspotenziale

Marktgeschehen & CO₂-
Zertifikate

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Ergebnisse der Potentialanalyse

Marktreife Technologien wie Carbonauten
& Carbon Twister

6.500 t Grünschnitt jährlich, mit
saisonalen Schwankungen

Vier Nutzungspfade: Industrie,
Bodenverbesserung, Terra Preta,
Energiegewinnung

Pflanzenkohle zeigt hohe CO₂-
Speicherfähigkeit (H/Corg unter 0,4)

CO₂-Zertifikate als Schlüssel für
Wirtschaftlichkeit

Vier wirtschaftliche Szenarien identifiziert,
abhängig von Materialqualität.



2. Pyrolyse: Schlüsseltechnologie für Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft



- Thermo-chemische Umwandlung von Biomasse in Pflanzenkohle, Pyrolyseöl und -gas
- Potenziale für Kohlenstoffbindung, erneuerbare Energien und industrielle Anwendungen
- Beitrag zu Klimazielen und Ressourcenschonung

3. Analyse der Biomassequellen im LDK

- 6.500 Tonnen Grünschnitt jährlich; holzige Fraktion besonders geeignet.
- Saisonal schwankende Verfügbarkeit (Rasenschnitt, Strauchschnitt, Laub und Siebrückstände).
- Logistische Herausforderungen durch dezentrale Sammlung.



AP 4 : Anlagentechnik und Verfahrensarten

Anlage von	Input Material	Geschäftsmodell	Geeignet für den LDK
Carbon Technik Schuster	Holzige Biomasse mit geringem Feinanteil	Zusammenarbeit direkt mit Landwirten bevorzugt	
BIOMACON	Holzige Biomasse geringem Feinanteil (v.a. ligninghaltig)	Absatz von Biokohle und Nebenprodukten muss selbst übernommen werden	
Carbonauten	Material ist variabel sowie hohe Toleranz ggü. Störstoffen (Metalle,...) Minimum Kapazität: 20.000 t / Umkreis maximal 70 km	Flexibel: Übernehmen die Investition, den Betrieb und den Absatz zu 100% oder anteilig.	
Carbon Twister	Grünschnitt Restfeuchte max. 20% und Toleranz für bestimmte Störstoffe (Steine und Sand)	Keine Angabe	
Pyreg	Holzige Biomasse mit geringem Feinanteil	Absatz von Biokohle und Nebenprodukten muss selbst übernommen werden	
Circular Carbon	Aktuell Kakaoschalen Grünschnitt theoretisch möglich	Absatz von Biokohle wird übergangsweise übernommen. Produktion von Terra Preta möglich.	



Gesunder Boden ... gesunde Pflanzen ... gesunde Menschen ...

Foto: Up-Preneurs

5. Verwertungsoptionen

- Pflanzenkohle: Bodenverbesserung, Bauindustrie, Metallverarbeitung.
- Pyrolyseöl: fossile Rohstoffsubstitution, chemische Industrie.
- Pyrolysegas: Energiegewinnung und Prozesswärme.

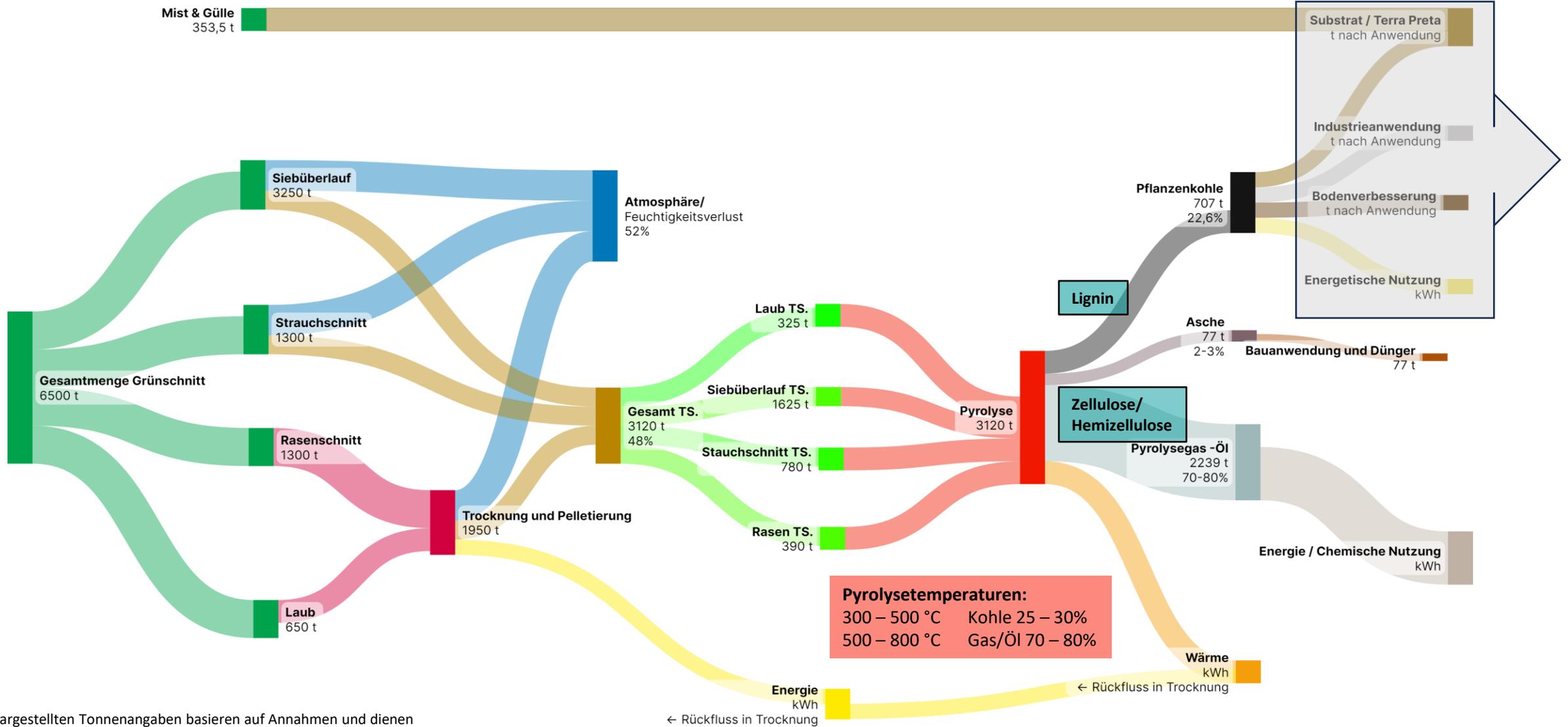
Bei der spezifischen Betrachtung für den LDK ergeben sich vier Nutzungspfade in den Bereichen:

- Industrieanwendungen (Pfad 1),
- Bodenverbesserung (Pfad 2),
- Terra Preta (Pfad 3) und
- energetische Nutzung (Pfad 4)

Dafür wurde als Grundlage zum Verständnis eigens ein Materialfluss Diagramm erstellt und Nutzungspfade bei der Verwertung von Grünschnitt definiert.

9.1 Materialfluss 2/2

Materialfluss



Die dargestellten Tonnenangaben basieren auf Annahmen und dienen lediglich der Veranschaulichung

Pfad 1: Produktion hochwertiger Pflanzenkohle für die Kunststoff- und Bauindustrie



- **Ziel:** Herstellung hochwertiger Pflanzenkohle für Anwendungen mit hoher Zahlungsbereitschaft
- **Anforderungen:** Reines, homogenes Ausgangsmaterial, hohe Materialqualität erforderlich
- **Wirtschaftlichkeit:** Profit durch langfristige Kohlenstoffbindung und CO₂-Zertifikate
- **Einsatz der Abwärme:**
 - Trocknung des Ausgangsmaterials
 - Integration in industrielle Anwendungen (z. B. Beheizung von Produktionsstätten)
- **Vorteile:** Hohe Rentabilität durch Minimierung von Energieverlusten und verbesserte CO₂-Bilanz
- **Einschränkungen:** Kaum geeignet für kommunale Abfälle aufgrund der Materialanforderungen



Foto: Up-Preneurs

- **Ziel:** Herstellung von Biokohle zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit
- **Anforderungen:** Schwermetallfreies, gemischtes Ausgangsmaterial (holzartig und feinkörnig)
- **Wirtschaftlichkeit:** Unterstützt durch Verkauf an die Landwirtschaft und CO₂-Zertifikate
- **Einsatz der Abwärme:**
 - Nutzung in Bewässerungssystemen oder Gewächshäusern
 - Einspeisung in Nahwärmenetze
- **Vorteile:** Attraktivität für Landwirte durch Kombination von Biokohleverkauf und Energienutzung
- **Potenzial:** Förderung nachhaltiger Landwirtschaft und regionale Kreislaufwirtschaft

Pfad 3: Kombination von Pyrolyse und Kompostierung zur Terra Preta-Produktion



Foto: Up-Preneurs

- **Ziel:** Herstellung von Terra Preta aus lokalem, feinkörnigem Material
- **Absatzmärkte:** Primär ökologisch orientierte Landwirtschafts- und Gartenbaubetriebe
- **Wirtschaftlichkeit:** Abhängig von regionalen Abnehmern und Marktpreisen für Terra Preta
- **Synergieeffekte:** Verbesserte Nährstoffbindung und Wasserhaltekapazität durch Kombination von Pyrolyse und Kompostierung
- **Einsatz der Abwärme:**
 - Beschleunigung des Kompostierungsprozesses durch Temperaturerhöhung
 - Lokale Nutzung minimiert Transport- und Energiekosten
- **Vorteile:** Förderung regionaler Kreislaufwirtschaft, Einsatzmöglichkeiten auch in der Tierhaltung
- **Potenzial:** Reduktion von Abfällen und Ersatz fossiler Ressourcen

Pfad 4: Energetische Nutzung minderwertiger Materialien zur Wärmegewinnung



- **Ziel:** Verwertung von minderwertiger Biomasse und Materialien mit Störstoffen zur Energiegewinnung
- **Anforderungen:** Fokus auf Material niedriger Qualität, weniger geeignet für CO₂-Zertifizierung
- **Wirtschaftlichkeit:** Abhängig von lokaler Nachfrage nach Wärme/Energie
- **Einsatz der Abwärme:**
 - Einspeisung in Nahwärmenetze
 - Nutzung für industrielle Prozesse
- **Vorteile:**
 - Reduzierte Betriebskosten durch Integration in bestehende Nahwärmestrukturen und bietet eine umweltfreundliche Alternative zur Deponierung oder thermischen Verwertung
- **Einschränkungen:** Begrenzte Möglichkeiten zur CO₂-Zertifizierung

10. Fazit und Ausblick

- Pyrolyse ist eine innovative Möglichkeit zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und eine optimierte Verwertung von Grünschnitt zur CO₂-Reduktion und Marktentwicklung.
- Herausforderungen: Materialqualität, Preissensibilität, Produktverfügbarkeit.
- Wichtig: Qualitätsstandards, Abwärmenutzung und CO₂-Zertifikate.
- Einbindung von Förderung, regionale Kooperationen und flexible Konzepte sinnvoll.

Vorteil der regionalen Verwertung des Grünschnitts:

- Abfallaufkommen des LDK reduzieren
- Dezentrale Versorgung mit wertvollen Rohstoffen (Resilienz Lieferkette)
- Langzeitkohlenstoffsенke
- Bodenfruchtbarkeit und Wasserhaltekapazität verbessern.

Grundsätzlich: Interesse von den Beteiligten sehr hoch

- Weitere Ergebnisse aus den letzten drei Monaten ausarbeiten z.B. für eine Veröffentlichung eines umfassenden Berichtes als Entscheidungsgrundlage und/oder Leitfaden für weitere Kommunen.
- Öffentlichkeitsarbeit: Kongress
- Bildung von Arbeitsgruppen (Moderation und Koordination Up-Preneurs)
- Fokus auf die Ausarbeitung der vier Nutzungspfade, Optimierung der Abwärmenutzung und Einbindung regionaler Akteure und Förderung von Zertifikaten
=> Gründung eines Unternehmens als Betreiber mit interessierten Parteien (Kommune, Wirtschaftsunternehmen, Landwirte) – Förderungen sind vorhanden

Zeitplan:

- 1-2 Jahre Machbarkeitsstudien und Pilotprojekte, u.a. Analyse zu Input-Material, Life-Cycle Assessment und Marktgeschehen
- 3-5 Jahre Ausbau der Infrastruktur