

Bioenergie – Alternative zu Erdgas?

Dr.-Ing. Volker Lenz



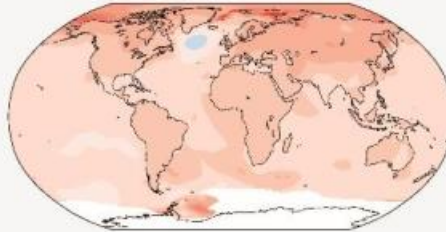
Fachsymposium 2023, 11.05.2023 Dresden

Es wird noch heißer!

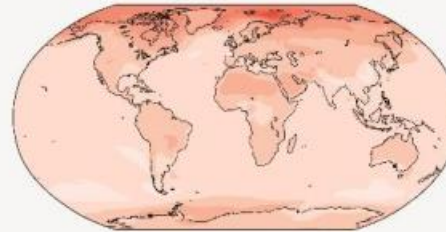
(a) Annual mean temperature change (°C) at 1°C global warming

Warming at 1°C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1°C global warming



Simulated change at 1°C global warming



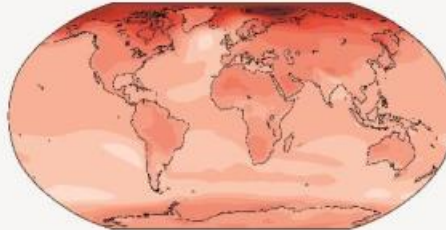
(b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850–1900

Across warming levels, land areas warm more than ocean areas, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

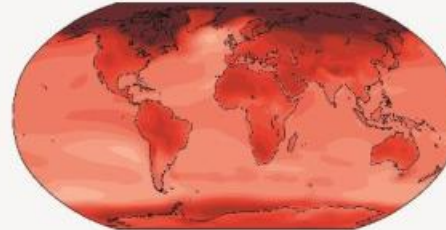
Simulated change at 1.5°C global warming



Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



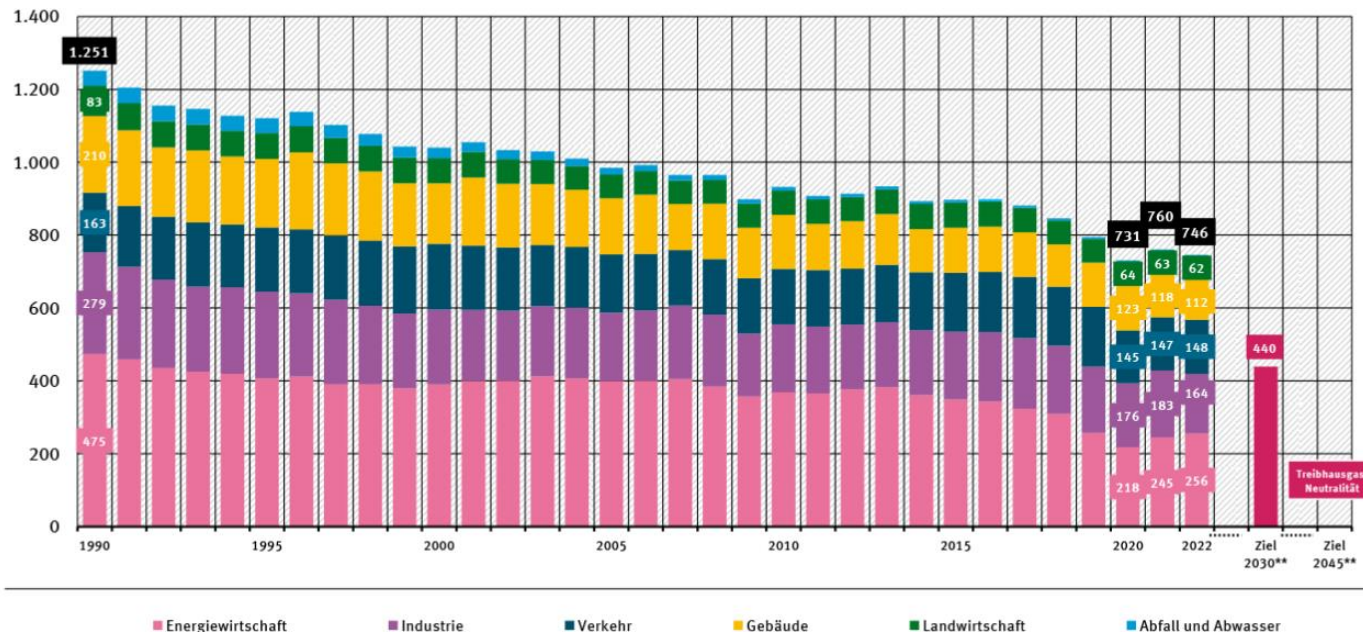
Derzeitige
Selbstverpflich-
tungen führen
voraussichtlich zu
+3°C bis 2100.

Gleichzeitig
beschleunigtes
Artensterben!

Klimaschutz-Notwendigkeit

Bundesverfassungsgerichtsurteil: Restbudget Dtl. ab 2020 6,7 Gt CO_{2eq}

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente

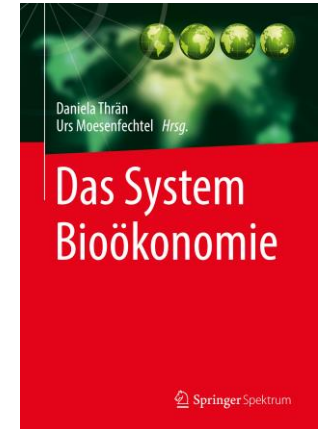
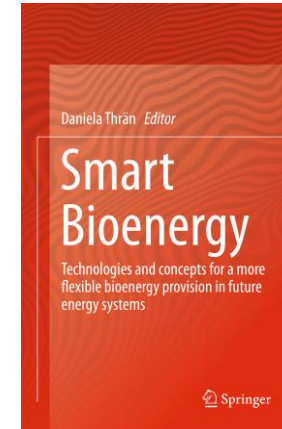


- ab 2023: 4,5 Gt CO_{2eq}
- bei derzeitigen Emissionen Ende 2028 verbraucht
- bei linearer Reduktion bis Ende 2034
- KSG -> 2045 klimaneutral

Earth Overshoot Day in
Dtl. 2023
04.Mai !

Sichere, saubere, integrierte und intelligente Bioenergienutzung für ein nachhaltiges Wirtschaftssystem

- Integrierte, konkurrenzfreie und bedarfsgerechte Energiebereitstellung
- Koppelproduktion biobasierter Energieträger
- Entwicklung hocheffizienter und sauberer Technologien
- Vollumfassendes Nachhaltigkeitsmonitoring
- Optimale Wertschöpfungsketten aus Biomasse



ZIEL: Eine klimaneutrale Bioökonomie auf Basis erneuerbarer Ressourcen

Erdgassubstitution durch Bioenergie?

Potenzialvergleich



- Einsatz Erdgas und Biomasse 2022
- Biomassepotenziale heute und in Zukunft (Restriktionen)

technische Substitutionsoptionen



- aktuelle Alternativtechniken
- plausible Zukunftsoptionen

Klimaschutz



- IPCC/ETS-Bilanzierung
- lokale Emissionsbetrachtung
- Transformationspfad/BeCCS

Fazit / Ausblick



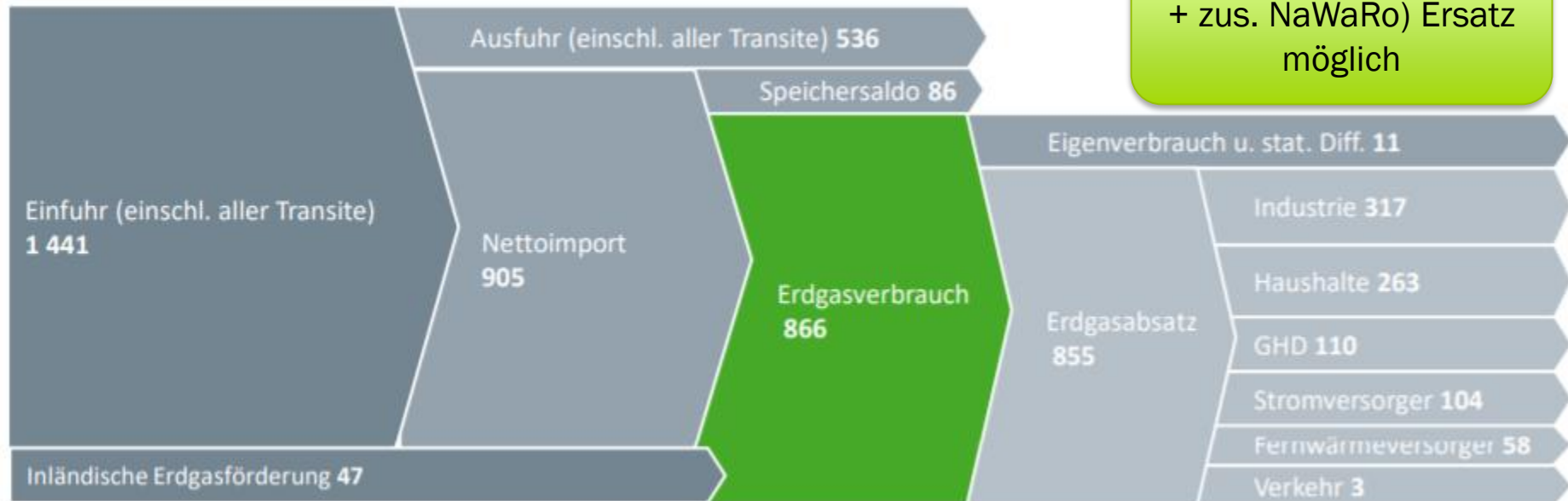
- Ja, aber.
- Optimierungsempfehlungen

Erdgaseinsatz Deutschland 2022

Erdgasfluss 2022* in Mrd. kWh

Quelle: BDEW: Die Energieversorgung 2022 - Jahresbericht

1 (Ist) – 3 % (Reststoffe + zus. NaWaRo) Ersatz möglich



Quellen: Destatis, BVEG, Entsog, BDEW, dena; Stand 12/2022
 Rundungsdifferenzen * vorläufig; teilweise geschätzt

2022 wurden zudem 10,4 Mrd. kWh auf Erdgasqualität auf-
 bereitetes **Biogas** in das deutsche Erdgasnetz eingespeist.

2021: Rohbiogas 94 TWh/a (8.900 Anlagen; 74% NaWaRo) -> 11 TWh Biomethan (240 Anl.)

unerschlossenes Reststoffpotenzial: 27 – 76 TWh/a -> Biomethan 25 – 30 TWh/a möglich

Quelle: DBFZ: Die Rolle von Biogas für eine sichere Gasversorgung in Deutschland, Mai 2022

Substitutionsfragen im Detail



spezielle
Anwendungen

Stoffliche Nachfrage
Prozesswärme – spezielle Prozesse

v.a. Niedertemperaturwärme

Holz?

v.a. Niedertemperaturwärme

Spitzenlastabdeckung

bis ca. 50% des
Flexbedarfs durch
Biogas

v.a. Koppelwärme

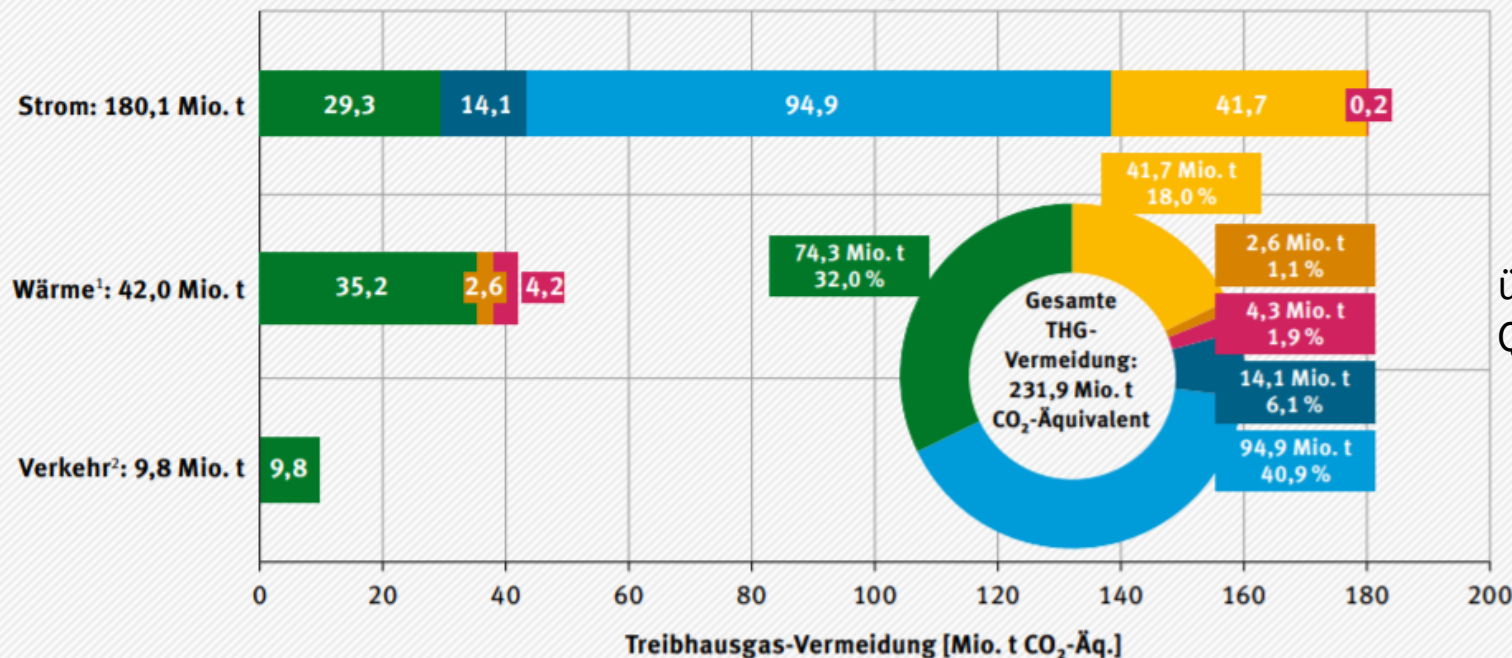
CNG-Fahrzeuge

100%
Biomethan



Vermiedene Treibhausgase durch EE 2022

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente [Mio. t CO₂-Äq.]



ca. 2/3 Biogas und 1/3 (Alt-)Holz

über 85% Holz aller Qualitäten.

Agrarbiomassen + Reststoffe

■ Biomasse ■ Wasserkraft ■ Windenergie ■ Photovoltaik ■ Solarthermie ■ Geothermie

Quelle: Umweltbundesamt (UBA)

Quelle: Erneuerbare Energien in Deutschland – Daten zur Entwicklung im Jahr 2022, AGEEstat, UBA Februar 2023

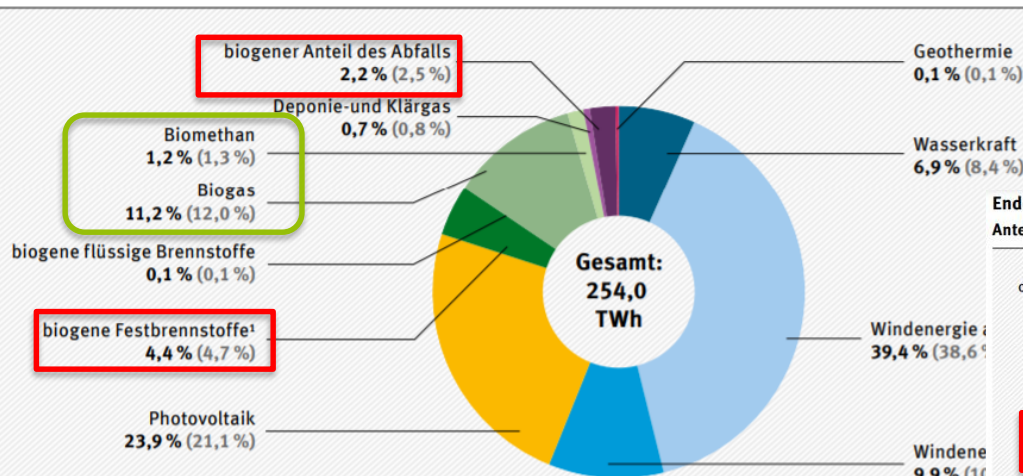
¹ ohne Berücksichtigung des Holzkohleverbrauchs

² ausschließlich biogene Kraftstoffe im Verkehrssektor (ohne Land und Forstwirtschaft, Baugewerbe sowie Militär und ohne Stromverbrauch des Verkehrssektors), basierend auf vorläufigen Daten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für das Jahr 2021 sowie den fossilen Basiswerten gemäß § 3 und § 10 der 38. BImSchV

Einsatz Holz für Strom und Wärme

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2022

Anteile in Prozent [%], Werte für das Vorjahr in Klammern



¹ inkl. Klärschlamm

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien

Abfallholz/Sperrmüll: 5,6 TWh

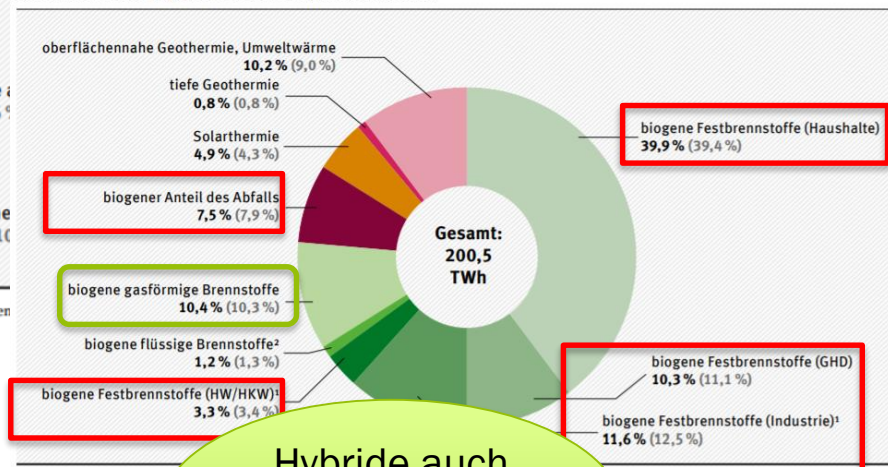
Waldholz + Verarbeitungsreste: 11,2 TWh

Summe Holzeinsatz: knapp 0,9 EJ
(davon weniger als 10% für Strom)

Abfallholz/Sperrmüll: 15,0 TWh
Industrie/GHD/HW/HKW: 50,5 TWh
Haushalte – Primärholz: 80,0 TWh

Endenergieverbrauch für Wärme aus erneuerbaren Energien im Jahr 2022

Anteile in Prozent [%], Werte für das Vorjahr in Klammern



¹ inkl. Klärschlamm

² inkl. Biokraftstoffverbrauch
(HW/HKW = Heizwerke/Heiz)

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
(AGEE-Stat)

Erneuerbare Energien in Deutschland

Hybride auch
für industrielle
Prozesswärme

AGEE-Stat, UBA Februar 2023

Technologische Optionen zur Wärmebereitstellung aus Fester Biomasse 1/2

Festbrennstoffe

- **Einzelraumfeuerstätten** (z.B. Kaminöfen) ca. 11 Mio. mit rund 80 bis 90 GW_{th} – Einsatz v.a. Scheitholz; gelegentlich Holzbriketts, ca. 232.000 Holzpelletöfen
- **Biomassekessel** mit weniger als 1 MW_{th} rund 1 Mio. mit 80 bis 90 GW_{th} – Einsatz von Holzhackschnitzeln, Holzpellets und Scheitholz (bis ca. 150 kW_{th}); davon 338.000 Holzpelletkessel, wenige Agrarbrennstofffeuerungen (Miscanthus, Stroh, IBN vor 2010 oder größer 100 kW_{th})
- **Biomasseheizwerke** mit mehr als 1 MW_{th} ca. 1000 Anlagen mit 2 bis 4 GW_{th} v.a. Holzhackschnitzel, seltener Industriepellets, sowie biogene Reststoffe



Quelle: Wodtke



Quelle: Guntamatic

Technologische Optionen zur Wärmebereitstellung aus fester Biomasse 2/2

Festbrennstoffe

- **Holzvergaser-KWK** mit Wärmeauskopplung $15 - 400 \text{ kW}_{\text{th}}$ ($10 - 250 \text{ kW}_{\text{el}}$) für Holzhackschnitzel und Pellets
400 - 600 Anlagen mit 40 bis $180 \text{ MW}_{\text{th}}$
- **Holzheizkraftwerke - ORC** mit Wärmeauskopplung von 2 bis 3 MW_{th} weniger als 100 Anlagen mit ca. $100 - 250 \text{ MW}_{\text{th}}$
- **Biomasseheizkraftwerke – Dampf** mit Wärmeauskopplung 2 bis $30 \text{ MW}_{\text{th}}$ mit ca. 200 Anlagen mit in Summe rund 0,5 bis 3 GW_{th}
- Fernwärme aus biogenem Anteil von Müllheizkraftwerken, Klärschlammverbrennung und aus der Biomassemitverbrennung in Kohleheizkraftwerken



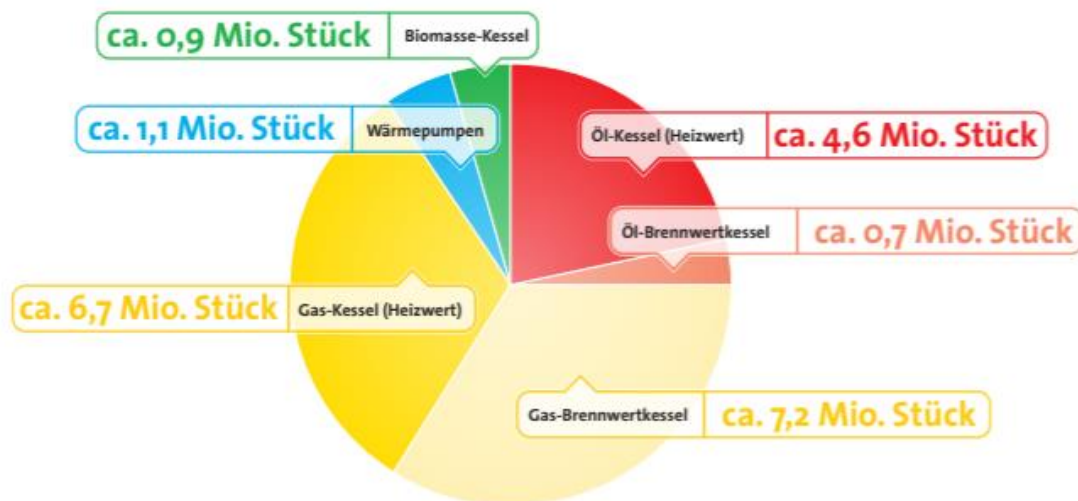
Quelle: Thermo-chemisches Testfeld Universität Zittau/Görlitz



Quelle: hessenENERGIE

Aufgaben im Wärmebereich

- **Industrie 38% des Endenergieverbrauchs Wärme und Kälte (ohne Strom und Fernwärme): 7,4% EE, davon 95% feste Biomasse -> Wasserstoff + mindestens übergangsweise verstärkte Biomassenachfrage!**
- **Haushalte + GHD: knapp 22% EE, davon rund 70% Holz**



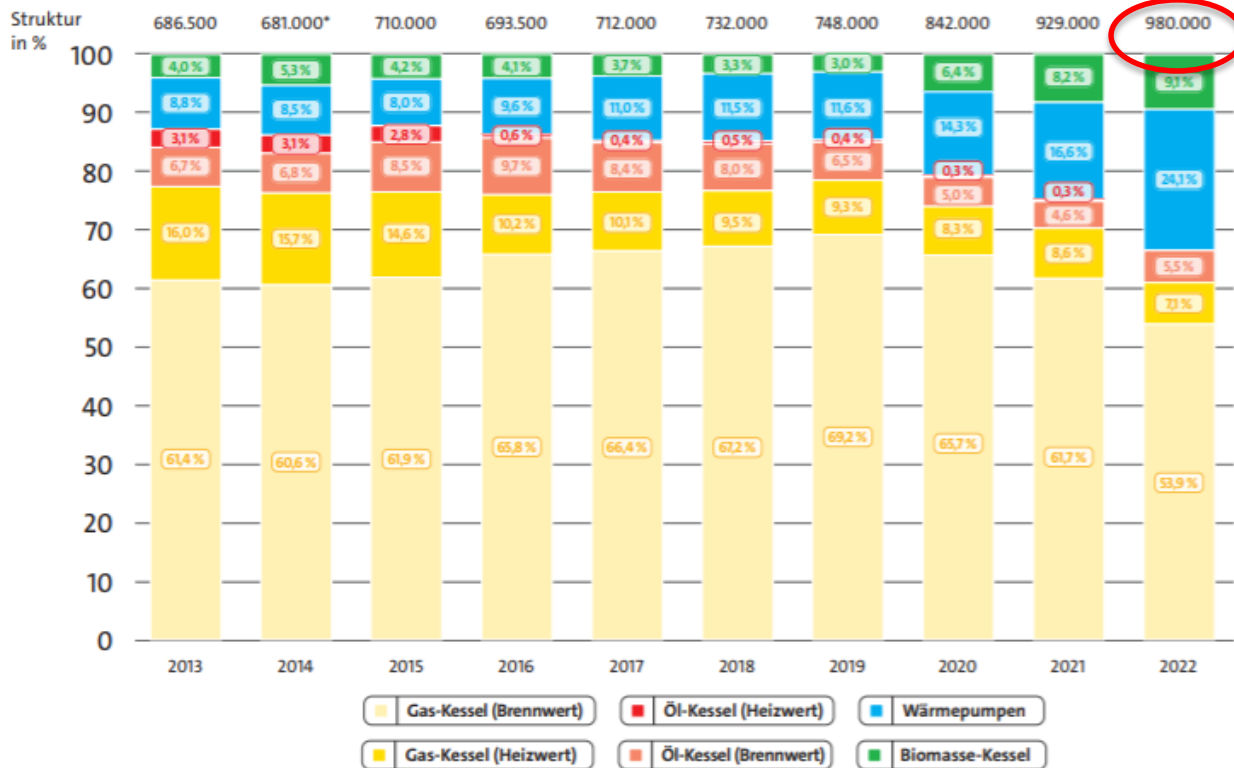
~ 21,2 Mio. Wärme-
erzeuger im Bestand

Installierte Kollektorfläche,
thermische Solaranlage
ca. 21,3 Mio. m²
~ 2,5 Mio. Anlagen

Stand: 2020

Rund 19 Mio.
Heizanlagen
müssen in
kommenden
19 Jahren auf
erneuerbare
Lösungen
umgestellt
werden.

Entwicklung der Neuinstallationen Heizanlagen



* Eine Erweiterung des Meldekreises in der Produktstatistik „Biomassekessel“ im Jahr 2014 führte zu höheren Stückzahlen im Vergleich zum Vorjahr, die prozentuale Entwicklung zum Vorjahr ist aber negativ.

Verbesserte Förderung ab 2020 => starke Zunahme Wärmepumpen und Biomassekessel

Einbruch Förderanträge mit geänderten Rahmenbedingungen Sep. 2022

Absatz Wärmepumpen:

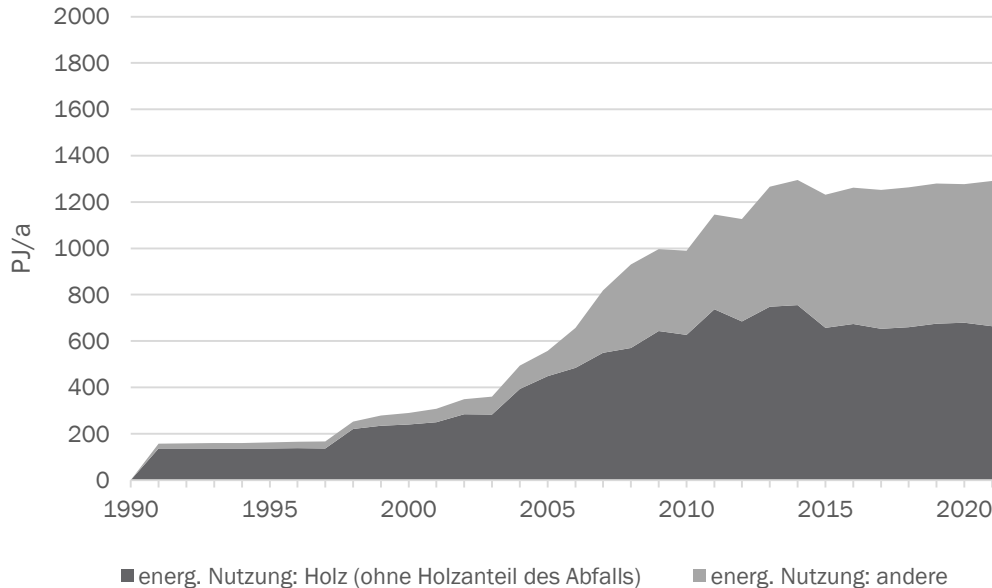
2022: 236.000 (+53%)

Anteil Luft-Wasser-WP: > 80%

Entwicklung der energetischen Biomassenutzung in Deutschland



Biomasseeeinsatz zur Energiebereitstellung



■ energ. Nutzung: Holz (ohne Holzanteil des Abfalls) ■ energ. Nutzung: andere

Daten: **Nutzung** AGEE-Stat (2021) **Potenziale** Lauer et al. (2022, in Erscheinung), AGEE-Stat (2021)

*: Sonstige Reste/Abfälle/Nebenprodukte (Getreidestroh, Bioabfall, Industrie, Gülle, Klärschlamm, UCO)

11,3 Mio. Einzelfeuerungen
(davon 0,6 Mio. Pelletanlagen)

~ 1 Mio. Biomassezentralfeuerungen ⁽¹⁾

744 Holzheizkraftwerke inkl. Holzvergaser-
BHKW⁽²⁾

~ 8,900 Biogasanlagen (inkl. Außer Betrieb)⁽³⁾
~ 8,600 Stromerzeugung aus Biogas vor Ort
~ 240 Aufbereitung zu Biomethan

13 Bioethanolanlagen und 53 FAME Anlagen⁽⁴⁾

Quelle:

(1) DBFZ Wärmemonitoring

(2) DBFZ HKW Monitoring

(3) DBFZ Datenbank Biogas (2022)

(4) DBFZ Report 44 auf Basis von IHS Markit (2021)

→ Bioenergiebereitstellung ganz überwiegend aus
nationalen Quellen (Ausnahme: Biokraftstoffe)

Stoffliche und energetische Holznutzung im Vergleich

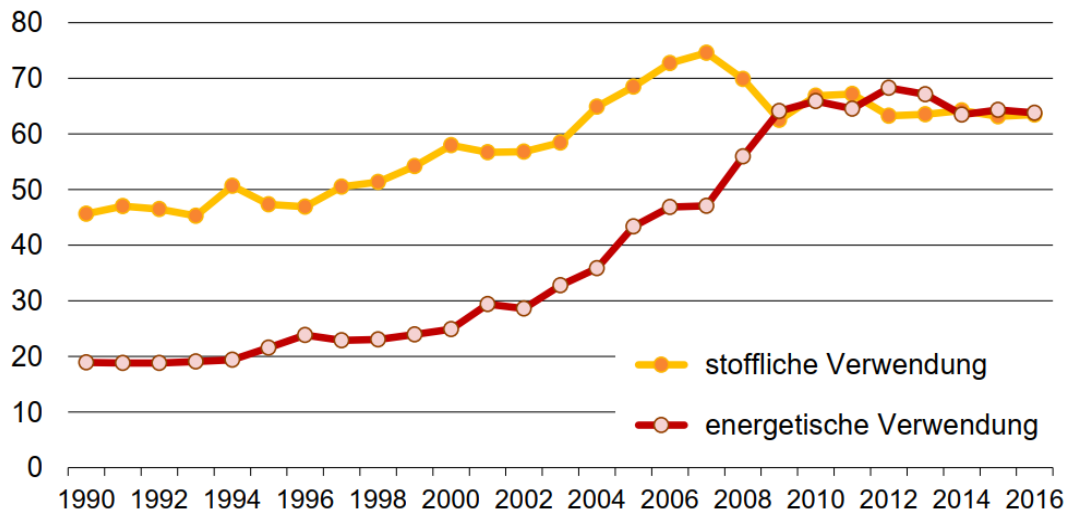


Aufkommen:

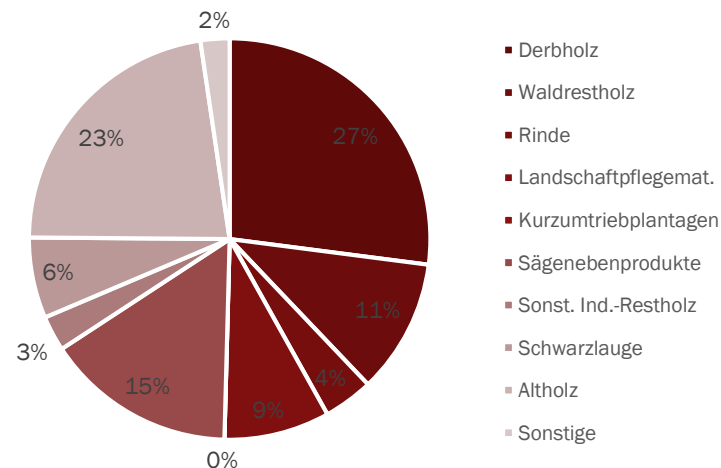
- Das Rohholzaufkommen ist zwischen 2000 und 2018 um 41% gestiegen (von 63,9 Mio. m³ auf 89,9 Mio. m³)
- Die Entnahme von Rohholz ist um 29% gestiegen (vgl. 2000)

Nachfrage:

in M m³



Holzarten für die energetische Nutzung

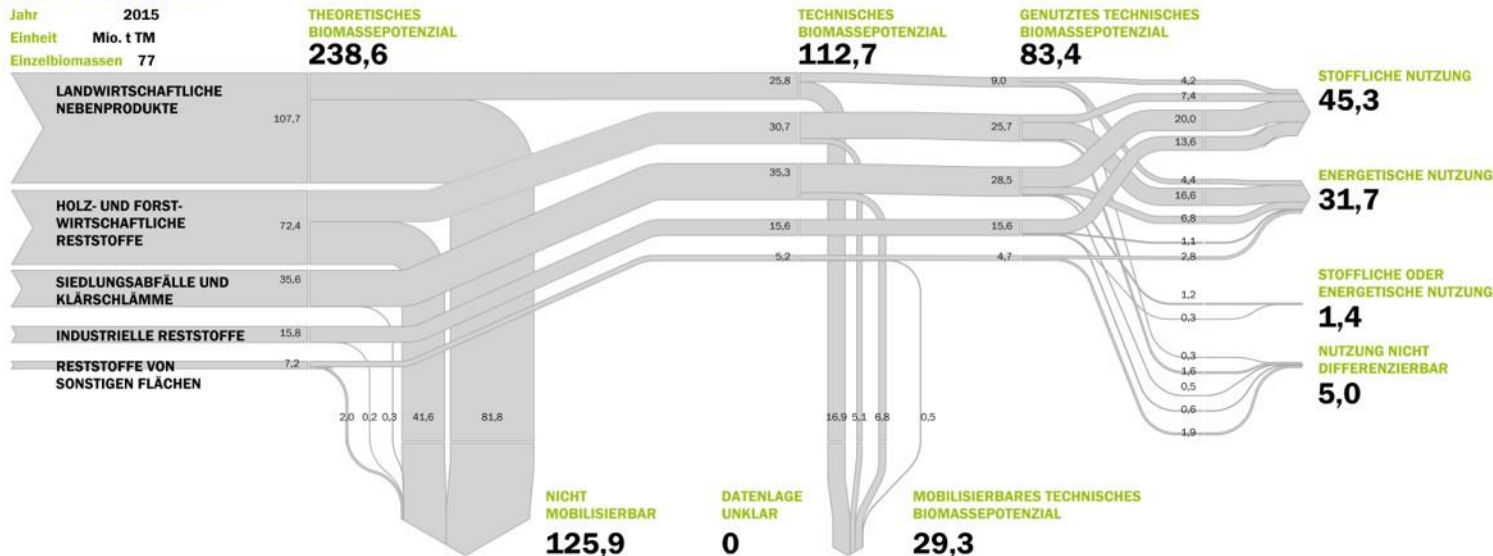


Quelle: Mantau 2018

Ressourcenbasis: Biogene Reststoffe in Deutschland – Alternativen und Potenziale

BIOGENE RESTSTOFFE IN DEUTSCHLAND

MITTELWERTE



Monitoring der Bioökonomie
Ressourcenbasis und Nachhaltigkeit

Arbeitsgruppe Biomassereststoffmonitoring (AG BioRestMon)

Quelle: DBFZ Ressourcendatenbank 12/2020

Entwicklung Biomassebedarf bis 2030

(nach Nutzungssektoren)

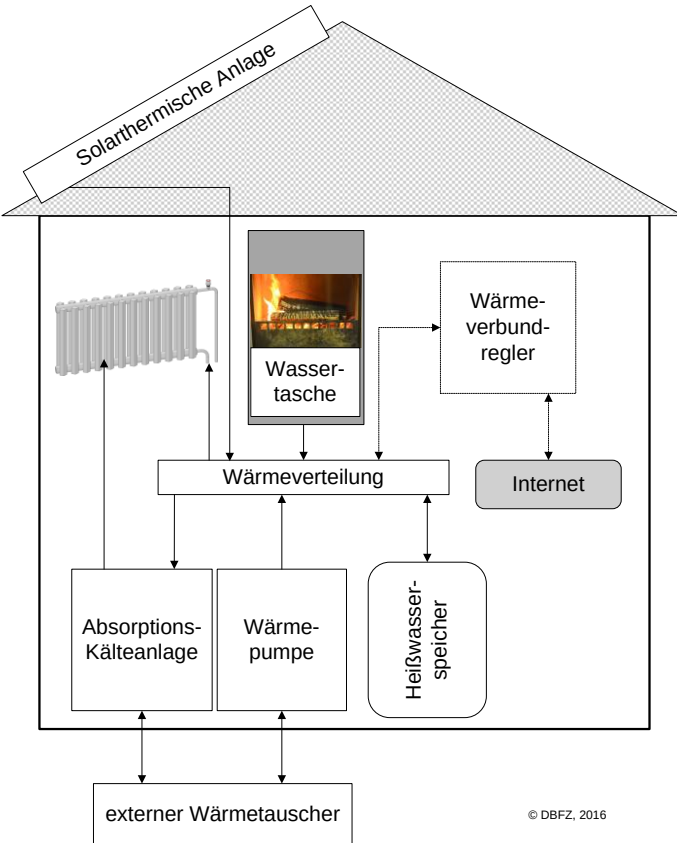
Biomasse für Energie
wird mittelfristig
zurückgehen!

Sektor	Tendenz	Einschätzung: welche Biomasse?	Grundlage/Beispiel
Strom	  *	NawaRo und Reststoffe	Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP)
Wärme	  *	Holz und Reststoffe	Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP)
Verkehr - Straße	 / 	NawaRo gedeckelt/Abnahme, Zunahme Reststoffe REDII - Anhang IX Teil A	THG-Quote / RED II / mögliche Anpassung THG-Quote
Verkehr - Flugverkehr & maritime Schifffahrt		Zunahme Reststoffe RED II - Anhang IX Teil A und B, holzartige Biomasse	Regulierungsvorschläge (& Impact Assessments) der EU-Kommission RefuelEU Aviation & FuelEU Maritime
Industrie		v.a. holzartige Biomasse	dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität
Chemie		Biogene Kohlenstoffe	Mitteilung der EU-Kom zu nachhaltigen Kohlenstoffkreisläufen (Sustainable Carbon Cycles) – 20 % der Kohlenstoffe aus nicht-fossilen Quellen in 2030 VCI – Roadmap Chemie 2050
Bausektor		Holz	Holzbauinitiative Koalitionsvertrag
Landwirtschaft		Reststoffe und holzartige Biomasse	Torfersatzstoffe (ggf. Dünger und Pflanzenkohle)

* Mögliche (kurzfristige) Entwicklung aufgrund Energiekrise

+ 10% strenger Waldschutz (bisher 3%)
+ Extensivierung der Landwirtschaft
+ Wiedervernässung

WP-Biomasse-Hybrid-Technologien als resiliente Übergangslösungen – Beispiel EFH



© DBFZ, 2016

Ziel: 100% erneuerbare Energieversorgung

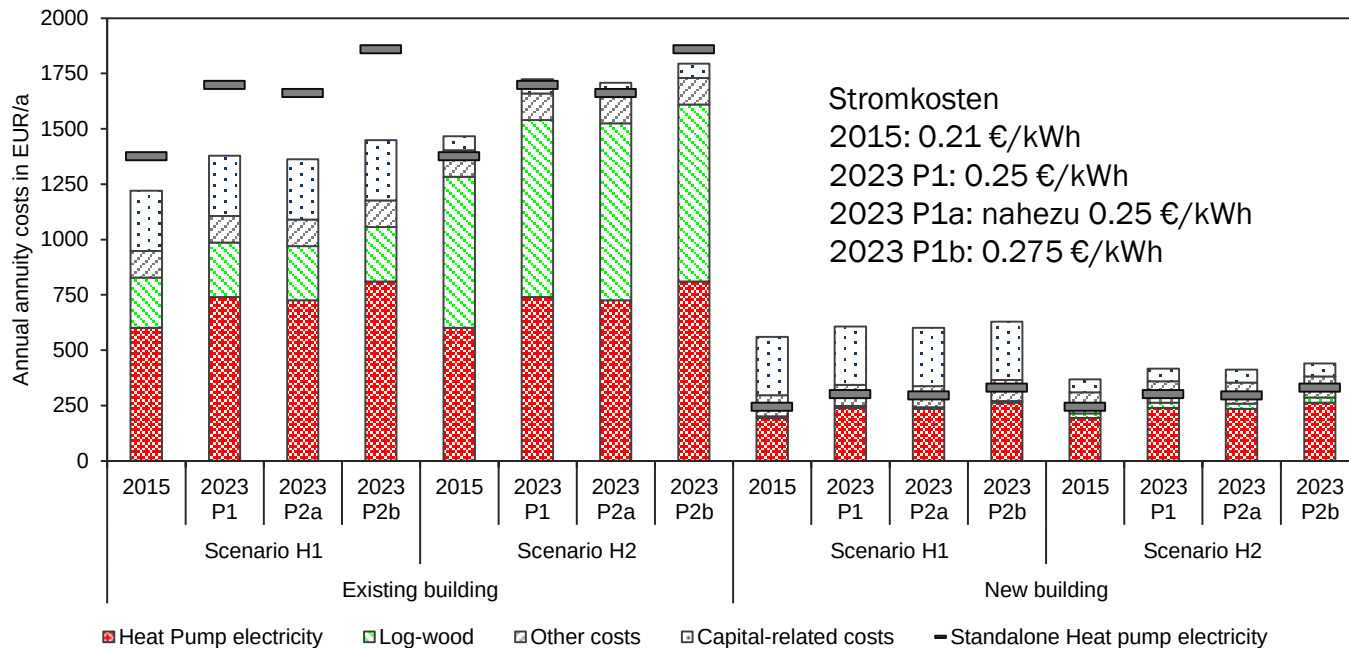
Wärme hat Bedarfsspitze im Winter!
Winter hat Minimum an PV-Strom-
Bereitstellung.

Wärmepumpen müssen den größten Beitrag leisten!

Biomasse als Option die Spitzenleistungs-
bedarfe zu kappen mit 15 – 20%
Wärmebeitrag (heißt 5 – 10 mal so viele
Heizobjekte bei gleichem Holzeinsatz).

**Nicht mehr Alleinwärmeerzeuger,
sondern nur noch Hybrid-
Heizsysteme!**

Systemdienliche Integration - Kombination Scheitholzkaminofen mit Wärmepumpe



H1: Wohnraumheizung gekauft
 Ofenkosten beinhaltet
 Holz in Selbstwerbung günstig 60 €/t

H2: Ofen als Wohlfühlgerät
 nur Zusatzkosten zur Integration erfasst
 hoher Holzpreis, da eingekauft 200 €/t

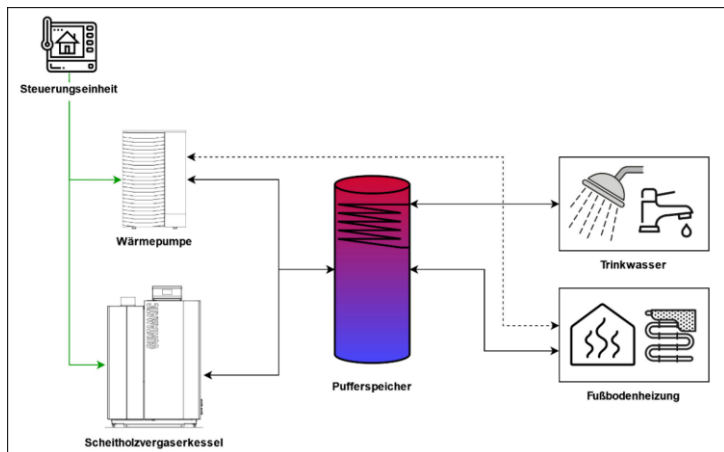
Kombi war im
 Altbau schon
 2020
 wirtschaftlich

kann zukünftig
 zur Stromnetz-
 stabilisierung
 beitragen

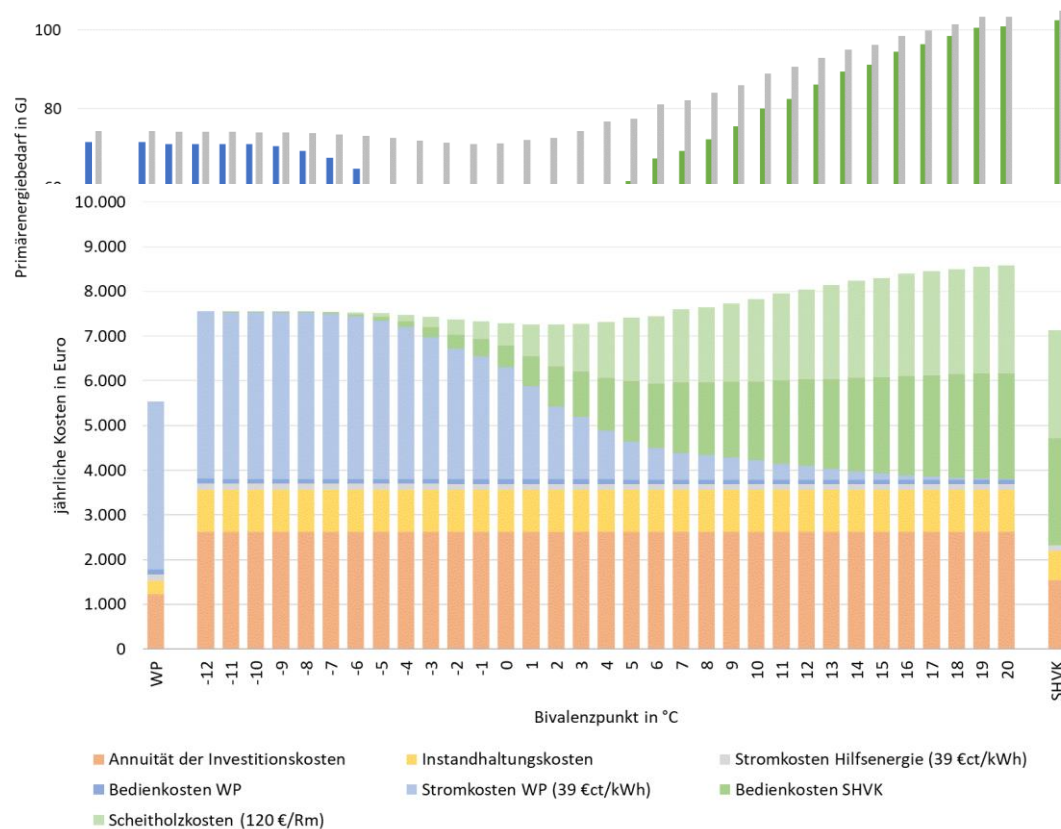
Notwendig:
 Nutzerinformation
 oder
 automatisierter
 Betrieb

The diagram illustrates a smart energy system architecture. At the top, a 'Solarthermische Anlage' (solar thermal system) is connected to an 'Internet' and a 'Wärme-Strom-Verbund-Regler' (heat-electricity coupling controller). The system is managed by an 'AutoBUS (Plug and Run)' which coordinates various components: a 'Heizverteiler' (heating distributor), 'Absorptionskälteanlage für den Sommer' (absorption cooling system for summer), 'Wärmepumpe' (heat pump), 'Pufferspeicher' (buffer tank), 'Heizstab' (heating element), 'Batterie' (battery), and a 'geregelter Transformator' (regulated transformer). The system is connected to an 'Umgebungs-Wärmetauscher' (environmental heat exchanger), a 'Wärme-/Kältenetzanschluss' (heat/cold network connection), and the 'Stromnetz' (power grid). A wind turbine and solar panels are also shown, along with a car labeled 'Batterie'. A green oval at the bottom right states: 'Hybride auch für industrielle Prozesswärme' (Hybrids also for industrial process heat). The copyright notice '© DBF' is visible.

Bivalenzpunkt Luft-Wasser-WP- Scheitholzvergaser-Hybrid



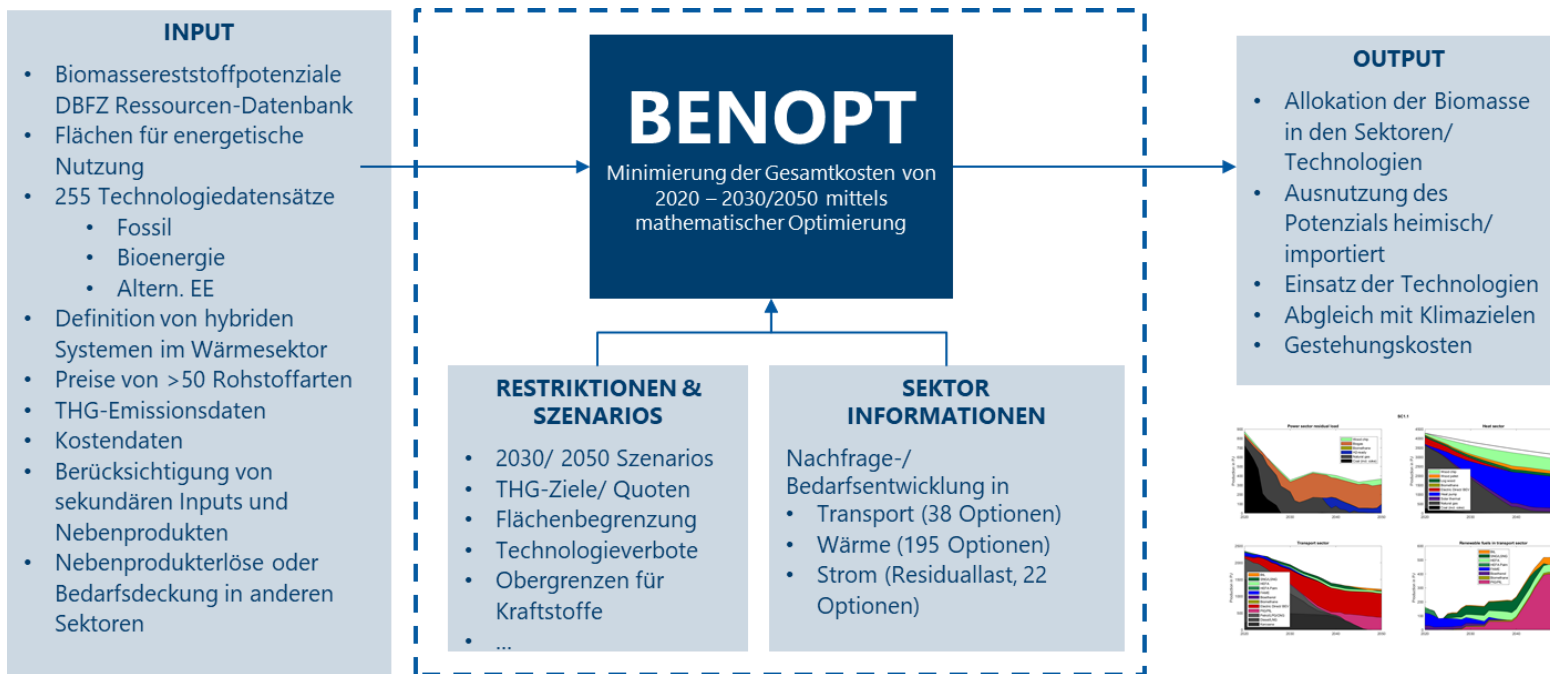
TRNSYS-Simulation
zeigt,
Primärenergie- und
Kostenminimum bei ca.
1 °C BVP



Langfristperspektive 2050

Biomasseeinsatz

Was ist die optimale Rolle der Biomasse in der Energiewende und wie ändert sie sich im Laufe der Zeit?



Biomasse in einer klimaneutralen Energieversorgung

Deutschland

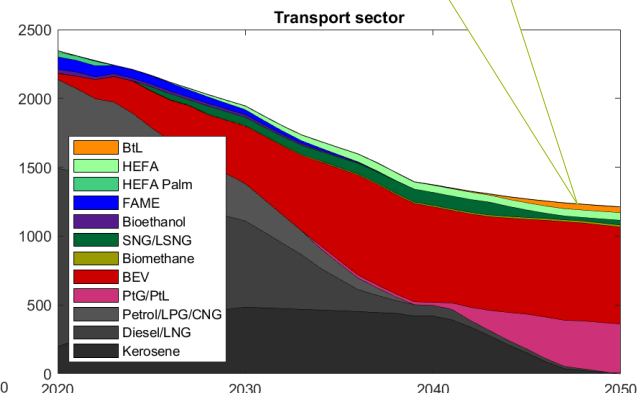
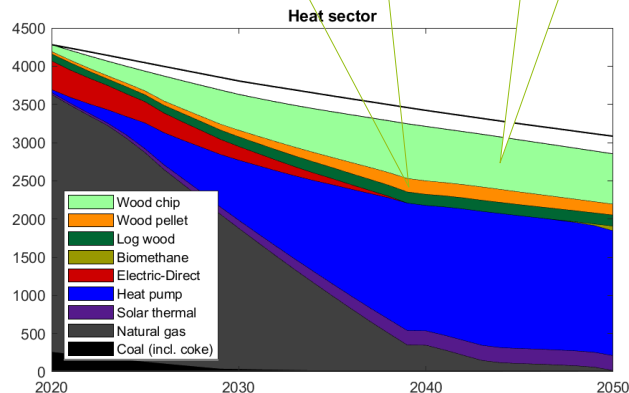
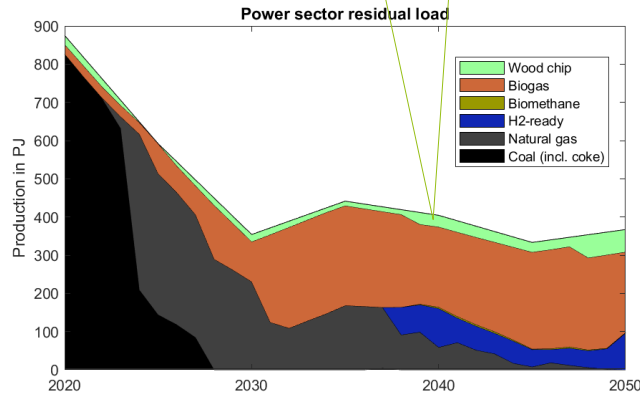


Flexibilisierung im
Stromsektor mit
Biogas

Scheitholz und Pellets in
hybriden Technologien in
Gebäuden

Hoch-
temperatur
Wärme

Lignocellulose-
basiert in Flug-
und Schiffsverkehr



Quelle: DBFZ/UFZ 2023

Berücksichtigte Holzpotentiale:

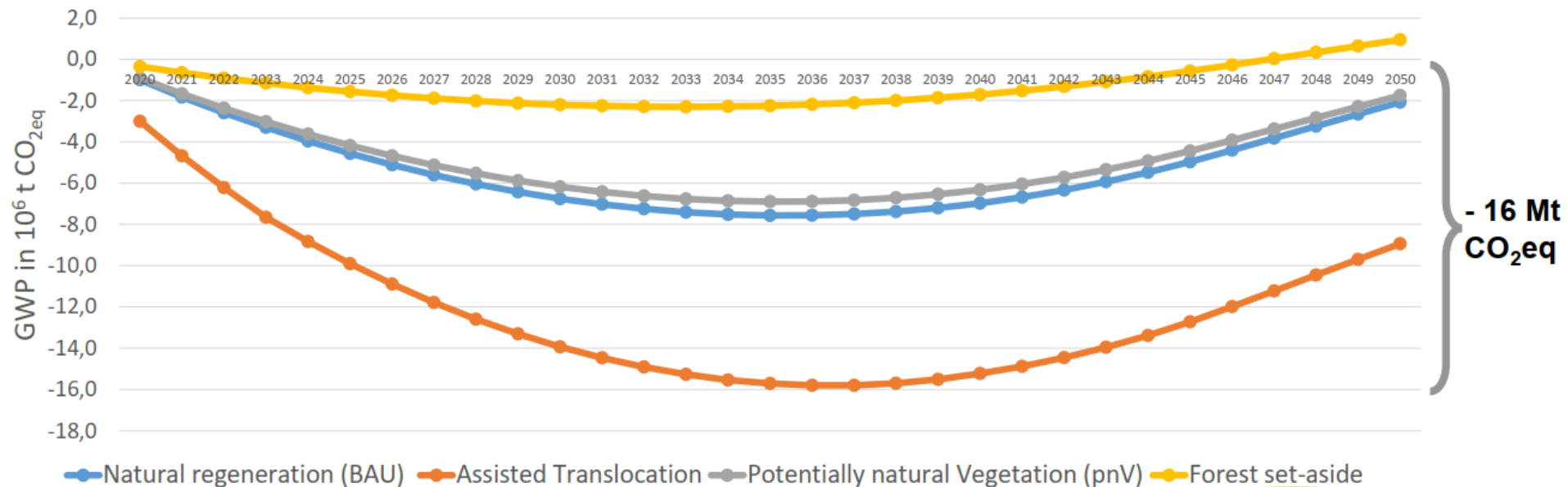
- Waldrestholz, Industrierestholz, Landschaftspflegeholz, Altholz
- Scheitholz, Paludikulturen
- 2,3 Mha Anbaufläche (Modell endogen langfristig zum Großteil mit Miscanthus belegt)



GHG EFFECT OF WOOD CHIPS AND PELLETS - AUSTRIA

Wood based bioenergy would reduce GHG emissions in Austria with a peak between 2030 and 2040. Negative Emission Technologies (BECCS) would continue this effect also in the long term.

Cumulative GWP of Pellets and forest Woodchips: Total Forest

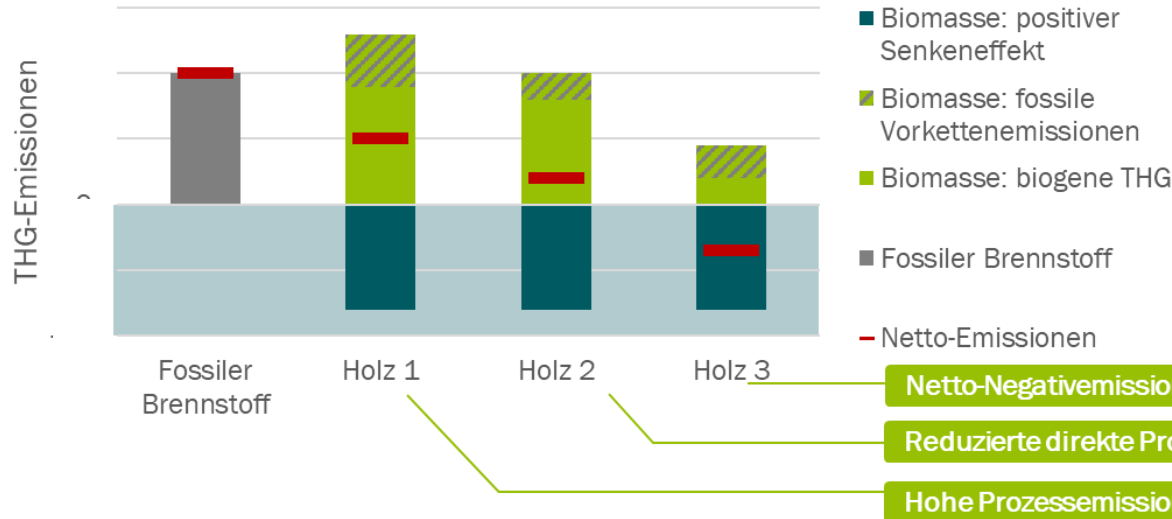


Quelle: Prof. Röder Vortrag
Wels 01.03.2023

Ist Holz klimaneutral oder emissionsintensiver als fossile Alternativen?

- Klimateffekte von Holz sind kontextspezifisch
- In Abhängigkeit von Pfad und Bilanzierungsmethodik können die Ergebnisse stark variieren

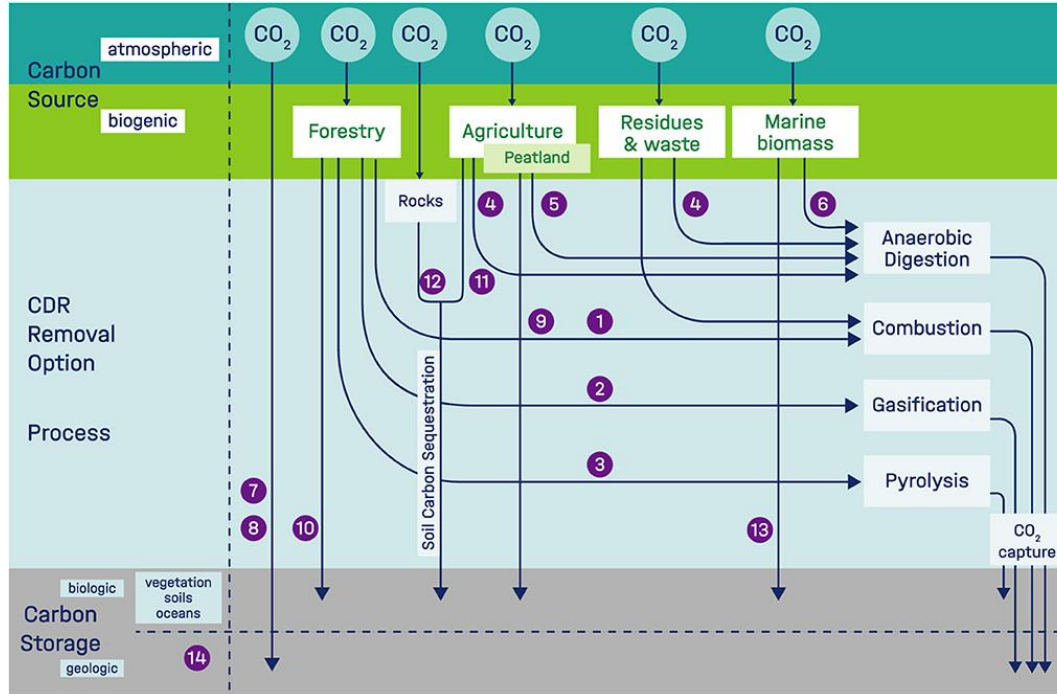
Mögliche THG-Effekte von Holz



Suche nach den THG-effizientesten Technologien -> Hybride mit Verdrängung Kohlestrom

Relativ höhere Emissionen bei direkter energetischer Nutzung hochwertiger Holzsortimente aus Forstsystemen mit wachsender Senkenwirkung

Natürliche Kohlenstoffsenken



- **Natürliche Senkenverstärkung (NSE, natural sink enhancement) :**
 - (Wieder-)aufforstung (bei 10% der Fläche für Wintergetreide: Potential 72 Mio. t CO₂-Bindung zw. 2020 und 2050),
 - Renaturierung von Feuchtgebieten, v.a. Mooren (bis 43 Mio. t CO₂-Vermeidung),
 - Renaturierung von Seegraswiesen, Salzwiesen: bei max. Zuwachs > 200.000 t CO₂/a in 2050
 - Böden (regenerative Landwirtschaft, z.B. Zwischenfruchtanbau: ca. 44 Mio. t CO₂; Biochar)
 - Enhanced weathering: max. 5,82 Mio. t CO₂/a
- **BECCS verbindet technischen (wie bei DACCS) mit natürlichem Ansatz: zuerst natürliche Speicherung in der Biomasse, dann technische bei der Verbrennung.**
- **BECCS ist eine der kostengünstigsten Methoden, um Negativemissionen zu erreichen.**

- Biomasse kann energetisch zu **10-15% des Primärenergiebedarfs** beitragen
Erdgassubstitution direkt ist bei 1-3 % begrenzt, aber **indirekt über feste Biomasse** höherer Beitrag von **bis zu 40%** denkbar.
- Biodiversität, Biomassennutzung, Bioenergie ist letztlich eine **Flächenfrage** inkl. der sich durch den Klimawandel ändernden Flächenwertigkeiten.
- Anbaubiomasse und Biomasseimporte stehen unter einer offenen Diskussion.
- In deutschen Wäldern lässt sich mittel- und langfristig **höchste C-Speicherung** durch eine **Bewirtschaftung in Verbindung mit einer verstärkten stofflichen Nutzung** erreichen.
- Bis zum massiven Ausbau der Bioraffinerien könnte die **industrielle Hochtemperaturwärme** (>200°C) eine vielversprechende Brückenanwendung für Holzbrennstoffe/Bioenergie sein.
- Der **Primärholzeinsatz für Energie** wird durch **stoffliche Nachfrage** **perspektivisch deutlich sinken** und teilweise durch Biomassen mit kurzen Regenerationszeiten ersetzt werden (Laub, Paludi ...)
- Biogas und Biomethan können kritische Nischen in der Industrie bedienen.
- **Frage negativer Emissionen** wird in Dtl. **gerade verstärkt diskutiert** (Biomasse könnte hier am Ende der Kaskade einen relevanten Beitrag liefern).

Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner

Prof. Dr. mont. Michael Nelles

Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

Dr. Agr. Peter Kornatz

Dr.-Ing. Volker Lenz

Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

Dr. rer. nat. Ingo Hartmann

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de