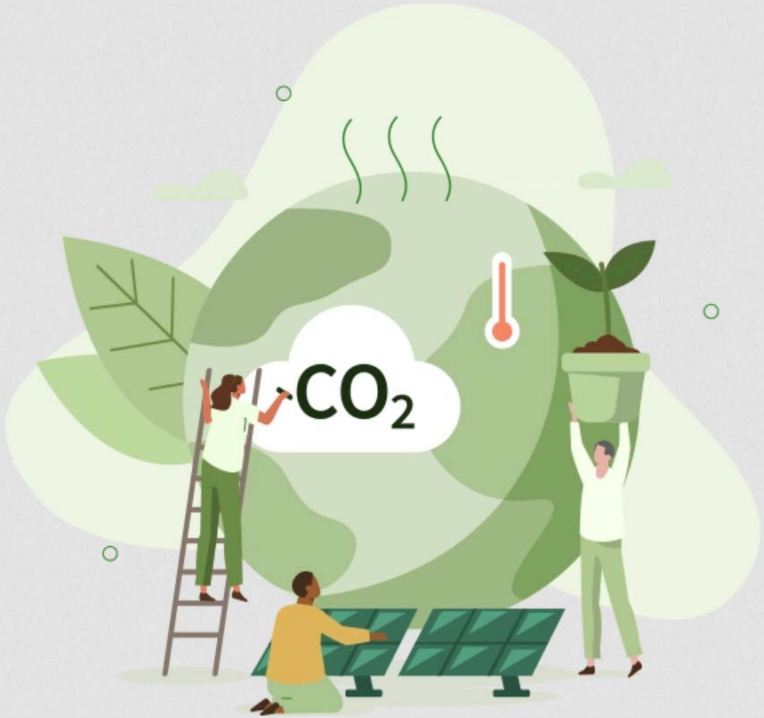
UFZ HELMHOLTZ Zentrum für Umweltforschung



Wohin geht die Grünlandbiomasse in einer klimaneutralen Wirtschaft?

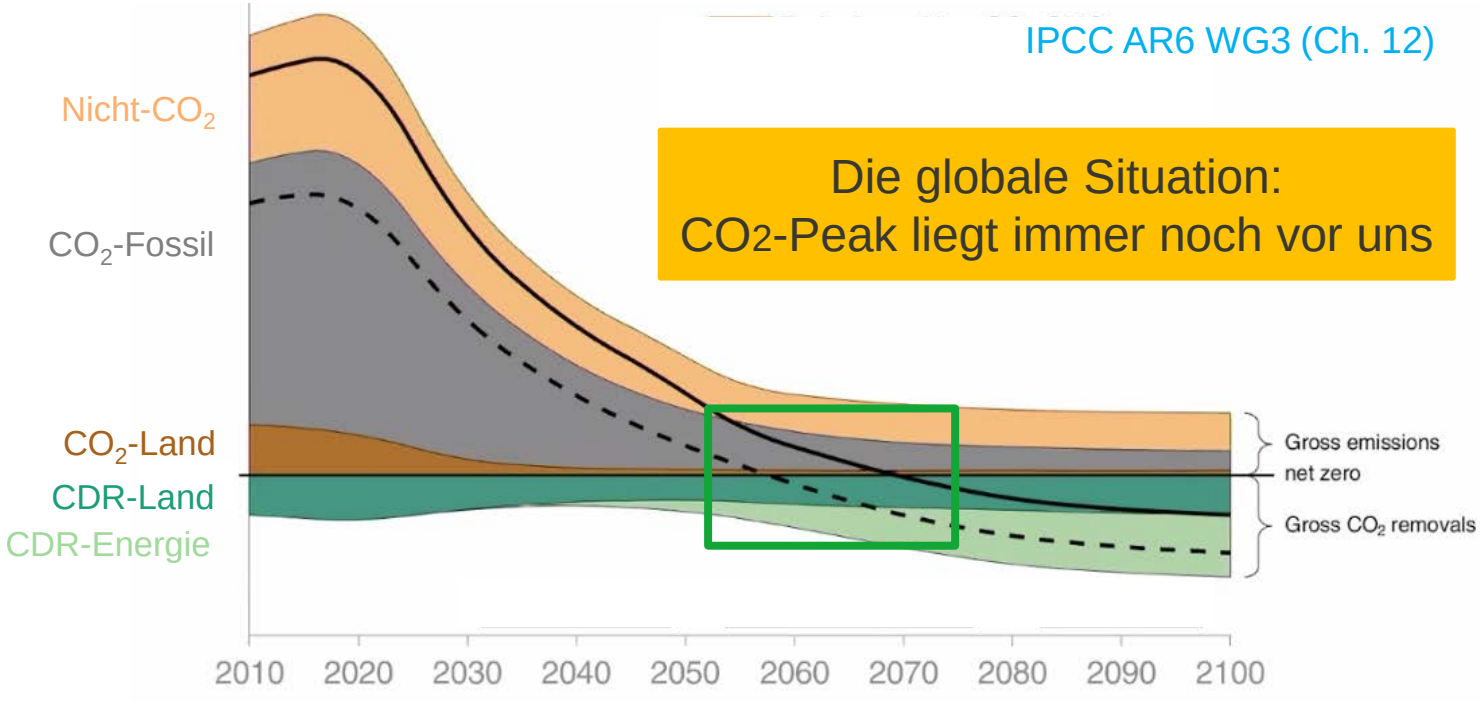
Daniela Thrän, Matthias Jordan
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Ideenwettbewerb und DVL
Leipzig, 7. Oktober 2026

Einleitung
Der Weg in eine klimaneutrale Wirtschaft

Entwicklung der Emissionen in 1,5-2°C Mitigationspfaden (stilisiert)

IPCC AR6 WG3 (Ch. 12)



Die globale Situation:
CO_2-Peak liegt immer noch vor uns

Massive Emissions-reduktion nötig.

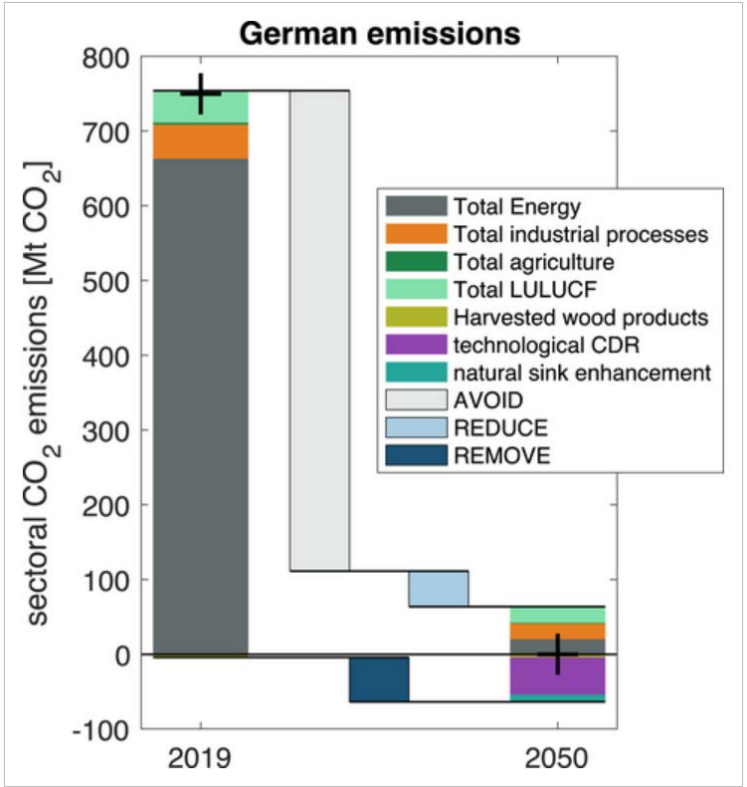
Restemissionen insbesondere aus der Landwirtschaft

Diese müssen mit CDR kompensiert werden

Auch netto-negative Emissionen können nur mit CDR erzielt werden.

Höherer Bedarf an CDR bei Overshoot.

Restemissionen und Klimaneutralität in Deutschland



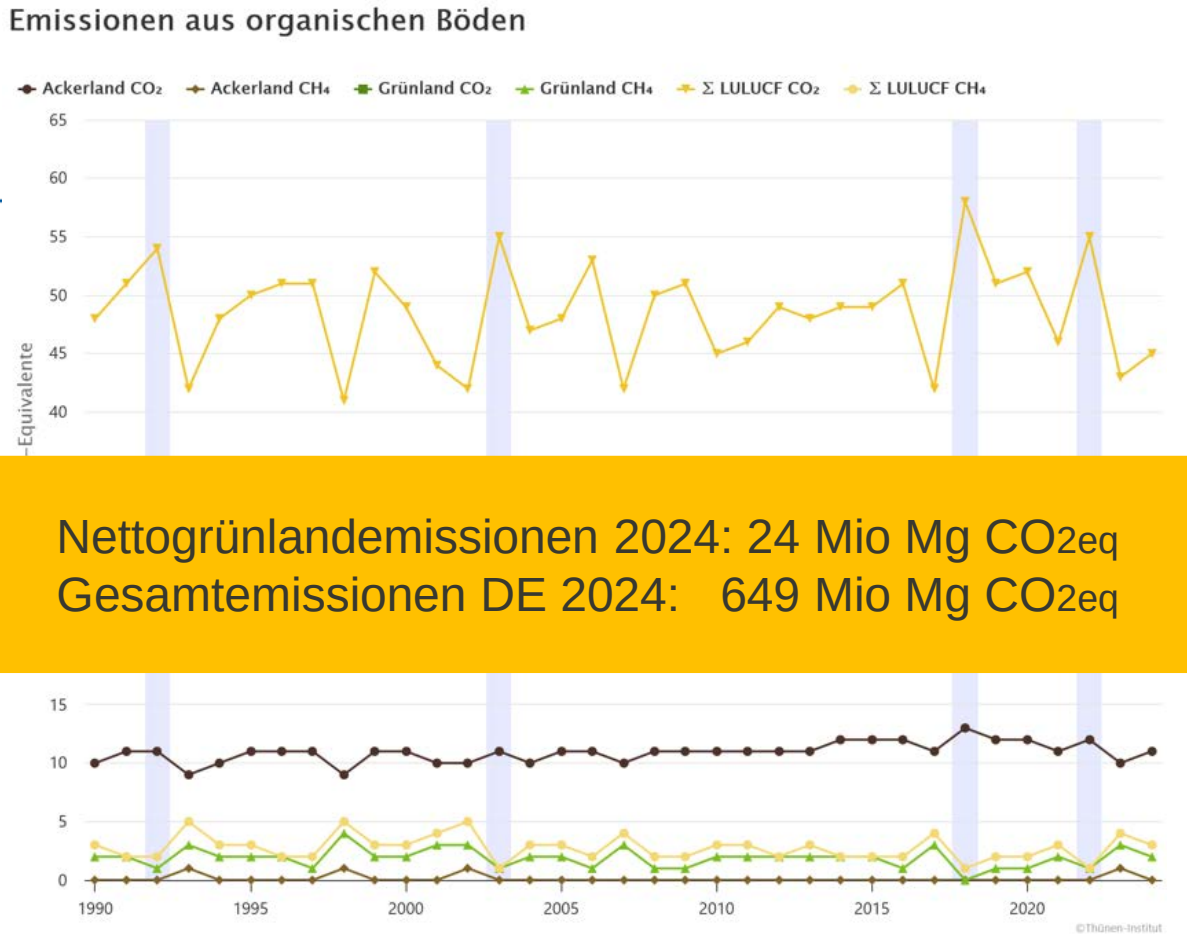
- Ca. 10% der aktuellen CO_2-Emissionen sind (technisch) schwer bis nicht vermeidbar
- Die nicht vermeidbaren CO_2-Emissionen entstammen unterschiedlichen Quellen
- In der Landwirtschaft werden Restemissionen aus
- Negative Emissionen erhöhen die Handlungsoptionen für die Klimapolitik, sind aber voraussetzungsreich und kostenintensiv

Abbildung: Gegenüberstellung der CO_2-Emissionssysteme 2019 und 2050 mit Darstellung der zur Erreichung von Netto-Null bis 2050 erforderlichen Emissionsvermeidung, -reduktion und CO_2-Entfernung.
CDR (Carbon Dioxide Removal) = CO_2-Entfernung
LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) = Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
(Mengis et al. 2022)

Klimaschutz durch Grünland

Mineralische Böden *(intaktes Dauergrünland)*	**Aktive CO_2-Senke**
Organische Böden *(entwässerte Moore/ Anmoore)*	**Massive CO_2-Quelle**

Mehr als 50 Prozent der gesamten deutschen Moorböden werden aktuell mit Dauergrünland bewirtschaftet (knapp 1 Million ha)



Nettogrünlandemissionen 2024: 24 Mio Mg CO_{2eq}
Gesamtemissionen DE 2024: 649 Mio Mg CO_{2eq}

https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-durch-landnutzung-landnutzungsaenderungen-und-forstwirtschaft-lulucf
https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung
https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland

Klimaschutz durch Grünlandaufwuchs

- Gras und Grassilage von Dauergrünland ist ein vergleichsweise klimafreundliches **Futtermittel**
- In 30 bis 40 % aller **Biogasanlagen** wird Gras oder Grassilage eingesetzt und umfasst durchschnittlich 8 % der eingesetzten Gesamtmasse, regional (insbesondere im grünlandreichen Süd- und Norddeutschland) liegt dieser Wert deutlich höher (DLV)
- Aus dem Einsatz in Biogasanlagen gibt es auch Erfahrungen mit dem Faseraufschluss

- **Grüne Bioraffinerie**
  Ansätze: Grassilage → Pressaft →Trennung von Milchsäure und Aminosäure aus dem Presssaft → Nutzung des Pressrückstandes z.B. als Futtermittel, für Faserprodukte oder in Biogasanlagen
- Einige Beispiele:
  - Utzenaich (Österreich), 2007
  - Selbelang (Brandenburg) 2009
  - Biowert (Odenwald), 2020
  - Japons (Österreich), 2025

Grünlandbiomasse in einer klimaneutralen Wirtschaft
Teil einer umfassenden Transformation

Problem

- Die Klimakrise erfordert eine **Transformation** in der Bioökonomie und im Energiesektor
- Der Wettbewerb um **natürliche Ressourcen** nimmt zu
- Das Biomassepotenzial in Deutschland ist **begrenzt**
- Die Nutzung von Biomasse sollte **nachhaltig** gestaltet werden

➢ **Für welche Anwendungen sollte das begrenzte Biomassepotenzial in Deutschland effizient und systemfreundlich genutzt werden?**

Lösungsansatz

- Ermittlung **optimaler** Transformationspfade für Biomasse mittels **Systemoptimierungsmodell**
- Einbeziehung des **Material-** und **Energie-**verbrauchs sowie von **CDR** in die Modellierung
- Detaillierte Modellierung von Aspekten der Biomasse unter Berücksichtigung von Daten und Forschungsergebnissen aus verwandten Fachgebieten

Modellierung

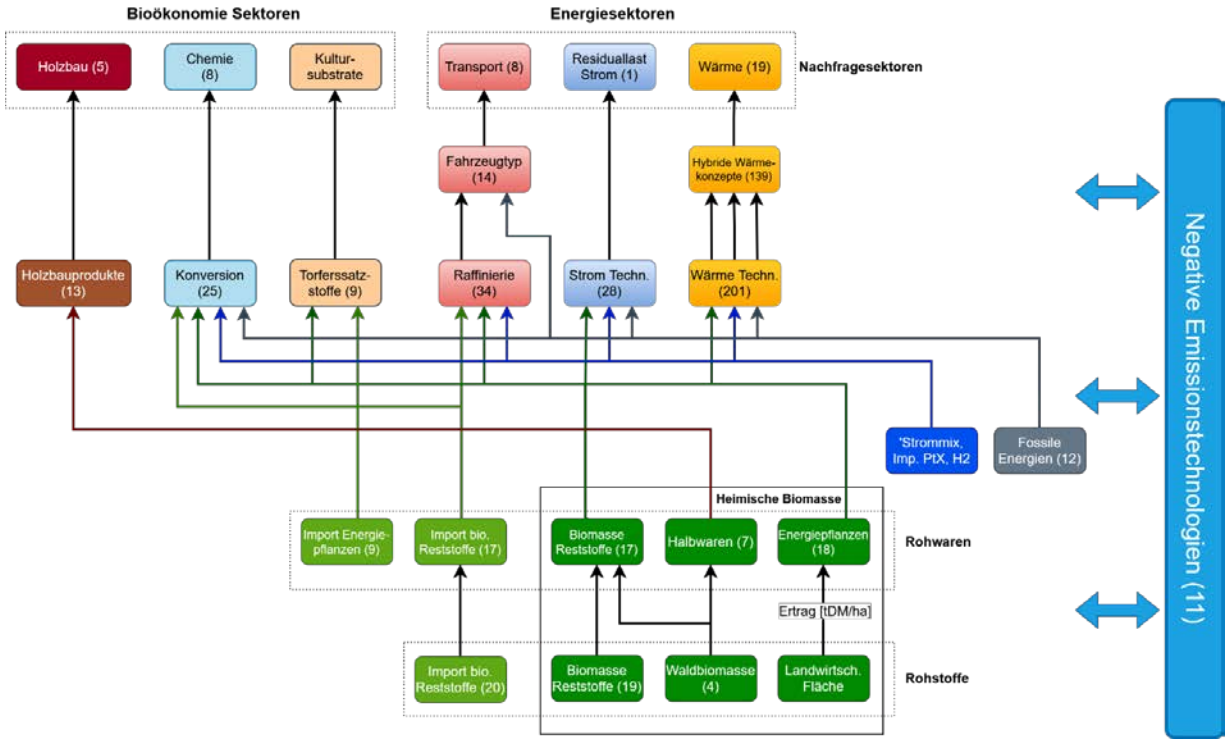
BENOPT DE in a Nutshell

Zielfunktion:
- Minimierung der Gesamtsystemkosten von 2020–2050 mittels linearer Optimierung

Auflösung:
- Deutschland als Ganzes
- Jährlich; im Stromsektor stündlich für 12 typische Tage

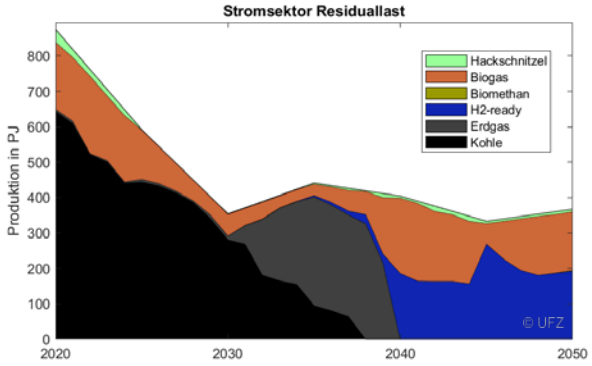
Bedingungen:
- Erfüllung der Sektorbedarfe
- THG Emissionsziele
- Limitierung der Biomasseverfügbarkeit

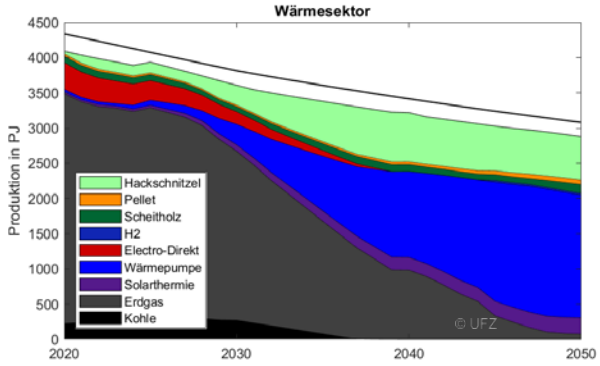
Daten:
- Detaillierte ökonomische und technische Daten zu Biomasse, biogener Konversions und Holznutzungsoptionen

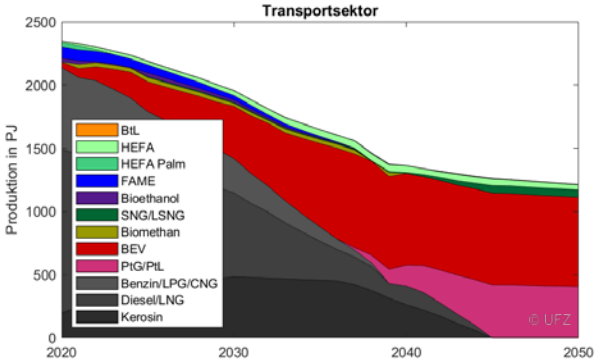


BENOPT-DE Modellstruktur. Die Pfeile zeigen den Rohstoff- und Energiefluss an. Die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der berücksichtigten Teilsektoren, Technologien, Rohstoffe usw. an.

Referenzszenario | Energiesektor



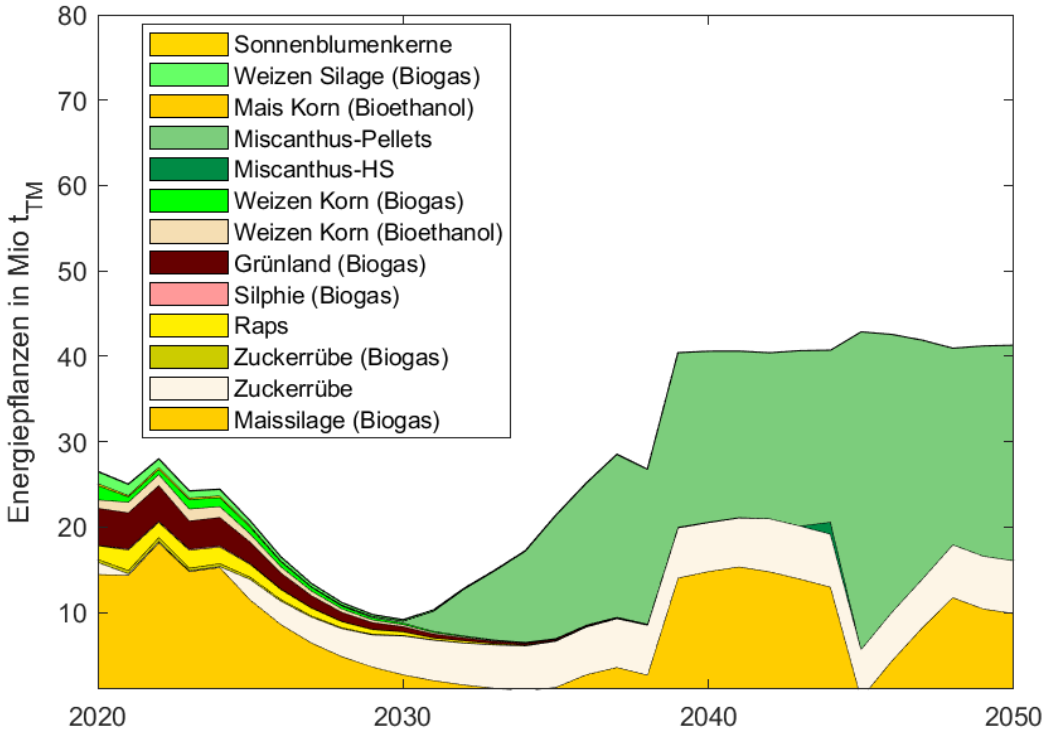




Wichtigsten Biomasse-Technologien:
Industriewärme: Biomassedirektfeuerung, Holzvergasung-Direktfeuerung, Holzhackschnitzelkessel
Strom: BGA 2,5 MW Energiepflanzen/ Gülle
Verkehr: Vergasung lignoz. Biomassen (LSNG), HEFA-Anlagen (Kerosin)

- größte Biomassemengen in Mittel- und Hochtemperatur-Industrieanwendungen
- Scheitholz und Miscanthus-Pellets in hybriden Systemen zur Gebäudeheizung
- Im Stromsektor werden vor allem die vergärbaren Biomassen flexibel in Biogasanlagen eingesetzt (2050: 11 GW, ~3500 FLH)
- Im Verkehr wird Biomasse langfristig im Flugverkehr (HEFA) und im Schiffsverkehr (LSNG, HEFA-Diesel) eingesetzt.

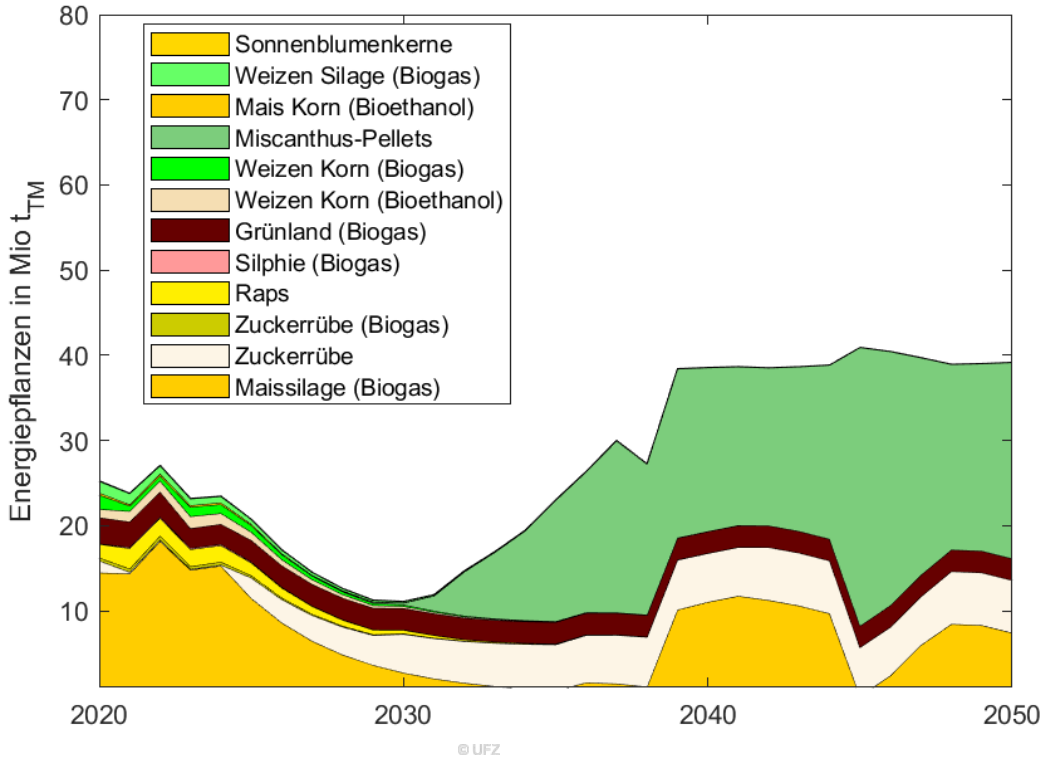
Referenzszenario | Grünland



Annahme: Grünland steht auf der Fläche (2,3 Mio ha) in Konkurrenz zu anderen Energiepflanzen.

- Grünland setzt sich in der Konkurrenz gegen Maissilage/ Miscanthus/ Zuckerrübe langfristig nicht durch.

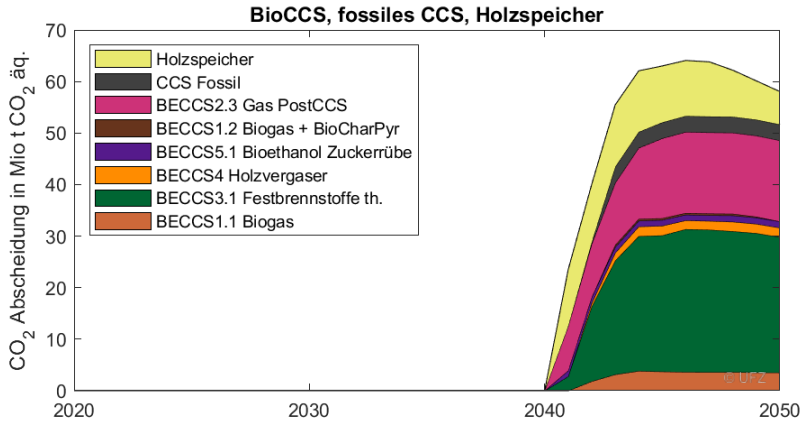
Referenzszenario | Grünland



Annahme: Grünland wird dauerhaft auf 250.000 ha geerntet (Ø letzte 5 Jahre).

- Grünland wird langfristig in Biogasanlagen zur flexiblen Stromerzeugung kombiniert mit BioCCS eingesetzt.

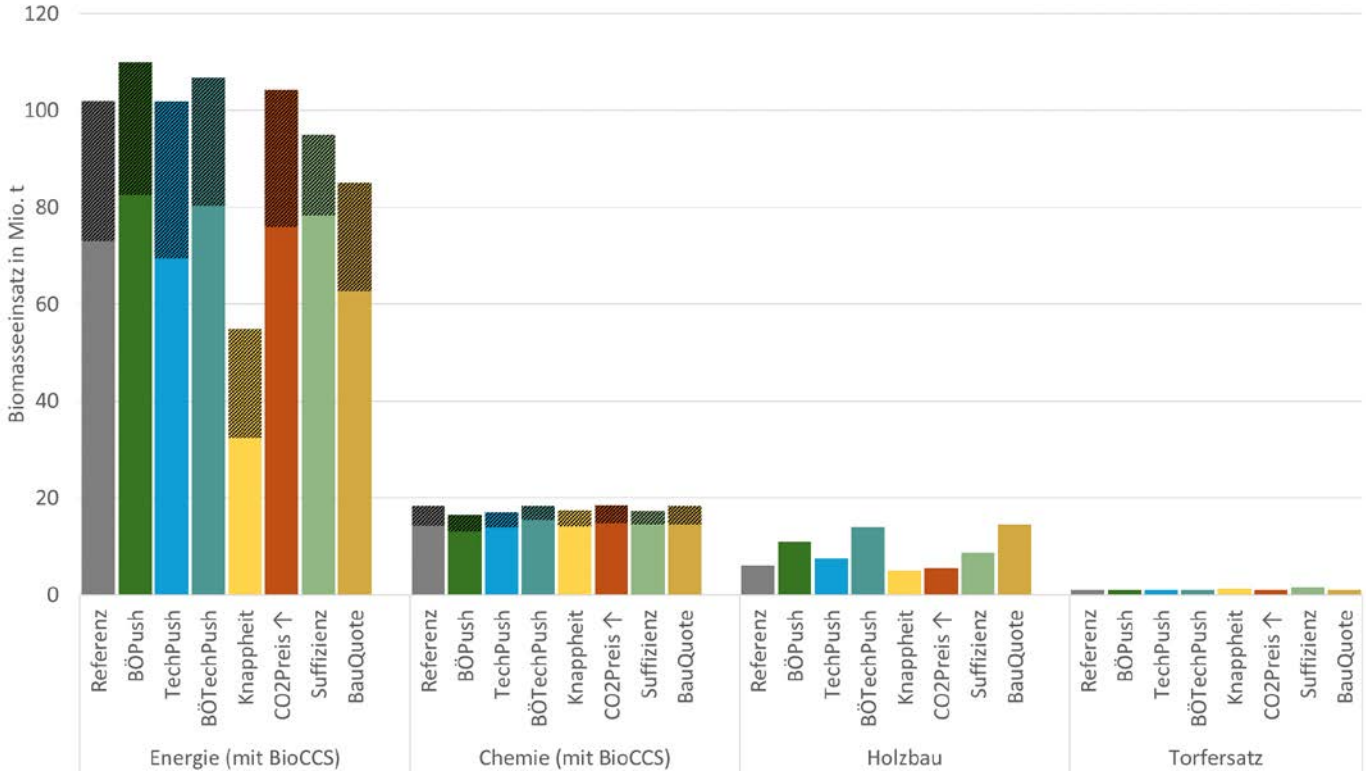
Referenzszenario | CDR



Peak: 11 Mt CO_2 staatlicher Zukauf von Emissionsrechten

- Verbleibende fossile Emissionen in HT-Wärme erfordern CCS
- BioCCS und Holzspeicher kompensiert verbleibende THG-Emissionen um Klimaschutzziele zu erreichen
- 2050: BioCCS mit 48 Mt + Holzspeicher mit ca. 6 Mt CO_2
- Verbrennung u. Vergasung lignozellulosehaltiger Biomasse für die HT-Industriewärme dominieren bei BioCCS

Biomasseeinsatz in den Sektoren 2050



Fazit I

- Auch bei umfänglicher Bedarfserfüllung der stofflichen Sektoren, werden die größten Mengen Biomasse langfristig in schwer zu elektrifizierenden Bereichen des Energiesektors eingesetzt.

Grünlandbiomasse in einer klimaneutralen Wirtschaft
Fazit II

- Grünlandstandorte können sehr unterschiedliche zum Klimaschutz beitragen; das Potenzial der Klimagasreduktion durch Wiedervernässung ist noch nicht erschlossen
- Grünlandaufwuchs dürfte in der Biogasbereitstellung einen kostenoptimalen Beitrag leisten; weitere Wertstoffe für die Transformation er Chemie sind denkbar (grüne Bioraffinerie)
- Generell: Kostenoptimale Lösung im Chemiebereich sehr robust über die Szenarien: Methanol aus der Vergasung lignozellulosehaltiger Biomasse, Ethanol aus Zuckerrübe, Naphtha aus der PTL Produktion
  → Synergie Verkehrswende und Chemiewende
  → Bei Biomasseknappheit v.a. in stofflichen Sektoren; weniger Biomasse in der Energie (Mehrkosten!)
- Biobasierte CO_2-Entnahme und Speicherung leistet größten Beitrag zur Kompensation verbleibender THG-Emissionen; BECCS in HT-Industriewärme dominiert bei kostenoptimaler THG-Reduktion

Es ist sinnvoll, alle Emissionsquellen zu reduzieren und die biobasierte CO_2-Entnahme zu minimieren

Vielen Dank!

Zum SoBio 2 Projektbericht

BENOPT-DE

daniela.thraen@ufz.de