



Landgewinn

Energiesystemanalyse von Dekarbonisierungsstrategien der Landwirtschaft – Rechtliche Analyse

Rechtlicher Rahmen bei der Errichtung von Pyrolyse-Anlagen und bei der Verwendung von Pflanzenkohle als Negativemissionstechnologie-NET

National

Internationaler Rahmen

-Klimarahmenkonvention → Speicherfunktion des Bodens wird herausgestellt; Biochar kann jedoch als Senke oder Speicher eingeordnet werden, vgl. Art. 1 Nr. 7 und 8 KRK
-Anwendungsbereich des Übereinkommens von Paris eröffnet → Art 4, Art. 5 Abs. 1 und Art. 13 Abs. 7 lit a PÜ
-Espoo-Konvention/ Aarhus-Konvention /Protokoll über die strategische Umweltprüfung → Bei großflächiger Skalierung sind grenzüberschreitende nachteilige Auswirkungen nicht ausgeschlossen - dann UVP und Öffentlichkeitsbeteiligung möglich
 Bei Verwendung von tierischen Nebenprodukten – Anwendung der AK möglich nach Anhang I Nr. 19 AK, Auch im SEA Protokoll Anhang II Nr. 74 werden Regelungen getroffen, wenn Anlagen zur Verbrennung oder chemischen Behandlung ungefährlicher Abfälle einbezogen werden. Das Protokoll könnte dann zur Anwendung kommen, wenn Abfälle als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Biochar genutzt werden.

Europäischer Rahmen

-EU EHS – Biochar fällt nicht unter den Anwendungsbereich
-LULUCF-VO – Berücksichtigung als Senke, soweit dadurch der CO₂ Gehalt des CO₂ Speichers des Bodens erhöht wird.
-AbfRRL – Richtlinie über Abfälle und **TierNebP-VO** – Verordnung über tierische Nebenprodukte – keine Regelung der Klimawirksamkeit – aber Regelungen zu möglichen Ausgangsstoffen - Bioabfall und tierischen Nebenprodukten - für die Herstellung von Biochar;
-EU-DüngerproduktVO – keine Regelung der Klimawirksamkeit, aber aufgenommen in Anhang II der Verordnung – demgegenüber ist Biochar in der Form als Pflanzenkohle nach der Verordnung über die ökologische/biologische Produktion (EU-Öko-VO) im Anhang als Bodenverbesserer aufgenommen worden und kann zu diesem Zweck in den Boden eingebracht werden. Unbeschadet dessen muss Biochar als chemisch modifizierte Substanz im Rahmen der Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-VO) registriert werden.

International

Herstellung von Biochar/Pflanzenkohle

Rechtsgrundlage für die Genehmigung von Pyrolyseanlagen ist § 4 des **BImSchG** i. V. m. § 1 der **4. BImSchV** - mit Nr. 8.1.1. ff. des Anhangs 1 zur 4. BImSchV; je nach Verarbeitungskapazität in die Verfahren „G“, „E“ oder „V“. Verfahrensarten: G: Genehmigungsverfahren gem. § 10 BImSchG (mit Öffentlichkeitsbeteiligung); V: Vereinfachtes Verfahren gem. § 19 BImSchG (ohne Öffentlichkeitsbeteiligung); E: Anlage gem. Art. 10 der Richtlinie 2010/75/EU. Bei Verarbeitung von Tierkörpern: Anlage 1 Nr. 7.9. der 4. BImSchV und 17. BImSchV;
-UVP je nach Durchsatzkapazität nach UVPG
-KrWG – Pyrolyse aufgenommen in Anlage 2 R3 KrWG

Einsatz von Pflanzenkohle

-Bundes-Klimaschutzgesetz – nicht als NET anerkannt
-Bundes-Bodenschutz-Verordnung - Regelungen zum Aufbringen von Materialien auf oder in den Boden in § 12 BBodSchV inklusive Vorsorgepflicht nach § 10, 12 Abs. BBodSchV i. V. m. § 7 **BBodSchG** Klimawirksamkeit wird nicht geregelt
-Düngemittelverordnung gilt für Inverkehrbringen von Düngemitteln, die nicht als EG-Düngemittel bezeichnet sind, sowie von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln § 2 Abs. 1 DüMV; Beachtung der guten fachlichen Praxis nach § 3 Abs. 2 **Düngegesetz** – Ausrichtung am Bedarf der Pflanzen und des Bodens - keine Anerkennung als NET

- Grundsätzlich keine Ausweisung als NET, sodass Beitrag zum Klimaschutz nicht anerkannt wird
- Fehlendes Accounting und Überwachung der Permanenz von Biochar als Klimaschutzmaßnahme
- Es gilt das Vorsorgeprinzip, sodass Aufforstung, Renaturierung von degradiertem Land, Forstmanagement und Wiedervernässung von Mooren Vorrang genießen

Umfrage

Umfrage von Genehmigungsbehörden/Anlagenbetreibern

1. Wie lange dauert das Genehmigungsverfahren einer Pyrolyseanlage?
2. Was waren die größten Hindernisse bei der Genehmigung einer Pyrolyseanlage?
3. Gab es größere rechtliche Probleme, die zu einer zeitlichen Verzögerung der Genehmigung geführt haben?

Umfrageergebnisse:

1. Durchschnittlich 10,5 Monate; Fertigstellung der Antragsunterlagen 10 Monate
2. Inhaltliches Verständnis schaffen, dass kein Abfall pyrolysiert wird, sondern Biomasse - Inhaltliches Verständnis zum Prozess und Klärung der eingesetzten Rohstoffe schaffen
3. Rechtlich unklare Lage, sowohl bei der Behandlung, als auch für mögliche Verwertungswege der Produkte



Erste Ergebnisse aus der ökologischen und ökonomischen Bewertung einer generischen Pyrolyseanlage an der Schnittstelle von Land- und Energiewirtschaft

Hintergrund

Existierende ökonomisch-ökologische Bewertungen zur Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle sind häufig aufgrund ihres Fallstudiencharakters nicht generalisierbar. Dieses Poster präsentiert eine ökonomisch-ökologische Bewertung von zwei generischen Pyrolyseanlagen zur Herstellung von Pflanzenkohle. Grundlage für die durchgeführten Analysen sind eine Zusammenstellung aus erhobenen Primärdaten und eine Literaturrecherche.

Prozessvarianten (PV)

PV	Biomasseart	Biomasse-durchsatz [t FM/a]	Pflanzenkohle- reproduktion [t/a]	Wärme- auskopplung [MWh _{th} /a]	Strom- auskopplung [MWh _{el} /a]	C-Gehalt Pflanzenkohle [%]
1	Klärschlamm	22.200	1.800	2.970	208	25
2	Stroh	7.060	1.800	9.000	1.280	60

Datenzusammenstellung

Für die Datenzusammenstellung wurden im Jahr 2022 bei Pyrolyseanlagenherstellern und -betreibern im deutschsprachigen Raum Primärdaten mittels Fragebogen erhoben. Die Datenerhebung wurde um Angaben aus der Literatur, öffentlichen Herstellerangaben und anderen Forschungsprojekten ergänzt. Es wurden sowohl technische, ökonomische als auch ökologische Parameter erfasst. Die Datenzusammenstellung ist Grundlage für die Definition der Prozessvarianten, die für die weiteren Analysen verwendet werden (siehe Tabelle links). Sie kann auf der Projektwebsite unter dem oben abgebildeten QR-Code abgerufen werden.

Daten

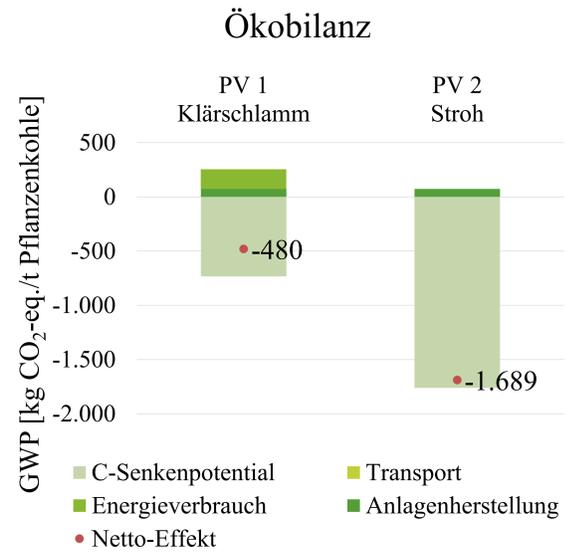
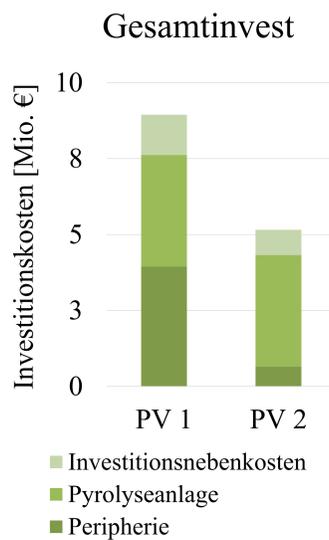
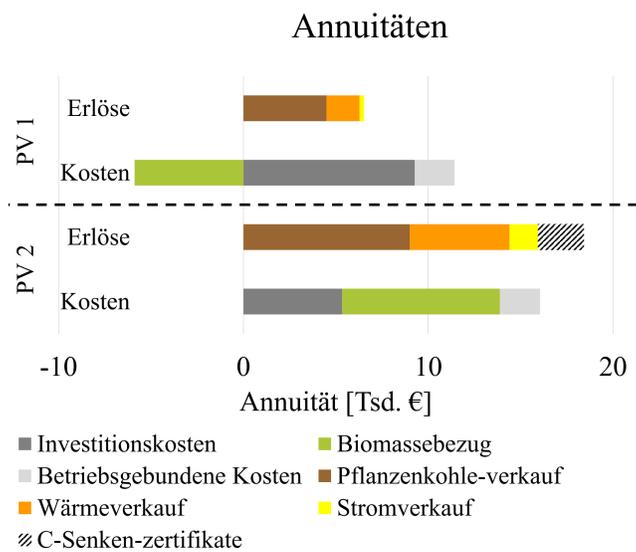
Ökonomisch

Die ökonomische Bewertung erfolgt mit der Annuitätenmethode nach VDI-Norm 2067. Ergebnis ist eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit auf Basis einer jährlichen Annuität. Im Gegensatz zu statischen Investitionsrechnungsmethoden können mit der Annuitätenmethode dynamische Preisentwicklungen, z.B. von Investitionskosten, Biomasse oder Kohlenstoffdioxid (CO₂) berücksichtigt werden. Abbildung 1 zeigt die ersten Ergebnisse. Für beide Prozessvarianten wird ein Verkauf der ausgekoppelten Energie angenommen. Für Stroh (PV2) werden zusätzliche Erlöse durch den Verkauf von Kohlenstoffsenkenzertifikaten in Höhe von 100€/t CO₂ angenommen.

Ökologisch

Die ökologische Bewertung wird mit einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040/44 vorgenommen. Innerhalb der Bilanzgrenze liegt sowohl die Bereitstellung der Biomasse, die Pyrolyse und die Ausbringung der Pflanzenkohle auf dem Feld als auch die Transporte zwischen den Prozessabschnitten. Auch das Kohlenstoffsenkenpotential und die Bereitstellung von Energie aus dem Pyrolyseprozess sind Teil der Bilanz. In Abbildung 2 sind erste Ergebnisse der Analysen dargestellt. Berücksichtigt sind hier die Anlagenherstellung, der Energienutzung für den Pyrolyseprozess und die Aufbereitung der Biomasse, Transporte sowie das Kohlenstoffsenkenpotential.

Methode



Ergebnisse

Fazit und Ausblick

Aus ökologischer Sicht ergeben sich sowohl für die Ausgangsbioasse Stroh als auch für Klärschlamm Netto-Negativemissionen bei Ausbringung der Pflanzenkohle in den Boden. Bezogen auf eine Tonne produzierte Pflanzenkohle ist **das Senkenpotential für Stroh ungefähr dreimal so hoch im Vergleich zu Klärschlamm**, allerdings ist die Nutzung von Klärschlamm weniger mit Nutzungskonkurrenzen konfrontiert. Aus ökonomischer Sicht liegen die Investitionskosten für Klärschlamm aufgrund der notwendigen Biomassetrocknung deutlich höher als für Stroh. Die Annuitäten zeigen: Für **Stroh** ist unter den angenommenen Rahmenbedingungen **nur durch zusätzliche Einnahmen von C-Senken-Zertifikaten ein wirtschaftliches Geschäftsmodell darstellbar**. Die **Klärschlamm**pyrolyse ist durch die laufenden Einnahmen für die Klärschlamm Entsorgung **auch ohne zusätzliche C-Senken-Zertifikate wirtschaftlich**. Im weiteren Projektverlauf wird in der ökologischen Bewertung eine Gegenüberstellung zur konventionellen Biomasseverwertung durchgeführt und weitere Nutzen und Effekte (z.B. Einspeisung von Strom und Wärme, Wirkung von Pflanzenkohle auf dem Feld) werden analysiert. In der ökonomischen Bewertung werden neben weiteren Szenarien die regionalen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Herstellung und Anwendung von Pflanzenkohle quantifiziert.



Strategien für pflanzenkohlebasierte Düngung - Klassifizierung der Produkte

Wie sieht Pflanzenkohle für die Landwirtschaft aus? z.B.:

- Granuliert
- Pelletiert
- Mit definiertem Mahlgrad
- Morphologie wie nach der Pyrolyse

Wie kann mit Pflanzenkohle gedüngt werden? z.B.:

- Kaskadennutzung und kombinierte Ausbringung mit Wirtschaftsdünger
- Aufladung mit Nährstoffen und Ausbringung wie konventionellen NPK Dünger
- Additiv bei der Kompostierung
- Ausbringung zusammen mit Gärresten
- Als Suspension

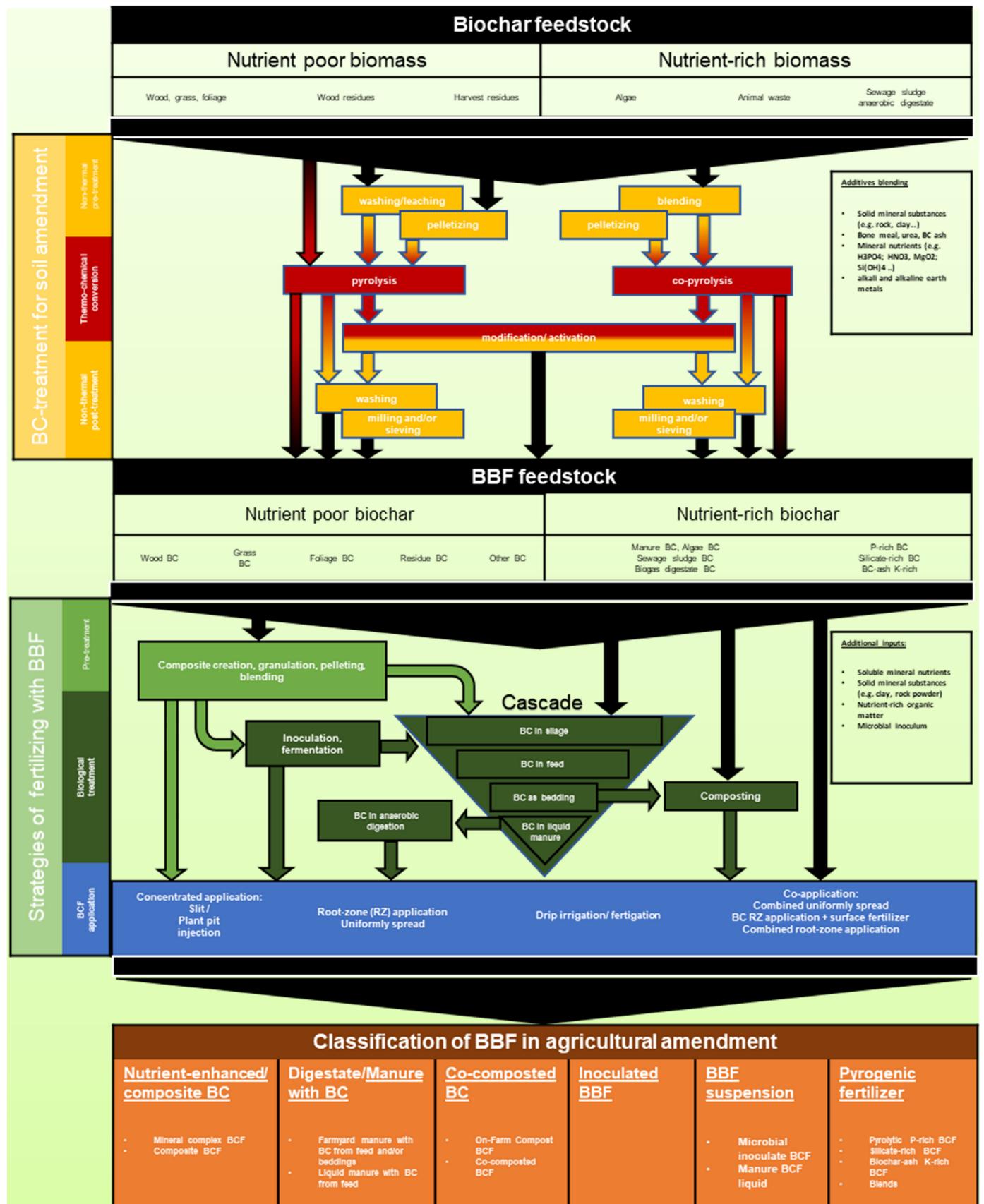
Welche Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Anwendung gibt es bereits? z.B.:

- Tierfutterkohle
 - Düngemittel
- Bodenverbesserung
 - Stallhygiene
- Gülleverbesserung
 - Biogasanlagen

Landwirtschaftliche Dekarbonisierung mit Pflanzenkohle

Im Zuge des Projektes wurde die Herstellung von Pflanzenkohle und die Schaffung von C-Senken in landwirtschaftlich genutzten Böden als eine von drei Möglichkeiten thematisiert, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren oder zu kompensieren. Aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen landwirtschaftlicher Betriebe entstehen unterschiedliche Nutzungspfade für die Pflanzenkohle. Die Nutzungspfade hängen unter anderem von der Biomasse selbst, als auch von physikochemischen Eigenschaften der Edukte und Zwischenprodukte ab. In der untenstehenden Grafik sind einige dieser Pfade aufgezeigt, welche den Weg über die Herstellung der Pflanzenkohle, die Veredelung mit Nährstoffen und Mikroorganismen, als auch die Einordnung in Klassen für die Anwendung abbildet.

BBF - Biochar Based Fertilizer Düngestrategien mit Pflanzenkohle



USEFUL LINK

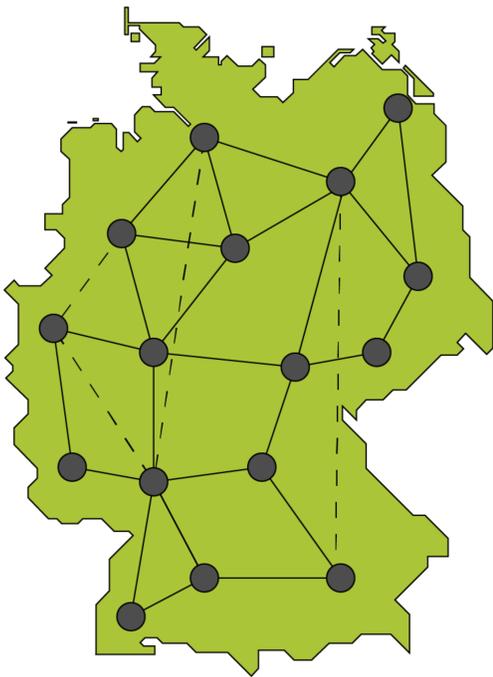
Landgewinn Homepage:
<https://fyi-landgewinn.de>

FYI Homepage:
<https://fyi-landwirtschaft5.org>

for your information,
our consortium:



Pyrolyse: Ein Schlüssel zur Treibhausgasneutralität im deutschen Energiesystem



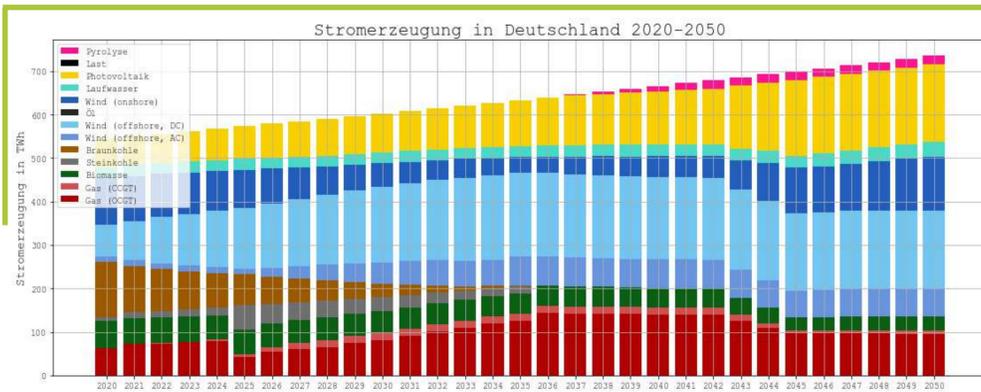
Welchen Einfluss hat die Pyrolyse als Negativemissions- und Stromerzeugungstechnologie auf den Ausbau des deutschen Stromsystems?

Pyrolyse in der Energiesystemanalyse

Im Rahmen des Projekts Landgewinn wurde die Pyrolyse als Erzeuger von Pflanzenkohle und Strom in das Stromausbaumodell MyPyPSA-Ger integriert (Abb. 1). In unterschiedlichen Szenarien wurden ökonomische und technische Pyrolyseparameter, der Einsatz von Speichertechnologien, regulatorische Rahmenbedingungen u. a. variiert und der kostenoptimale Stromsystemausbau bis 2050 berechnet. Mithilfe von Szenarioanalysen kann die Interaktion der Pyrolyse mit dem zukünftigen deutschen Energiesystem untersucht und ihr Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität bewertet werden.



1 – Pyrolysemodul im Modell MyPyPSA-Ger



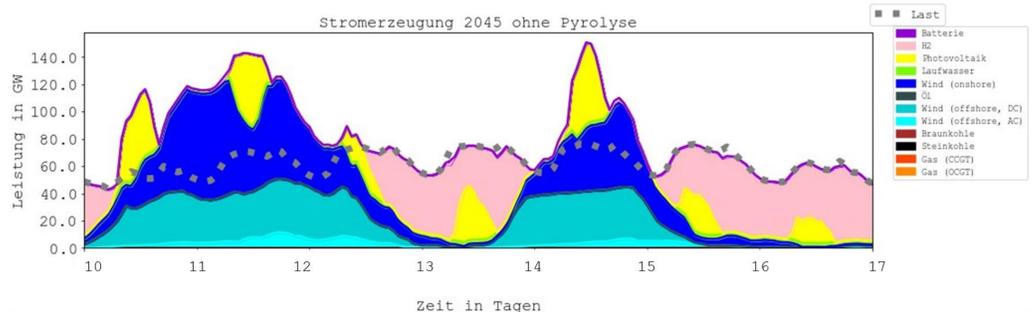
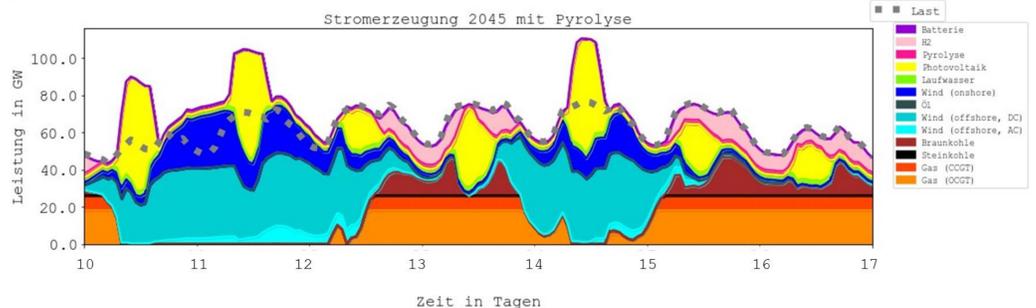
2 – Optimale jährliche Stromerzeugung in Deutschland von 2020 bis 2050

Der Ausbau des Stromsystems ohne Speichertechnologien bis 2050

- Im Modell wird die Pyrolyse erst nach 2030 signifikant zugebaut
- Die von Jahr zu Jahr geringeren Emissionsgrenzen sind die Haupttreiber für den Pyrolyseausbau
- Windkraft und PV-Anlagen werden stetig zugebaut und dominieren den Strommix
- Ohne Stromzwischenpeicher im Modell werden regelbare Gaskraftwerke weiterhin benötigt. Ihre Emissionen werden durch die Pflanzenkohle kompensiert (Abb. 2)

Das Stromsystem im Jahr 2045 mit Pyrolyse und Speichertechnologien

- Die Verwendung von Pyrolyse kann dazu beitragen, nettonull Emissionen bei geringeren Kosten zu erzielen
- Strom aus Pyrolyse stellt dem Energiesystem Flexibilität bereit und verringert den Bedarf an Wasserstoff um bis zu 68 % (Abb. 3)
- In Szenarien mit Pyrolyse kompensiert die produzierte Pflanzenkohle Emissionen von Kraftwerken, die eingesetzt werden, um Residuallasten abzudecken, wenn Wind und Sonne zu wenig Strom liefern (Abb. 3 oben)



3 – Stromerzeugung in klimaneutralen Szenarien für das Jahr 2045 ohne Pyrolyse (oben) und mit Pyrolyse (unten)

Die Rolle der Pyrolyse im Energiesystemmodell

- Sind die Investitionskosten niedrig, so wird die Pyrolyse überwiegend zur Stromerzeugung eingesetzt
- Bei niedrigen Emissionsgrenzwerten wird die Pyrolyse vor allem als Negativemissionstechnologie verwendet
- Die Pyrolyse wird insbesondere als Flexibilitätsbereitsteller genutzt, wenn die Anteile an erneuerbaren Energie hoch sind