

SoBio - Szenarien einer optimalen Biomassenutzung im deutschen Energiesystem Eine Langfristperspektive

Kathleen Meisel, Matthias Jordan, Martin Dotzauer, Jörg Schröder, Karl-Friedrich Cyffka, Niels Dögnitz, Christopher Schmid, Volker Lenz, Karin Naumann, Jaqueline Daniel-Gromke, Gabriel Costa de Paiva, Harry Schindler, Danial Esmaeili, Nora Szarka, Daniela Thrän

Agenda



- » Das SoBio-Projekt
- » Parameter, Modellierung und Szenarien
- » Ergebnisse Langfristperspektive 2050
- » Fazit

SoBio Projekt

Das SoBio Projekt



Ziel: Strategie der optimalen Biomassenutzung im deutschen Energiesystem bis 2030/2050

Forschungsfragen

- » Was ist die optimale Rolle der begrenzten Biomasse in der Energiewende, wie ändert sie sich über die Zeit?
- » Was sind die vorrangigen Zielmärkte für Biomasse?
- » Was sind die wettbewerbsfähigsten Technologien und gibt es Wendepunkte?
- » Wie wirken sich Instrumente/Randbedingungen bei der Erreichung der langfristigen Klimaschutzziele aus?

Methoden

- » Szenarienentwicklung
- » Modellierung

Einsatzgebiete der Bioenergie

Einsatzgebiete

Strom/KWK



- Residuallast, flexible Stromerzeugung
- 22 Technologieoptionen

Wärme



- Fernwärme
- Gebäudetypen (Wohnen, Gewerbe)
- Industrie (Gering-, Mittel-, Hochtemperatur)
- 195 Technologieoptionen

Verkehr



- Straßen (Personen, Güter)-, Schienen-, nationaler See- & Flugverkehr
- 38 Technologieoptionen

Sektoren nach KSG*

Energie-
wirtschaft

Gebäude

Industrie

Verkehr

*KSG=Klimaschutzgesetz

Parameter, Modellierung und Szenarien

Modellparameter

Politische Instrumente



- » CO₂-Preis
- » Technologieverbote
- » Klimaschutzziele
- » Mindest-EE/Quoten
- » Obergrenzen

Technologieentwicklung



- » TRL/FRL
- » Kapazitätzubau
- » Lebenszeit (auch Flotte)
- » Wirkungsgrad (auch Flotte)
- » Kosten
- » THG-Emissionen
- » Importe

Biomasseverfügbarkeit



- » Rest- und Abfallstoffe
- » Anbaufläche/Energiepflanzen
- » Scheitholz/Algen/Paludikulturen
- » Importbegrenzung

Gesellschaft



- » Energieverbrauch
- » Ernährungsweise

Preise

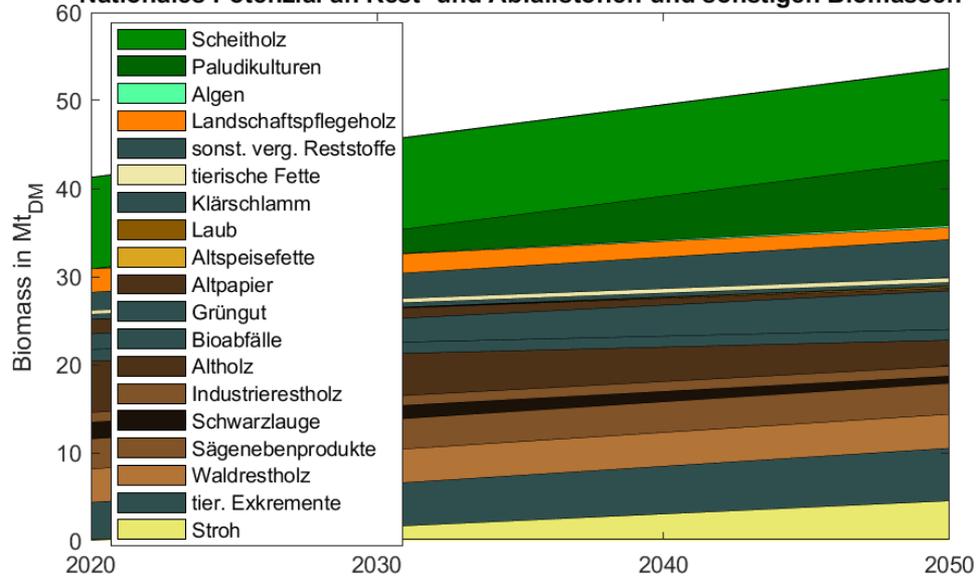


- » Biomassen
- » Strom/Energie/CO₂
- » Hilfsstoffe
- » Nebenprodukt-erlöse

Biomassepotentiale



Nationales Potenzial an Rest- und Abfallstoffen und sonstigen Biomassen



Importe an Biokraftstoffen von

- » Rest- und Abfallstoffe zu 50%/100% des heimischen Potenzials
- » Anbaukulturen auf derzeitigem Niveau oder keine

Rest- und Abfallstoffe

- » 20 verschiedene vergärbare, holzige und fett-/ ölhaltige Rest- und Abfallstoffe
- » Potenzialentwicklung bis 2030/2050

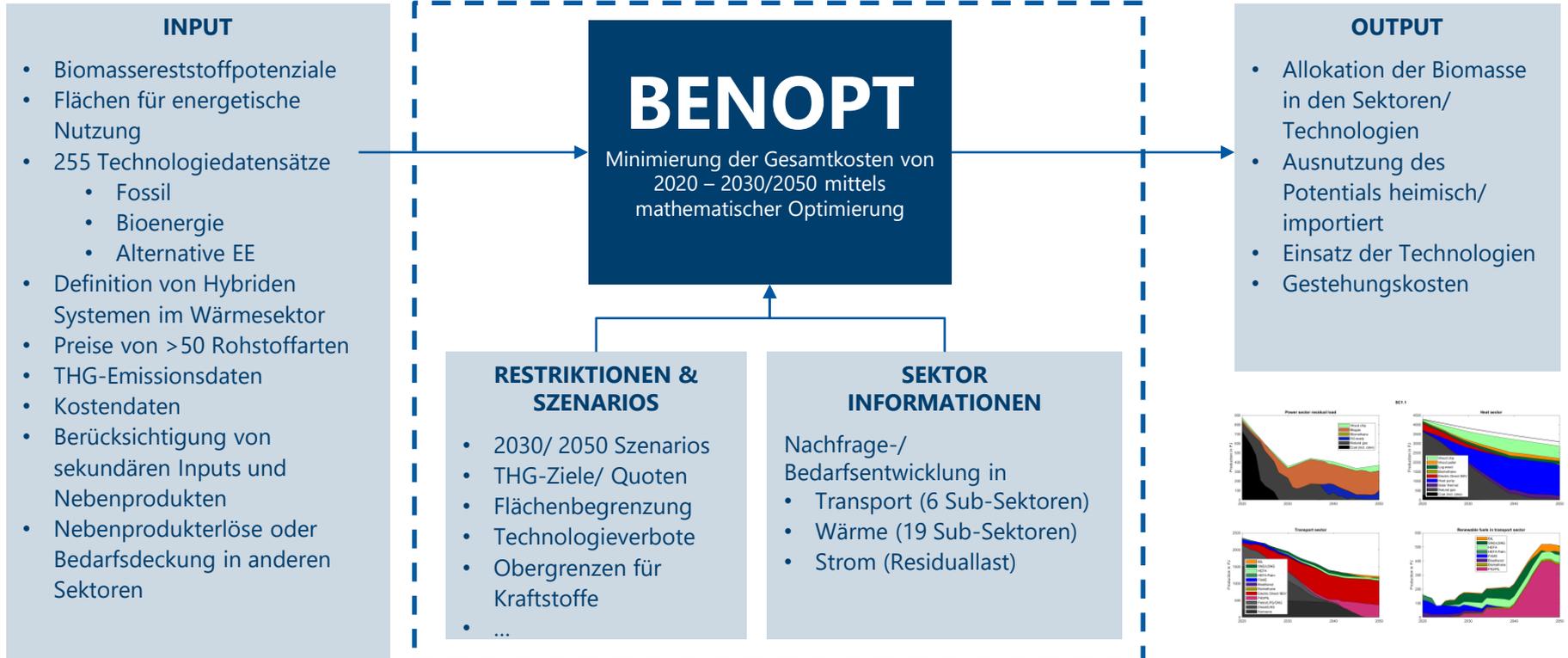
Sonstige Biomassen

- » Konstantes Potenzial an Scheitholz (aus Privatwäldern, für den Nicht-kommerziellen Bereich)
- » Algen und Paludikulturen nur in Langfristszenarien

Anbaukulturen/Energiepflanzen

- » einjährige wie Mais, Weizen, etc. und mehrjährige wie Pappel, Miscanthus
- » Flächen werden kostenoptimal mit Anbaukulturen belegt
- » Szenario-spezifische Begrenzung (keine Fläche, derzeitige 2,3 Mio. ha, verdoppelte Fläche)

BENOPT-Modell



Langfristperspektive 2050



- » Entwicklung eines Zielbildes der Bioenergie im klimaneutralen Energiesystem, unabhängig von den derzeit verabschiedeten und mittelfristig wirkenden politischen Instrumenten wie Mindestanteile an erneuerbaren Energien (z.B. THG-Quote)
- » Zielbedingung 2050: THG-Ziel 0 Mt CO₂-Äq.in Summe der betrachten Sektoren (exkl. Negativemissionen)

Sektoren (Mt CO ₂ -Äq.)	2020	2030	2045	2050
Energie	220	104	4	0
Gebäude	120	67	2	0
Industrie (energiebedingt)	116	45	12	0
Verkehr	146	85	0	0

Werte bis 2045 aus dena Leitstudie 2021, abgeleitet aus Klimaschutzgesetz, eigene Annahmen für 2050

- » Analyse der Wirkungen von Instrumenten und Randbedingungen bei der Erreichung der Klimaneutralität

Langfristszenarien 2050



2050 Szenarien	Sz. 1	Sz. 2	Sz. 3	Sz. 4
Bezeichnung	Politik hoher CO ₂ -Preis	Technologie Push in Entwicklung	Biomasse Nur Reststoff- mobilisierung	Biomasse Max. Biomasse- verfügbarkeit

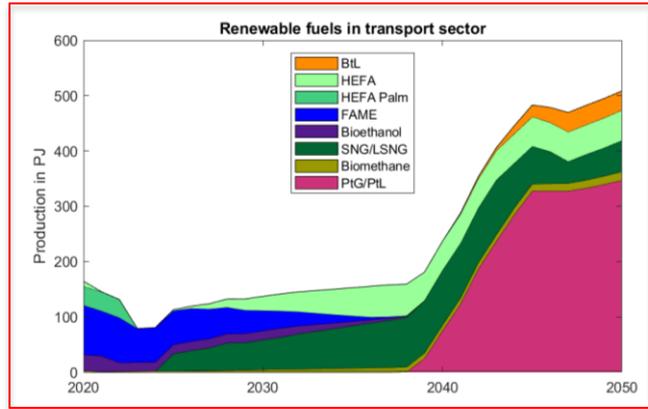
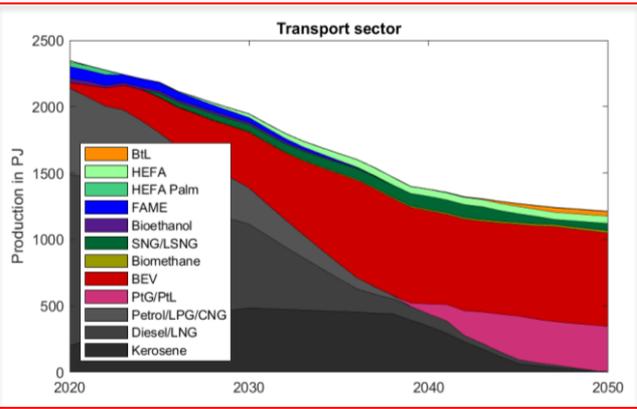
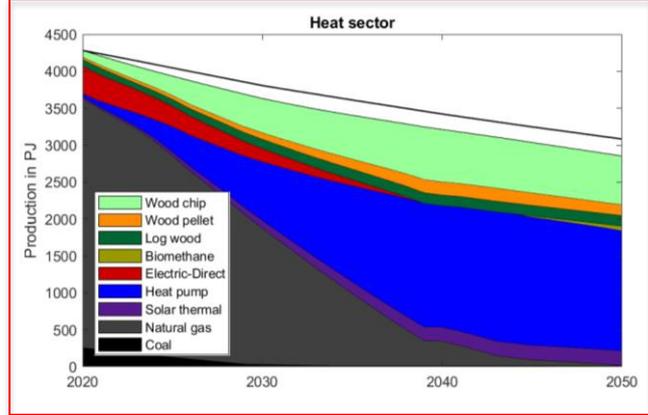
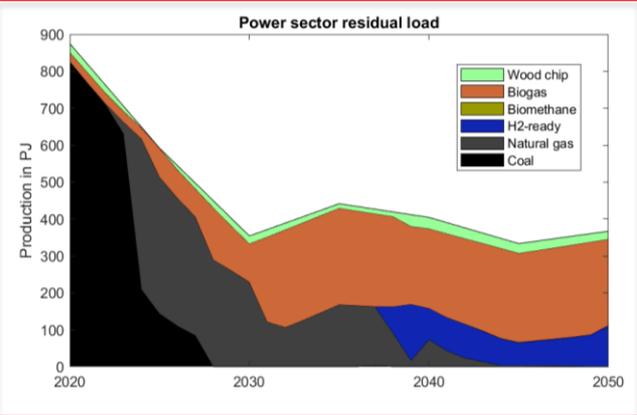
Langfristperspektive 2050



2050 Szenarien	Sz. 1	Sz. 2	Sz. 3	Sz 4
Bezeichnung	Politik hoher CO ₂ -Preis	Technologie Push in Entwicklung	Biomasse Nur Reststoff-mobilisierung	Biomasse Max. Biomasse-verfügbarkeit
THG-Ziel der Sektoren (exkl. neg. Emissionen)			0 Mio. t CO ₂ -Äq.	
CO ₂ -Preis ETS	500 €/t	150 €/t	150 €/t	150 €/t
Reststoffverfügbarkeit (biomassespezifisch)	Basis	Basis	erhöht	erhöht
Anbauflächen für Bioenergie	2,3 Mio. ha	2,3 Mio. ha	0 Mio. ha	4,7 Mio. ha
Import Reststoffe/ Biokraftstoffe	50% des heim. Pot. für Bioenergie	50% des heim. Pot. für Bioenergie	50% des heim. Pot. für Bioenergie	100% des heim. Pot. für Bioenergie
Import Energiepflanzen/ Biokraftstoffe	Status quo 2020	Status quo 2020	keine Importe	Status quo 2020
Endenergieverbrauch			UBA Greenlate	
Investitionskosten (technologiespezifisch)	Basis	Minimum	Basis	Basis
Wirkungsgrade (technologiespezifisch)	Basis	Maximum	Basis	Basis

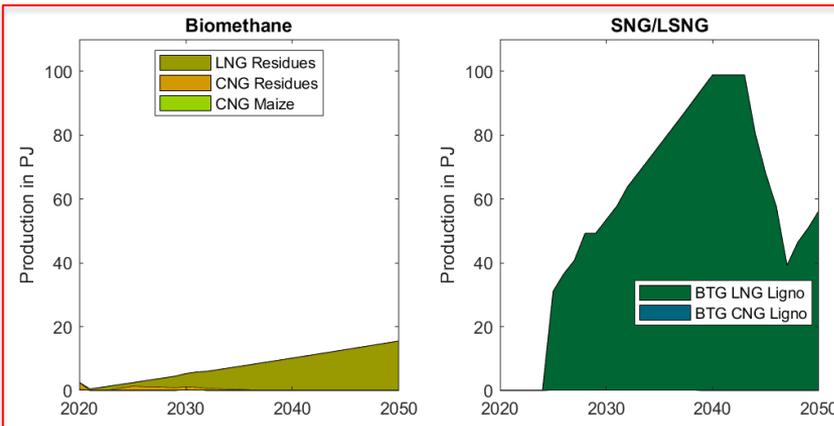
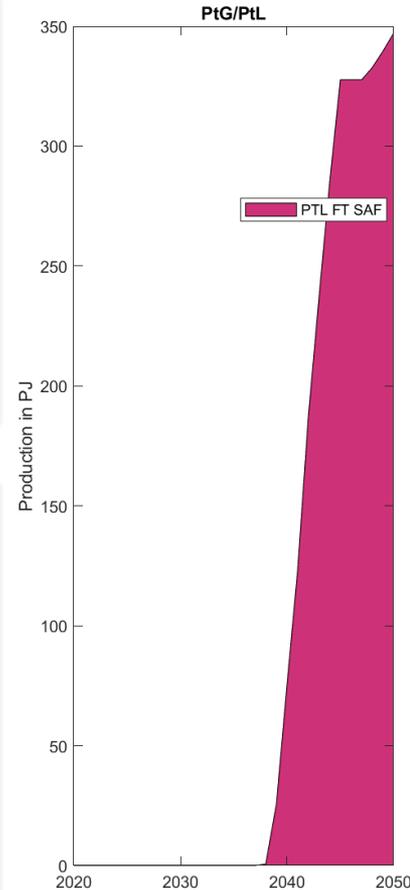
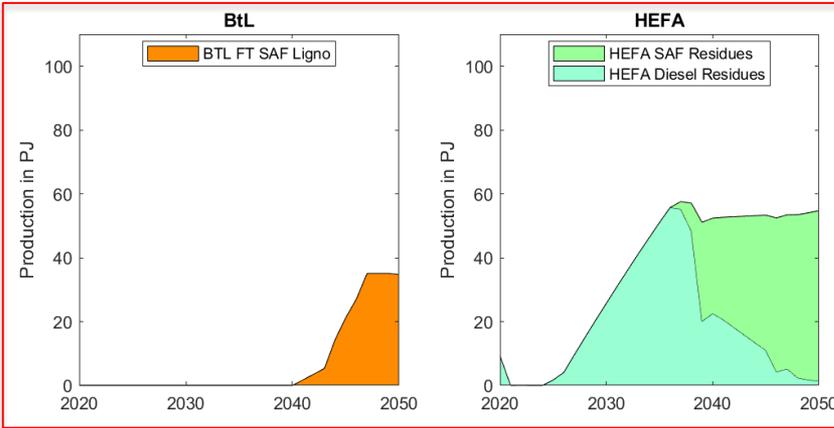
Ergebnisse Langfristperspektive 2050

Langfristperspektive 2050 | Sz. 1



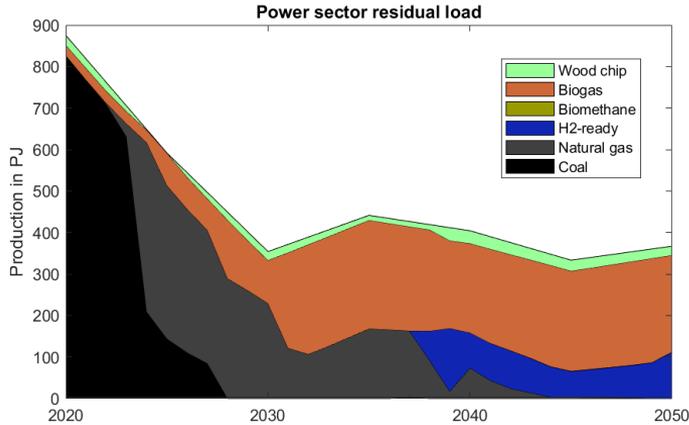
- » Biomassepotenziale werden bis 2050 fast vollumfänglich ausgeschöpft und in schwer zu elektrifizierenden Bereichen eingesetzt
- » größte Biomassemengen in Mittel- und Hochtemperatur-Industrieanwendungen
- » Im Stromsektor werden vor allem die vergärbaren Biomassen flexibel eingesetzt
- » Im Verkehr wird Biomasse langfristig als HEFA und BtL im Flugverkehr und als verflüssigtes Biomethan im Schiffsverkehr eingesetzt.

Verkehr | Sz. 1

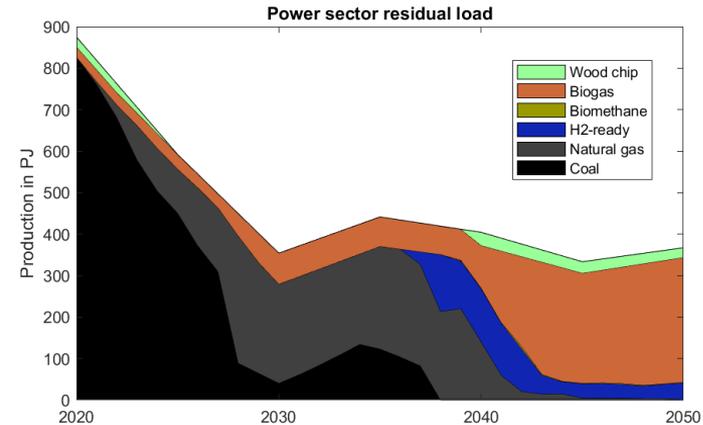


- » Überwiegend direkte Elektrifizierung und PtL
- » Ligno-basierte Biomasse und öligen Reststoffen langfristig als BtL und HEFA im Flugverkehr
- » Verflüssigtes Biomethan und ligno-basiertes BtG als LNG für leichte Nutzfahrzeuge und später komplett im Schiffsverkehr
- » FT Diesel und HEFA Diesel in straßengeb Güterverkehr u. Schiff abnehmend, marginal in Schiene bis 2050
- » Max. Biomasseverfügbarkeit reduziert PtL-Einsatz im Flugverkehr

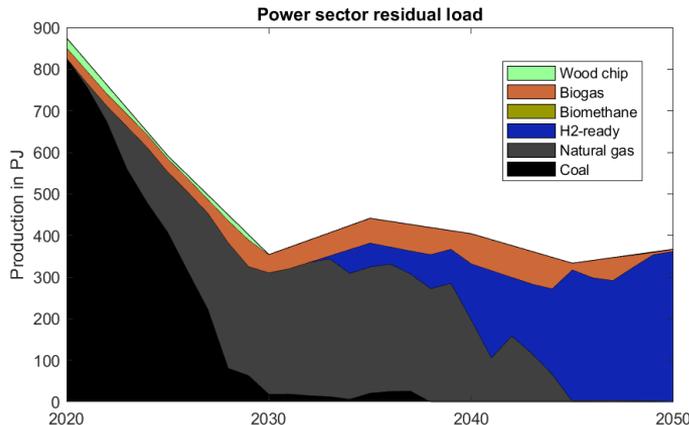
Strom | Residuallast



Sz. 1
hoher CO₂
Preis



Sz. 4
max.
Biomasse



Sz. 3
keine
Anbau-
biomasse

- » Prio1: Nutzung heimischer vergärbarer Reststoffe incl. Stroh in Biogasanlagen (limitierte Menge!)
- » Prio 2: Altholzheizkraftwerke
- » Falls verfügbar (Sz. 1,2,4): Nutzung von heimischer Anbaubiomasse: Maissilage (Biogas)
- » Hoher CO₂-Preis verdrängt die fossilen Energien früher

Wärme | Gebäude Sz. 1

- » Nutzung von ~ 10 Mio t Scheitholz in hybriden gut integrierten Systemen, z. B. Scheitholzvergaserkessel 30 kW + Solarthermie
- » Nutzung von Miscanthus Pellets in Hybrid-Systemen Pelletkessel + Wärmepumpen
- » Langfristige Nutzung von geringen Mengen Biomethan in verbleibenden Gasthermen

Rahmenbedingungen:

Für Pellets

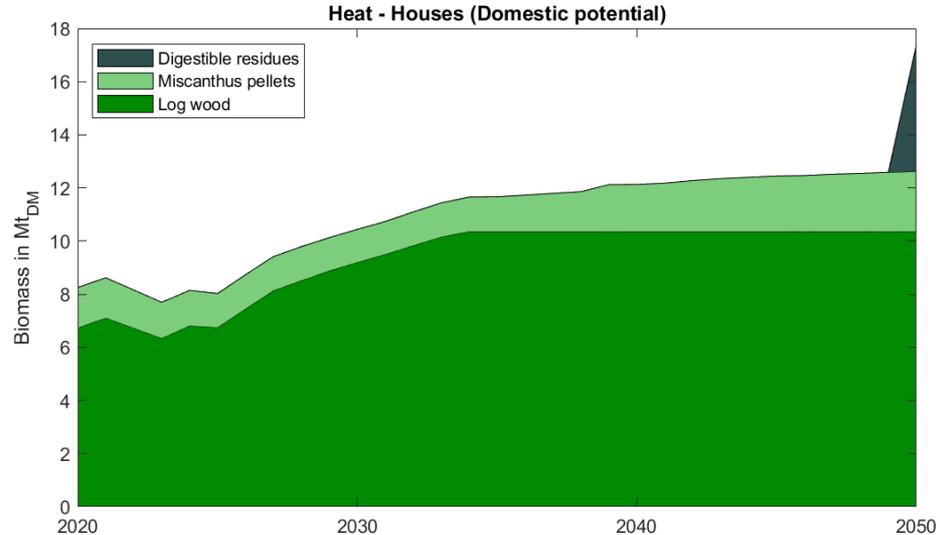
Hoher CO₂-Preis

Hohe Biomasse-/
Anbaubiomasseverfügbarkeit

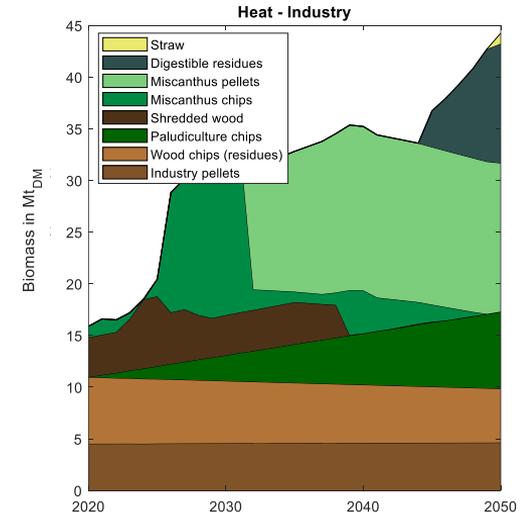
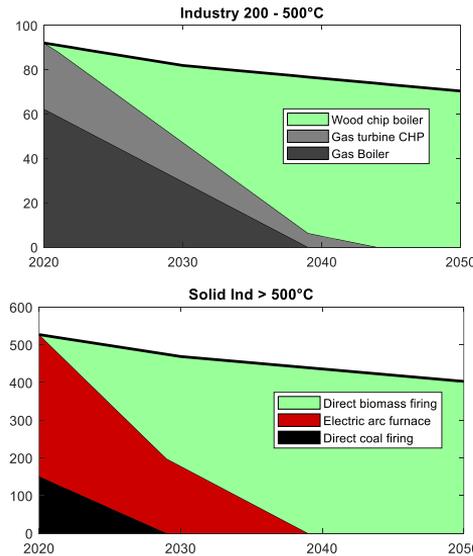
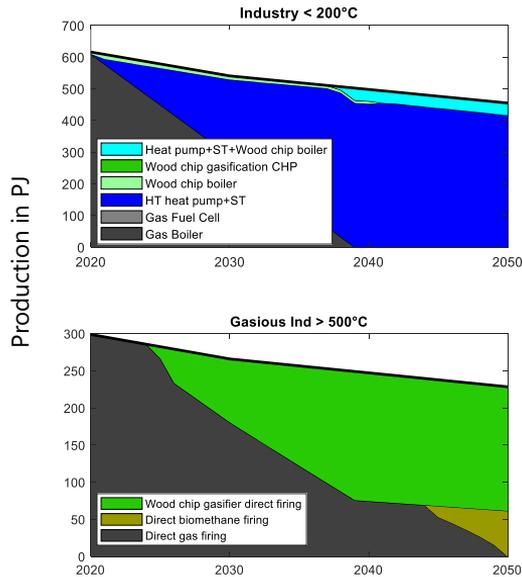
Gegen Pellets

Tech Push (Wärmepumpen)

Niedrige Biomasse-/
Anbaubiomasseverfügbarkeit



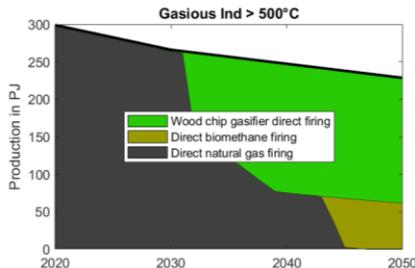
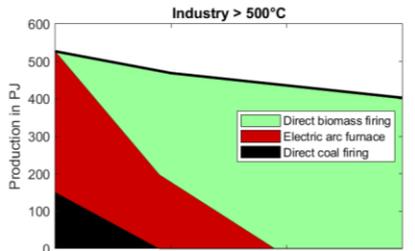
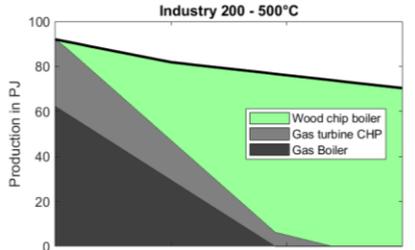
Wärme | Industrie Sz. 1



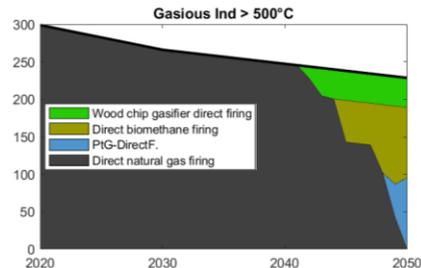
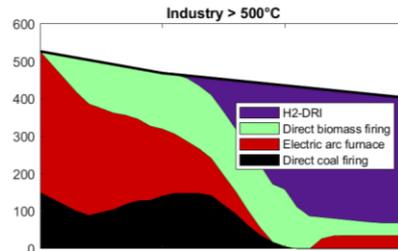
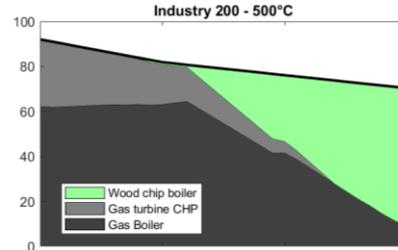
- » Biomassenutzung nur in Mittel- bis Hochtemperaturanwendungen
- » Prio1: Nutzung heimischer holziger Reststoffe (robust)
- » Falls verfügbar (Sz. 1,2,4): Nutzung Miscanthus, Paludikulturen
- » Ab 2045 zusätzliche Nutzung heimischer vergärbare Reststoffe (Biomethan)

Die Rolle der Anbaubiomasse

Sz. 1 (mit 150 €/tCO₂ in 2050)

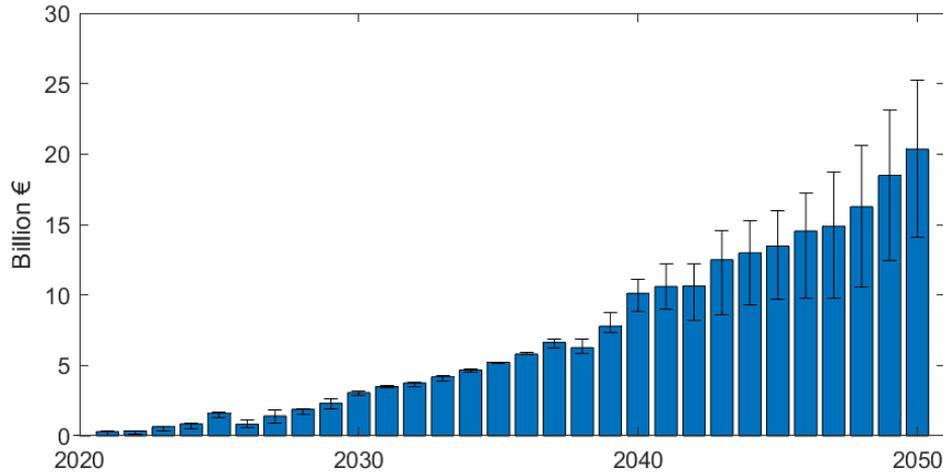


Sz. 3 keine Anbaubiomasse

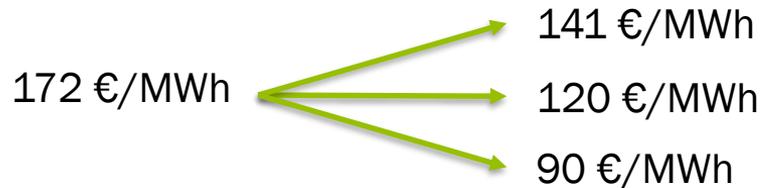


- » Ohne Anbaubiomasse verbleiben fossile Energieträger länger im Industriewärmesystem
- » Ohne Anbaubiomasse kann Biomasse in vielen Bereichen der Industrie nur Brückentechnologie sein
- » Vergärbare Reststoffe gewinnen ohne Anbaubiomasse eine größere Rolle in der Industrie
- » Ohne Anbaubiomasse werden im Wärmesektor mehr Wasserstoff sowie PtG Energieträger benötigt
- Der Einsatz von bzw. Verzicht auf Anbaubiomasse beeinflusst die zukünftige Industrietransformation.

Zusatzkosten ohne Anbaubiomasse für verschiedene H₂- und PtX-Preisentwicklungen.



H₂-Preis 2020 – 2050:



Fazit Verzicht auf Anbaubiomasse:

- Minderung Flächendruck
- Alternative Flächenbelegung entsprechend Vorrangregelung der Biomassestrategie
- Führt zu zusätzlichen 1050 PJ Stromverbrauch für die Elektrifizierung/ H₂ u. PtX Import
- Höhere Kosten der Energiewende
- Höhere Abhängigkeit von Importen
- Verlagerung von negativen Landnutzungseffekten?

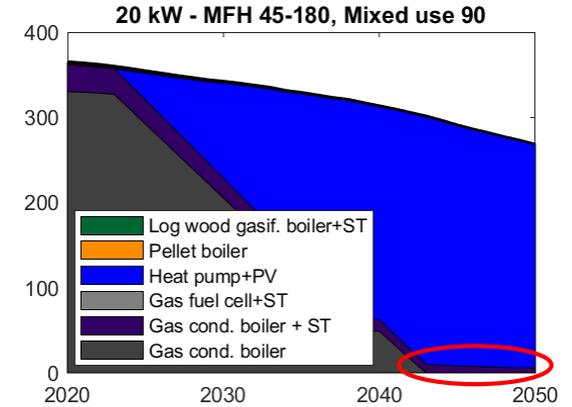
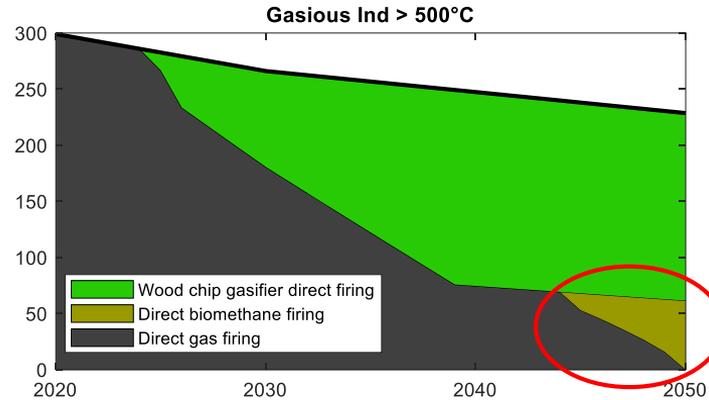
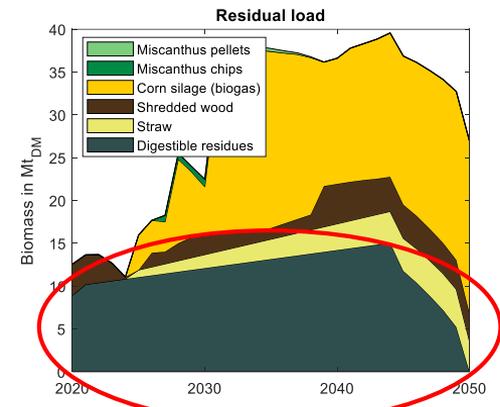
Die Entwicklung der PtX-Preise folgt dem gleichen Verhältnis wie die von H₂.

Vergärbare Reststoffe (national)

2020

Vergärbare Reststoffe

2050



- » Entscheidende Rolle zur Klimaneutralität ab 2045
- » Biomethan wird flexibel in verschiedensten, schwer zu elektrifizierenden Wärme-Bereichen eingesetzt
 - Mittel- u. Hochtemperaturindustrie
 - Gebäude (verbleibende Gasthermen)

Langfristperspektive 2050 | Fazit



- » Die limitierten Biomassepotenziale werden fast vollumfänglich ausgenutzt und in schwer zu elektrifizierenden Bereichen des Wärme- und Verkehrssektors, sowie zur flexiblen Strombereitstellung eingesetzt.
- » Der Einsatz von bzw. Verzicht auf Anbaubiomasse beeinflusst die zukünftige Industrietransformation
- » Der Verzicht auf Anbaubiomasse bedeutet höhere Kosten der Energiewende und deutlich mehr Import von H₂/ PtX
- » Ein Technologie-Push zeigt eine geringe Verschiebung der Biomassemarktanteile (weniger Pellets in Gebäuden, mehr Biogas im Stromsektor, mehr BtL im Flugverkehr)
- » Ein hoher CO₂-Preis sorgt verglichen mit einem niedrigeren CO₂-Preis für ein schnelleres Verdrängen der fossilen, sorgt aber nicht für mehr Biomasse im Energiesystem

Vielen Dank!