

Biogene Abfälle und Reststoffe – Kohlenstoffquelle, Bioenergie und negative Emissionen

Michael Nelles^{1/2}, René Backes¹ & Karen Deprie¹

1) Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ) Leipzig

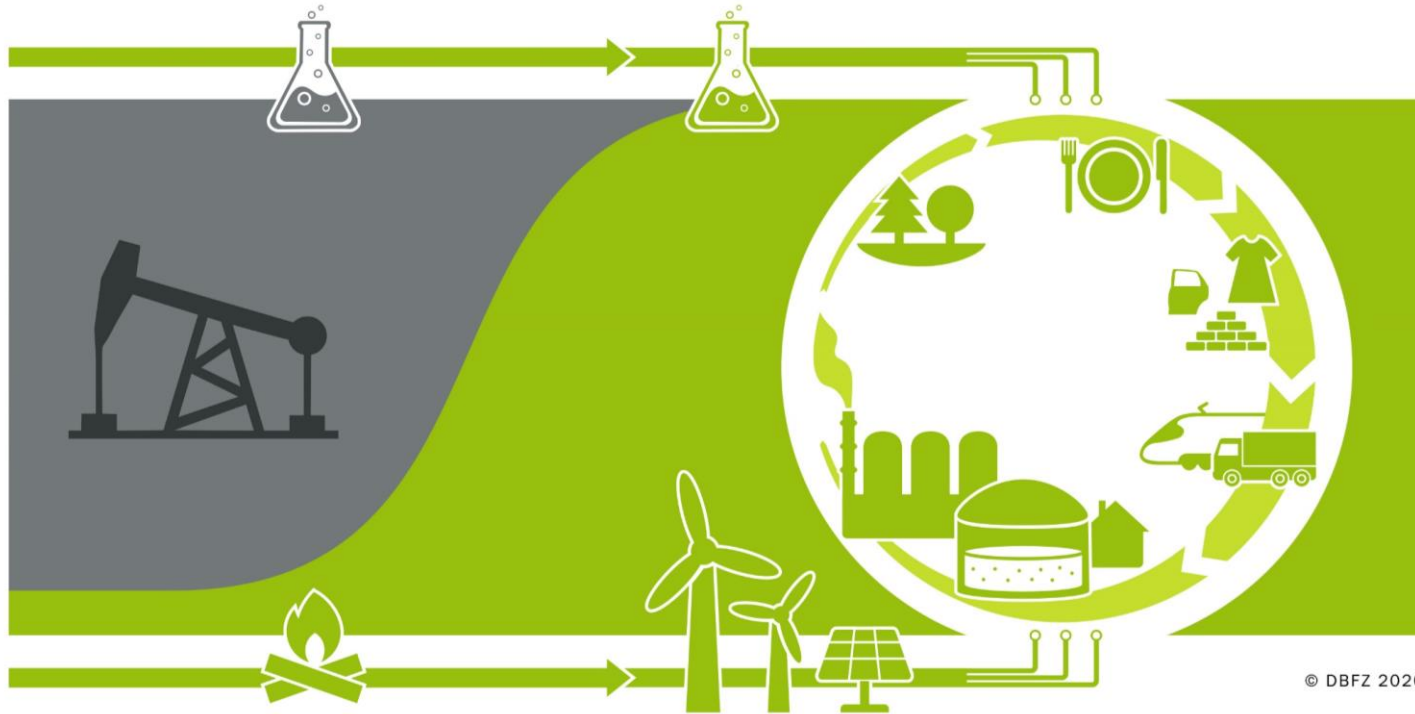
2) Universität Rostock, Lehrstuhl für Abfall- und Stoffstromwirtschaft



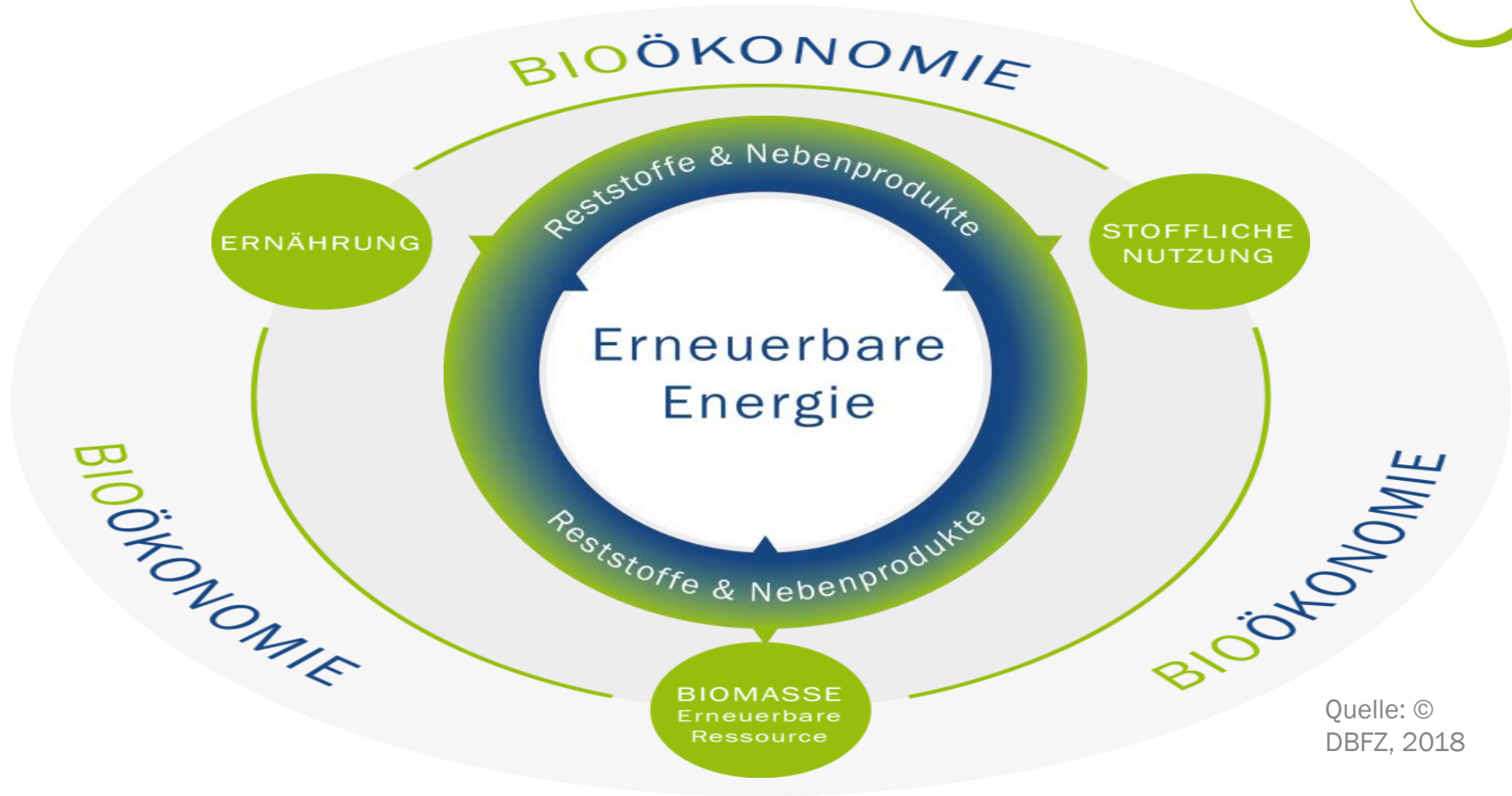
Vortrag im Rahmen der 17. Recy & DepoTech 2024 vom 13. bis 15. November 2024
an der Montanuniversität Leoben, Österreich

- **Klimaschutz – Bioökonomie - Bioenergie**
- **Stoffliche Nutzung von Biomasse in Deutschland**
- **Energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland**
- **Biogas und Biomethan**
- **Ausblick**

Klimaneutralität = Material- und Energieeinsparung + Erneuerbare Energien + (biobasierte) Kreislaufwirtschaft



Biomasse ist eine (stark) limitierte Ressource



Branchen und Produkte der Bioökonomie



Automobilbranche



Beispiele aus der Bioökonomie: Naturfaserverstärkte Karosserieteile, Biokunststoff-basierte Innenverkleidung und Autositze, Reifen aus Löwenzahn-Kautschuk

Maschinenbau



Beispiele aus der Bioökonomie: Bioreaktoren, Bioprozesstechnik, Biogasanlagen, Landtechnik und Landmaschinen, Gewächshaus-technik, Bioschmierstoffe

Energie



Beispiele aus der Bioökonomie: Holzpelletheizungen, Biogas, Biodiesel, Bioethanol, Synthesekraftstoffe, Algenkerosin, Bio-wasserstoff

Konsumgüter



Beispiele aus der Bioökonomie: Biobasierte Tenside, bioaktive Inhaltsstoffe für Kosmetik, enzymbasierte Reinigungszusätze

Bau



Beispiele aus der Bioökonomie: Holzbau, naturfaserverstärkte Verbundwerkstoffe, Dämmstoffe, Biodübel, biobasierter Beton-zusatz

Ernährungsindustrie



Beispiele aus der Bioökonomie: Enzyme, Aromen und Aminosäuren, natürliche Lebensmittel-zusätze, Probiotika, Lebensmittel aus Lupinenprotein

Land-/Forstwirtschaft



Beispiele aus der Bioökonomie: Präzisionslandwirtschaft, Pflanzen- und Tierzüchtung, Kurzumtriebsplantagen, Aquakultur, Indoor-Farming

Textilien/Bekleidung



Beispiele aus der Bioökonomie: natürliche Rohstoffe für synthetische Fasern, Hightech-Fasern aus Spinnenseideprotein, pflanzliche Gerbstoffe, veganer Leder-Ersatz

Chemie



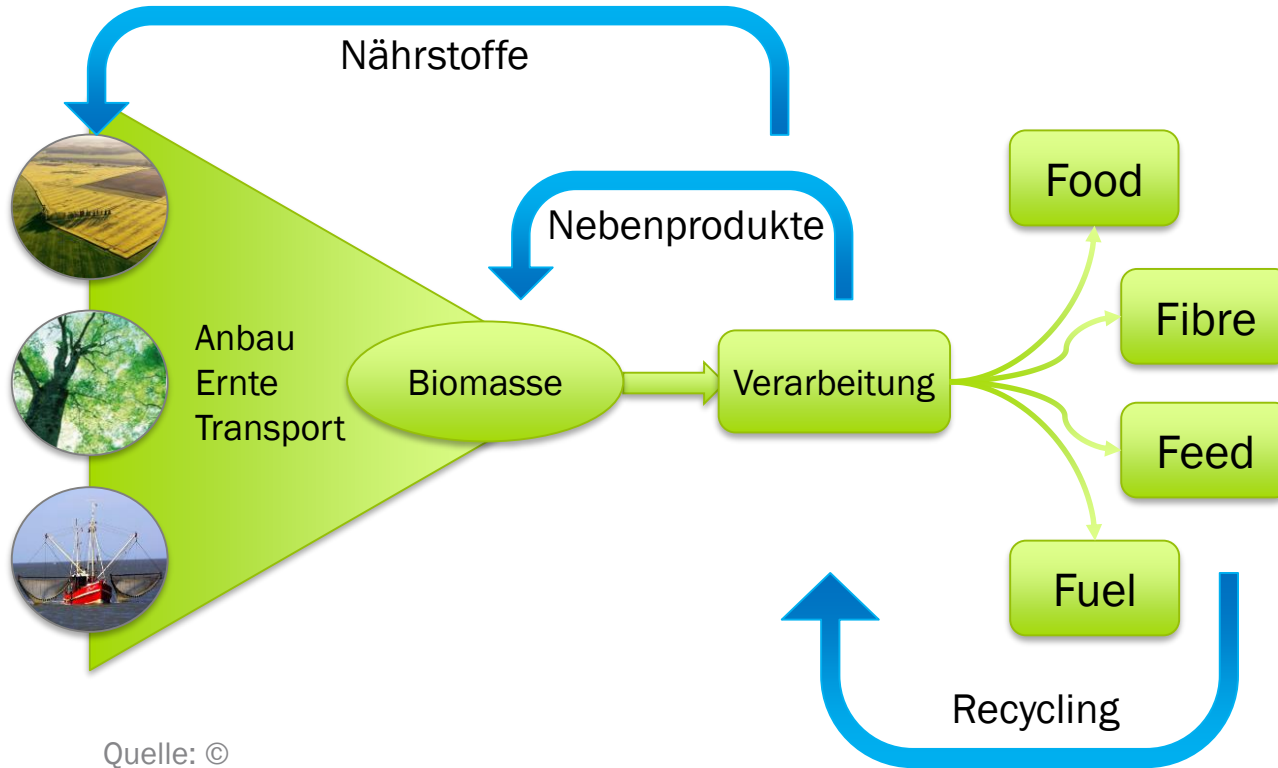
Beispiele aus der Bioökonomie: Biokunststoffe, biobasierte Plattformchemikalien

Pharma



Beispiele aus der Bioökonomie: Biopharmazeutika, Arzneipflanzen

Die biobasierte Kreislaufwirtschaft – Abfall- und Reststoffverwertung als zentrale Aufgabe!





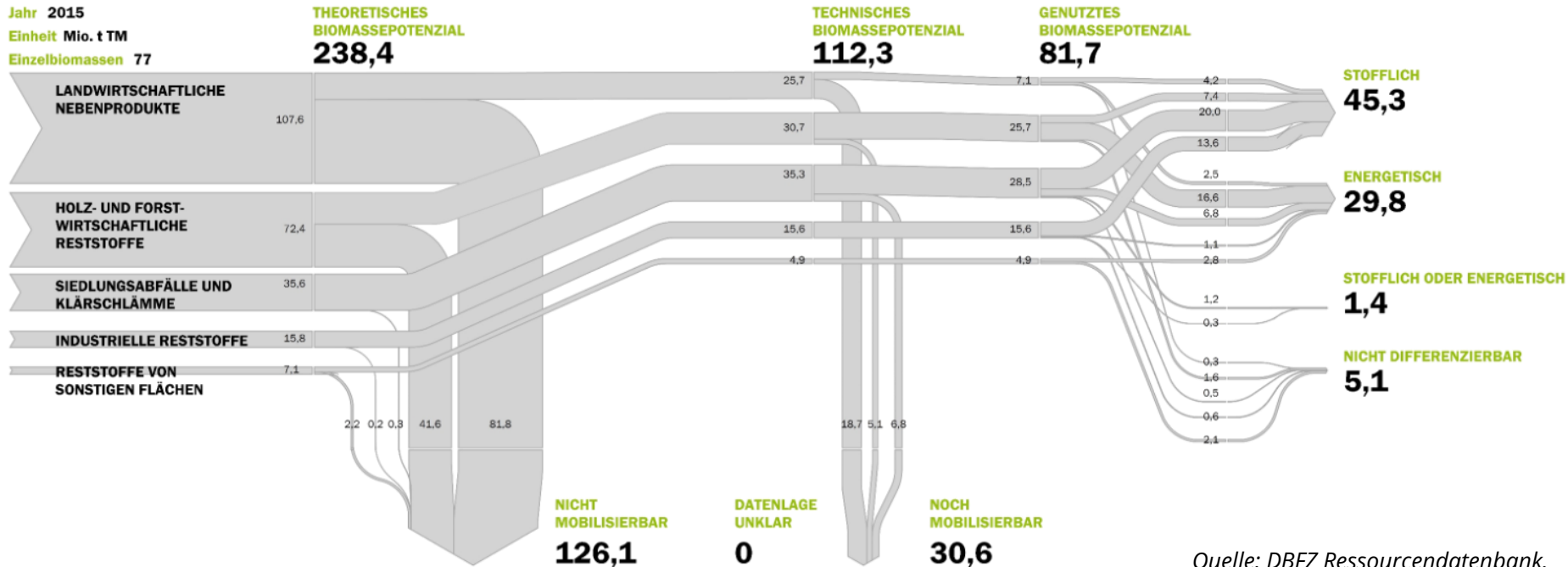
- 1/3 der weltweit produzierten Lebensmittel fallen vor/nach der Nutzung als Bioabfälle an
 - Bioabfälle sind für 8 -10 % der global Treibhausgasemissionen verantwortlich
 - Derzeit fallen nach der Lebensmittelverwendung etwa 88 Mio. t Bioabfälle in der EU an:
 - 174 kg pro Einwohner
 - rund 170 Mio. t CO₂
- (Quelle: eufic 2021)

MITTELWERTE

Jahr 2015

Einheit Mio. t TM

Einzelbiomassen 77

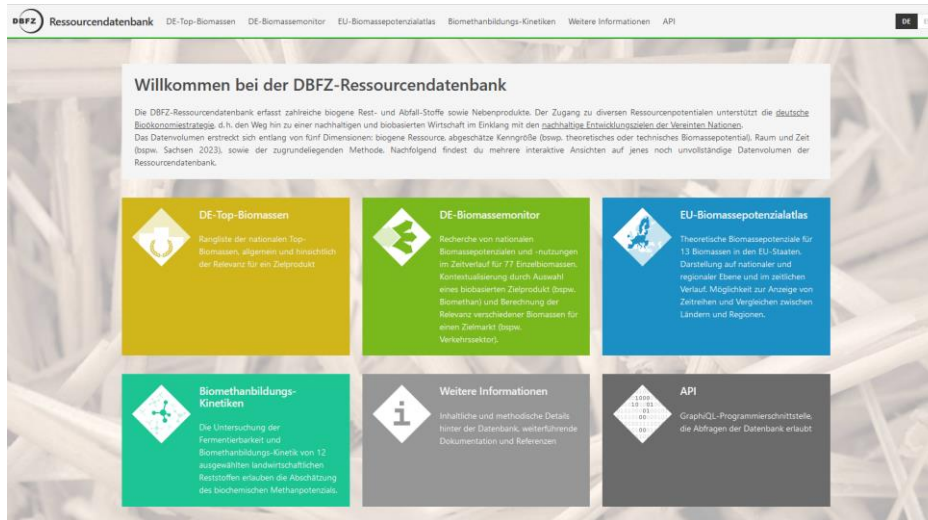


Quelle: DBFZ Ressourcendatenbank,

<http://webapp.dbfz.de>

Online Zugang: <https://datalab.dbfz.de/resdb>

- Interaktives Informationsangebot für Forschende, Politik und Unternehmen
- Detaillierte Informationen zu Biomassepotenzialen und deren aktuelle Nutzung



The screenshot shows the homepage of the DBFZ Ressourcendatenbank. At the top, there is a navigation bar with the following links: Ressourcendatenbank, DE-Top-Biomassen, DE-Biomassemonitor, EU-Biomassepotenzialatlas, Biomethanbildungs-Kinetiken, Weitere Informationen, and API. Below the navigation bar is a welcome message: "Willkommen bei der DBFZ-Ressourcendatenbank". The main content area features six colored boxes, each representing a different data category:

- DE-Top-Biomassen** (Yellow): Rangliste der nationalen Top-Biomassen, allgemein und hinsichtlich der Relevanz für ein Zielprodukt.
- DE-Biomassemonitor** (Green): Recherche von nationalen Biomassepotenzialen und -nutzungen im Zeitverlauf für 77 Einzelbiomassen. Kontextualisierung durch Auswahl eines biobasierten Zielprodukts (Bspw. Biomethan) und Berechnung der Relevanz verschiedener Biomassen für einen Zielmarkt (Bspw. Verkehrssektor).
- EU-Biomassepotenzialatlas** (Blue): Theoretische Biomassepotenziale für 13 Biomassen in den EU-Staaten, Darstellung auf nationaler und regionaler Ebene und im zeitlichen Verlauf. Möglichkeiten zur Anzeige von Zeitreihen und Vergleichen zwischen Ländern und Regionen.
- Biomethanbildungs-Kinetiken** (Teal): Die Untersuchung der Fermentierbarkeit und Biomethanbildungs-Kinetik von 12 ausgewählten landwirtschaftlichen Reststoffen erlaubt die Abschätzung des biochemischen Methanpotenzials.
- Weitere Informationen** (Grey): Inhaltliche und methodische Details hinter der Datenbank, weiterführende Dokumentation und Referenzen.
- API** (Dark Grey): GraphQL-Programmierschnittstelle, die Abfragen der Datenbank erlaubt.

- 2019: Start eines projektübergreifenden Rohstoffmonitoringsystems
- 2023: Neuauflage mit Verbesserungen und Zeitreihen
- 2024 (in Arbeit): Integration von Zeitreihen für:
 - Industrielle Reststoffe
 - Holz- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte
 - Nutzung von tierischen Exkrementen

DBFZ Ressourcendatenbank



Aktuelle Kennzahlen

77 Biogene Reststoffe,
Nebenprodukte, Abfälle

10 Schlüsselinformationen

z.B. Theoretisches, technisches Potenzial,
Nutzung usw.

5 Sektoren

Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Siedlungsabfall und
Klärschlamm, Industrielle Reststoffe,
Reststoffe von sonstigen Flächen

NEU

Automatisierte Berechnungen, z.T. neue Berechnungsmethodik, z.T. neue Datengrundlage

Hinweis: 10J Für ausgewählte
Biomassen Datenlage recht dünn



10 Jahre
Zeitreihen 2010-2020

NEU

7 Kraftstoffoptionen
z.B. Biomethan, LNG, CNG

3 Zielmärkte
Verkehrssektor, Industrie,
Haushalt und Gewerbe

+2

Regionale Biomassepotenziale

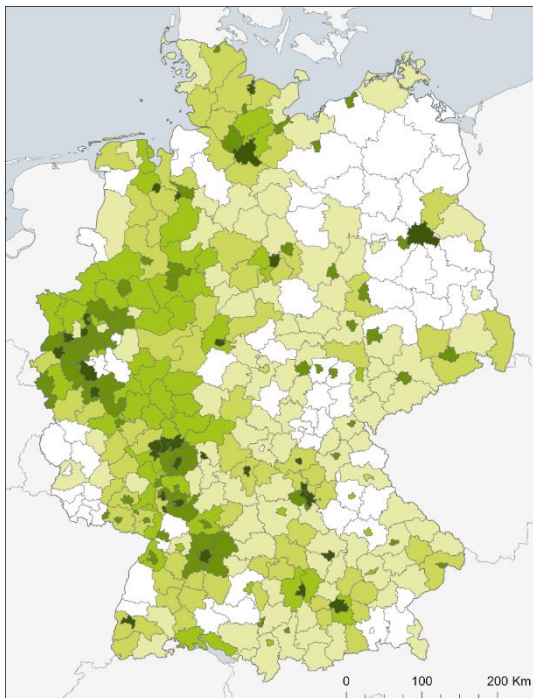
Flächennormierte Darstellung

Im Auftrag des:



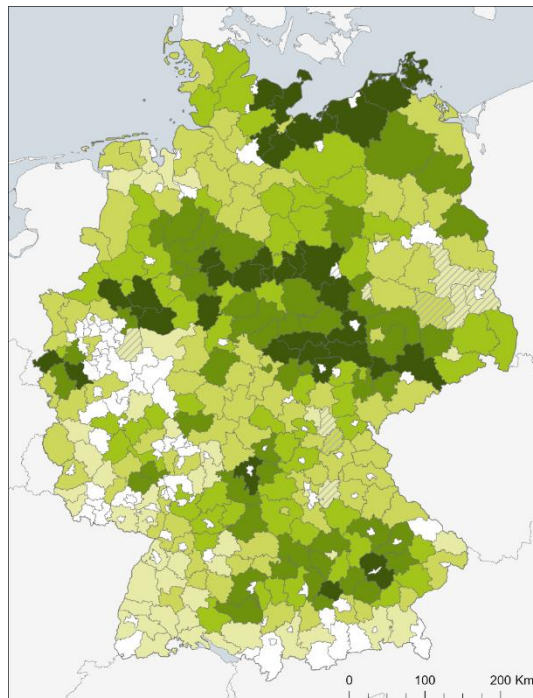
Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

PILOT
SBG



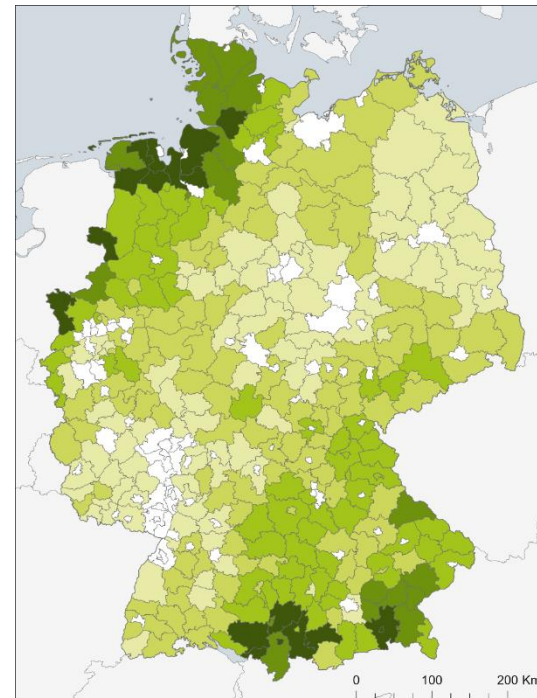
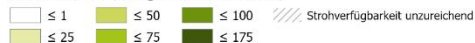
Technisches Potenzial Bioabfall

2020, in t/km² (bezogen auf Frischmasse)



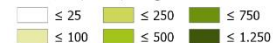
Technisches Abfuhrpotenzial Getreidestroh

2020, in t/km² (bezogen auf Frischmasse)



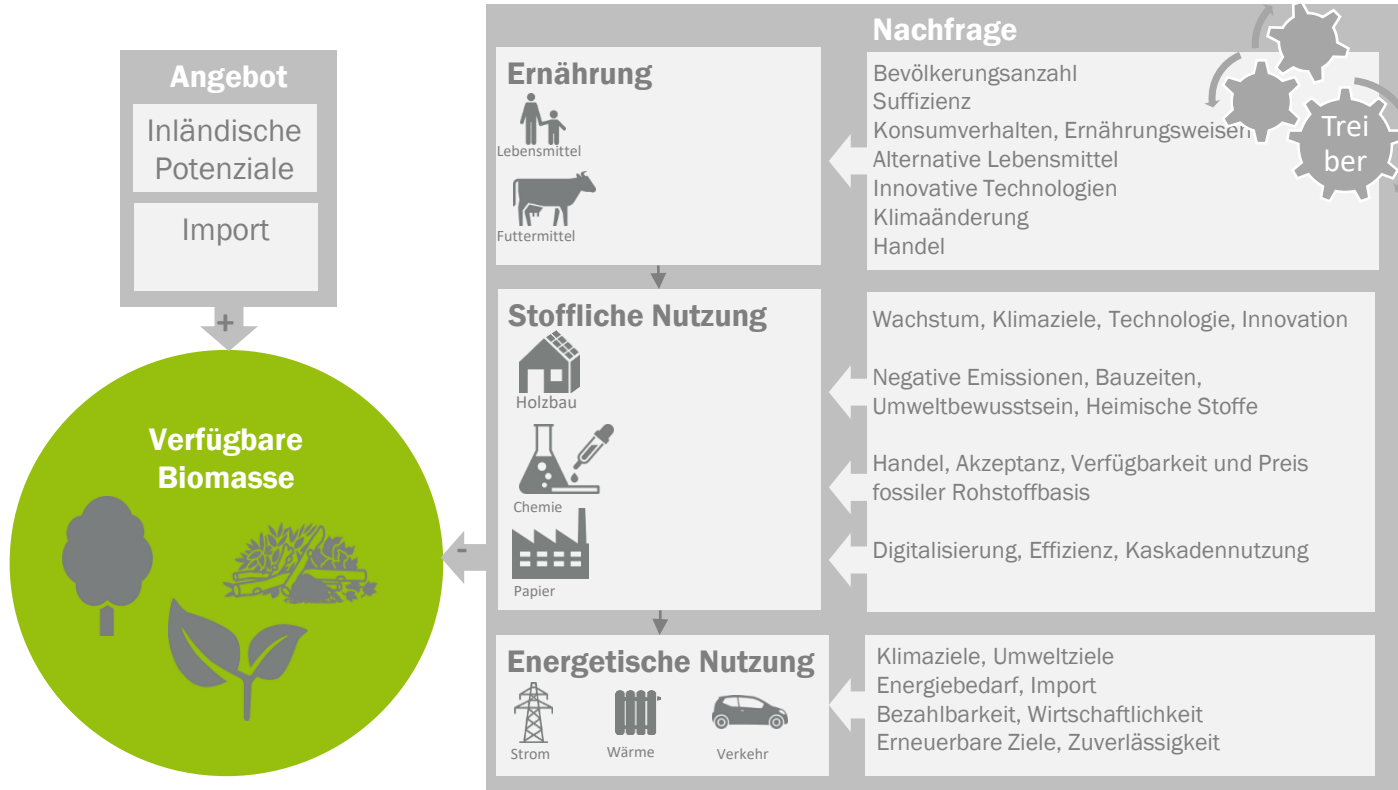
Technisches Potenzial Rindergülle

2020, in t/km² (bezogen auf Frischmasse)



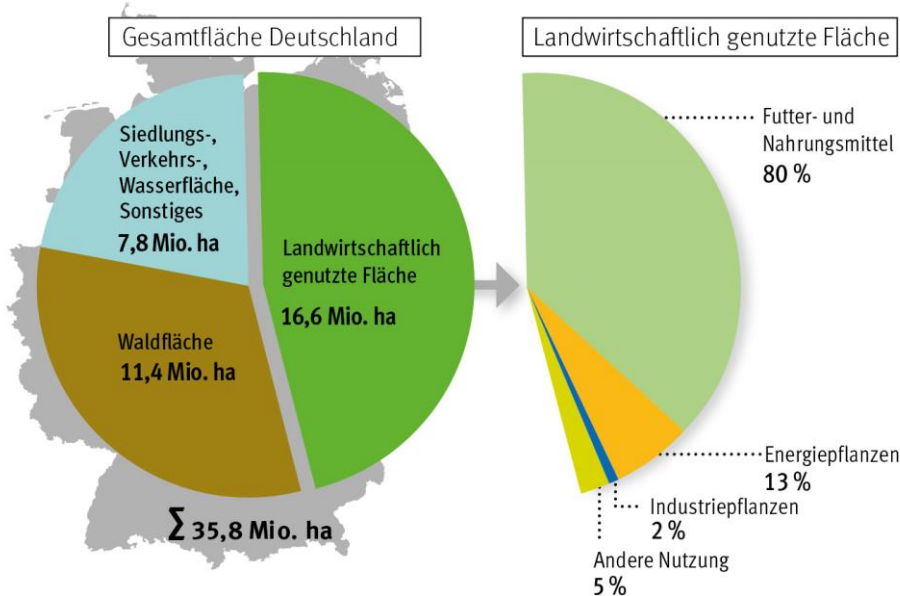
Stoffliche Nutzung von Biomasse in Deutschland

Treiber der Biomassenutzungen



Flächennutzung in Deutschland

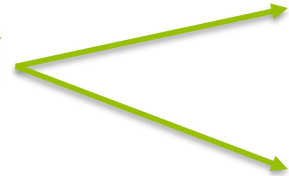
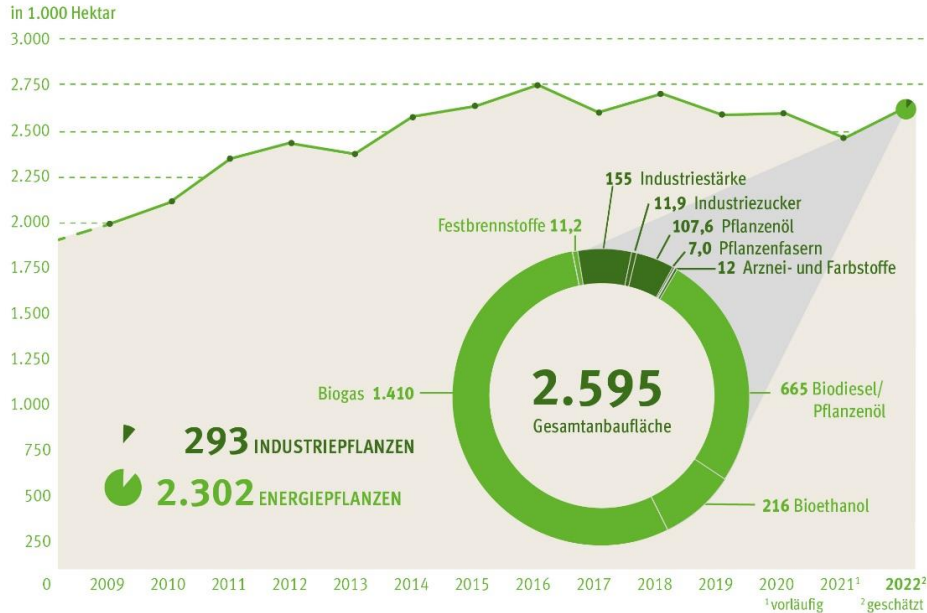
Flächennutzung in Deutschland



Quelle: FNR, BMEL, Statistisches Bundesamt
© FNR 2023

- **Zunehmender Flächendruck** und **leichter Rückgang** landwirtschaftlicher Nutzflächen, zudem mehr Flächenbedarf für z.B. Siedlungsflächen & Ökolandbau
- Große **Unsicherheiten** für Angebot von **Forstbiomasse** aufgrund von Waldschäden und regulatorischen Vorgaben (Naturschutz/Biodiversität und LULUCF)
- **Wetterextreme** stellen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor für Biomasseverfügbarkeiten dar

Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



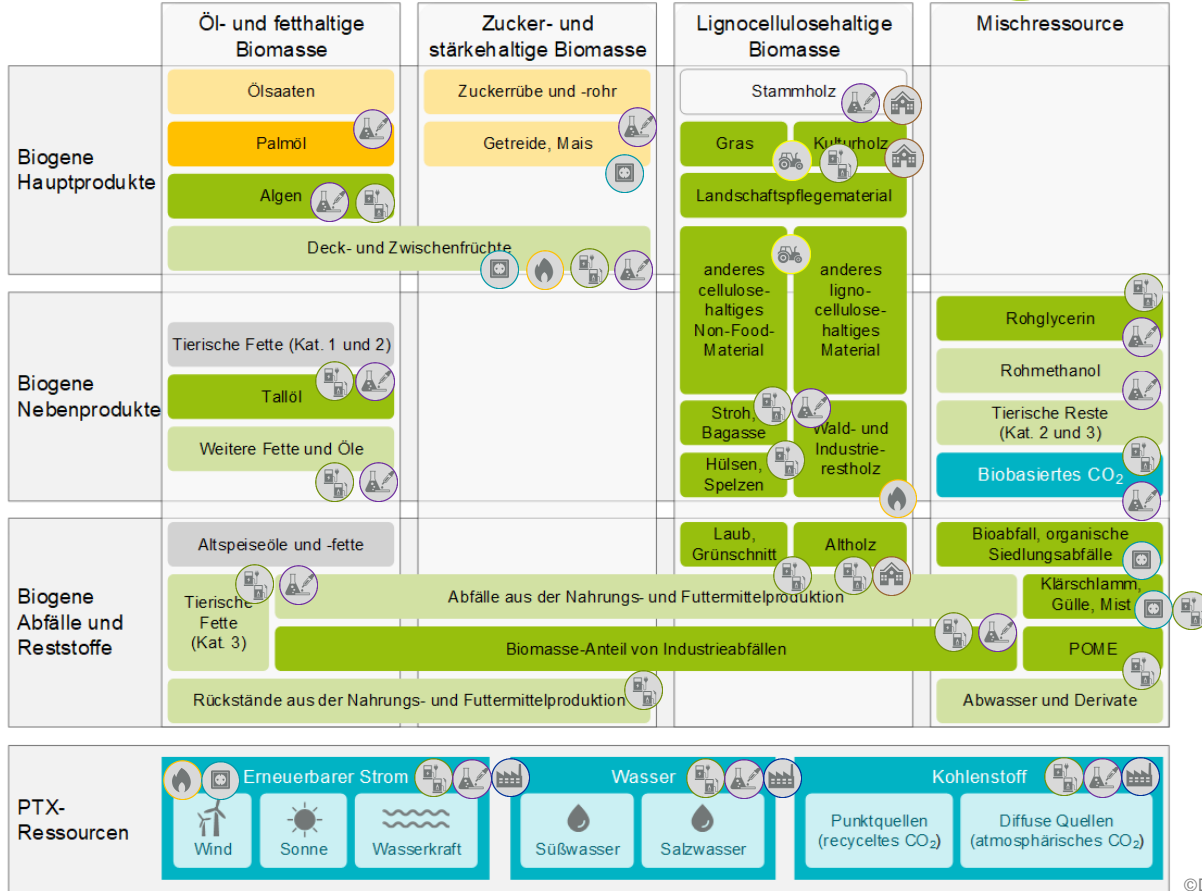
Politische
Rahmenbedingungen?
Markt?

89%
Energetische Nutzung

11 %
Stoffliche Nutzung

- Landwirtschaftlich genutzte Fläche 2021: ~ 16,6 Mio. ha,
- davon 80 % Nahrung-/Futtermittel und 15 % NawaRos

Zunehmende Ressourcennachfrage



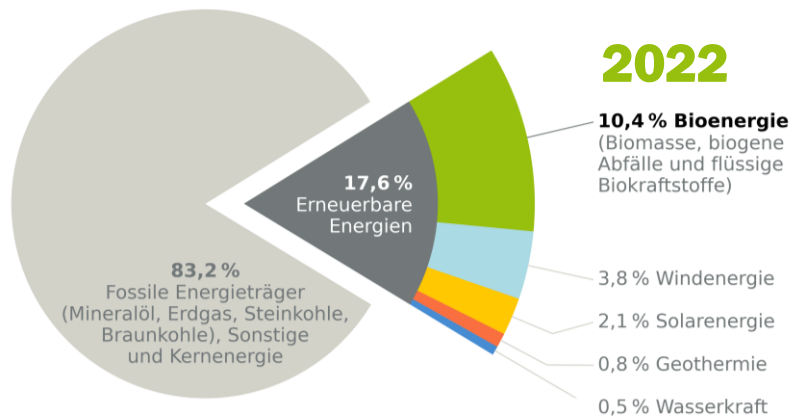
Bis 2030 in DE in allen Bereichen zunehmende Nachfrage nach erneuerbaren Ressourcen bei bereits hohem Nutzungsgrad; Beispiele

- Wärme
- Strom
- Verkehr
- Chemie
- Bau
- Industrie (z.B. Stahl, Zement)
- Landwirtschaft (z.B. Torfersatz)

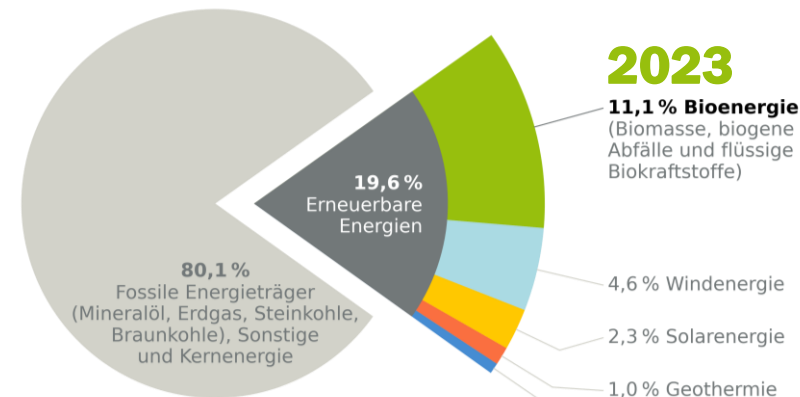
Energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland

Biomasse im nationalen Energiesystem

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2023: 10.791 PJ



–0,8% Stromaustauschsaldo nicht dargestellt
 Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. "Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2022" Stand 2023-01-03
 CC BY-NC-ND 4.0 DBFZ 2024



0,3 Stromaustauschsaldo nicht dargestellt
 Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. "Energieverbrauch in Deutschland - Daten für das 1. – 4. Quartal 2023" Stand 2023-02-08
 CC BY-NC-ND 4.0 DBFZ 2024

Energie in PJ / Jahr	2017	...	2022	2023
Primärenergieverbrauch	13 516		11 750	10 791
Bioenergie	1 114		1 217	1 196
Davon: Biogene Abfälle	140		131	124
Stromaustauschsaldo	-189		-98	33

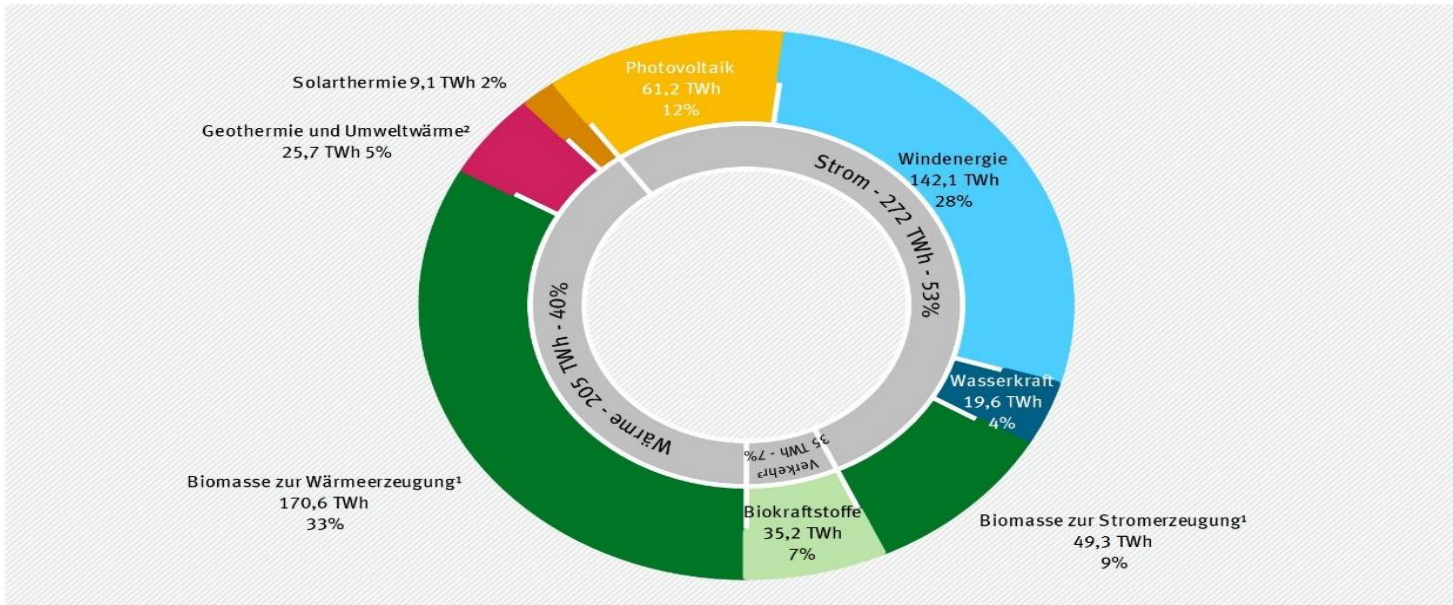
AGEB Fazit:

Der Energieverbrauch in Deutschland ist 2023 auf ein historisches Tief gefallen.

Endenergieverbrauch (EEV) aus Erneuerbaren Energien (EE) im Jahr 2023 (513 TWh)

Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern (2023)

Gesamtenergiebereitstellung: 513 Terawattstunden [TWh]



¹ mit biogenem Anteil des Abfalls

² Stromerzeugung aus Geothermie etwa 0,2 TWh (nicht separat dargestellt)

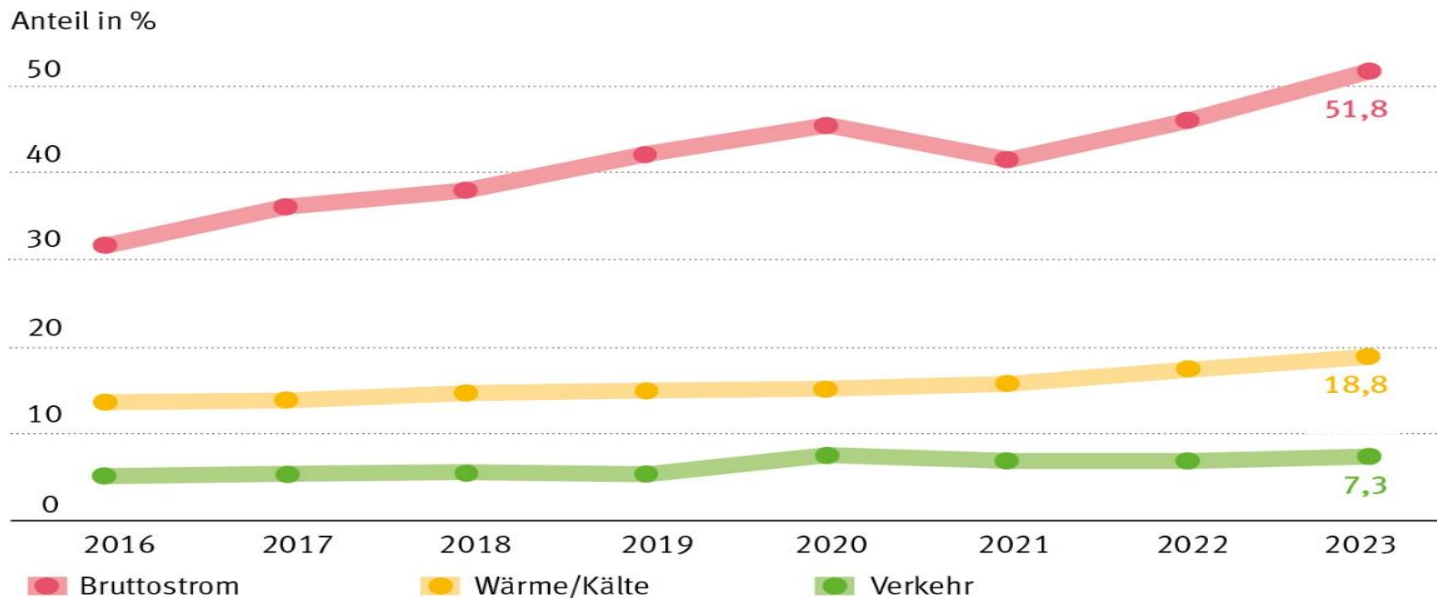
³ Verbrauch von EE-Strom im Verkehr etwa 4,9 TWh

Abweichungen bedingt durch Rundungen

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2024

Entwicklung der EE-Anteile am Endenergieverbrauch (EEV) in Deutschland 2016 – 2023

Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

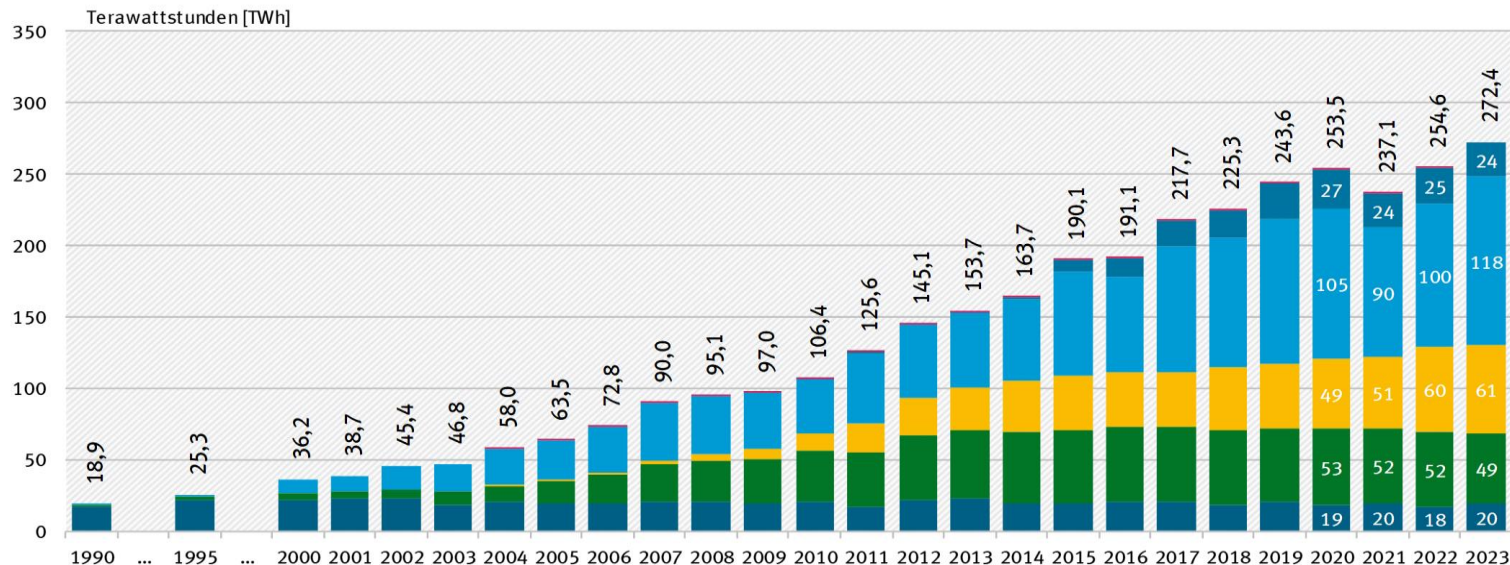


Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2024)
© FNR 2024

Bruttostromerzeugung aus EE von 1990 - 2023

Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

Entwicklung von 1990 bis 2023



■ Wasserkraft
 ■ Biomasse¹
 ■ Photovoltaik
 ■ Windenergie an Land
 ■ Windenergie auf See
 ■ Geothermie

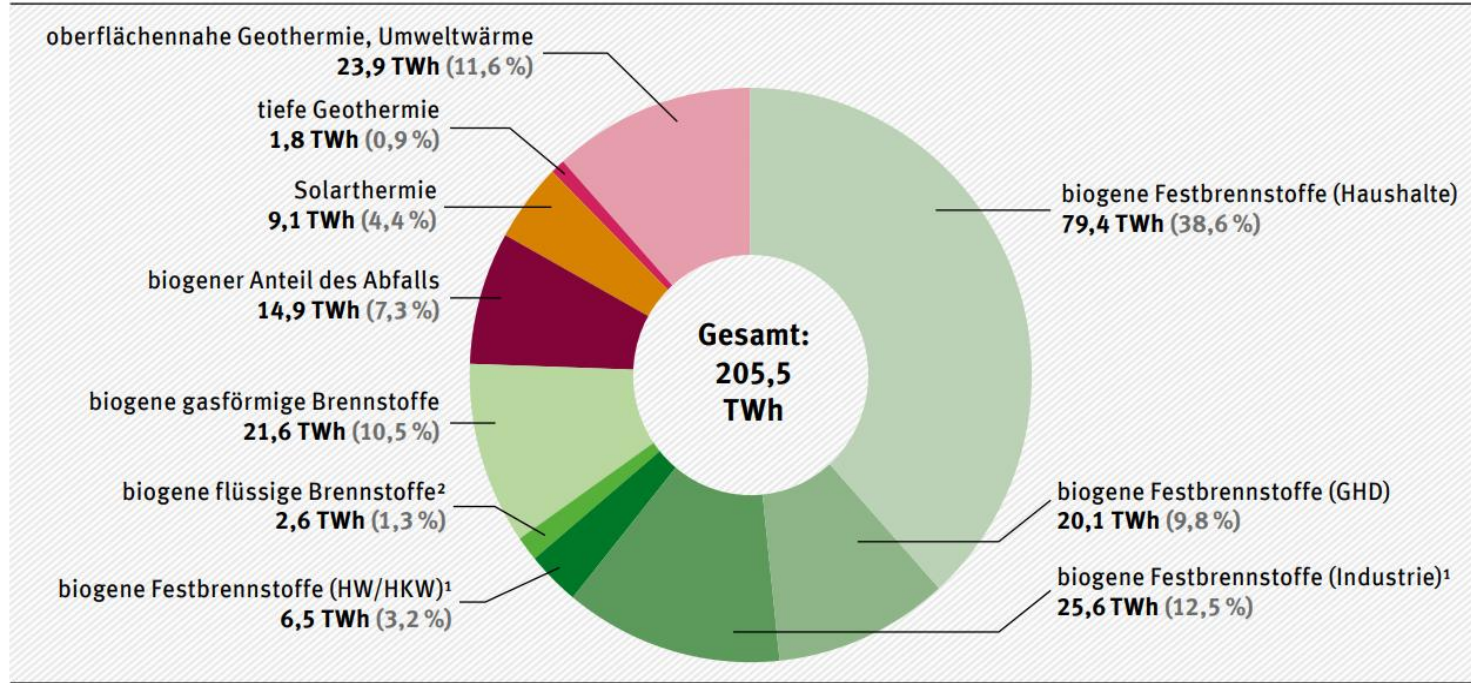
¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und dem biogenen Anteil des Abfalls

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2024

EEV für Wärme aus EE in Deutschland 2023

Endenergieverbrauch für Wärme aus erneuerbaren Energien im Jahr 2023

Werte in Terawattstunden (TWh), Anteile in Prozent in Klammern

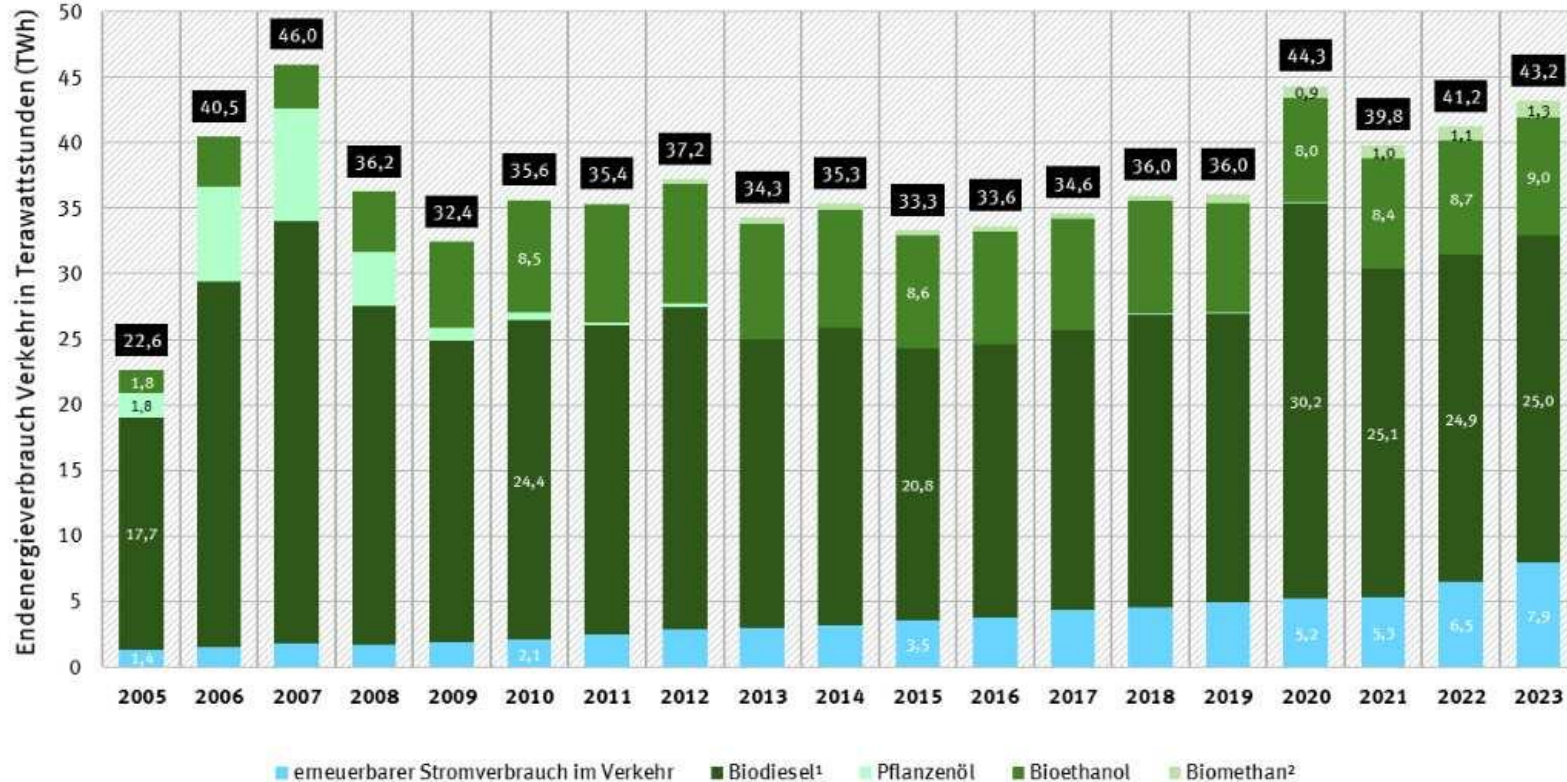


¹ inkl. Klärschlamm

² inkl. Biokraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft, im Baugewerbe und beim Militär
(HW/HWK = Heizwerke/Heizkraftwerke, GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)

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

EEV aus EE im Verkehrssektor 2023 in D (43,2 TWh)



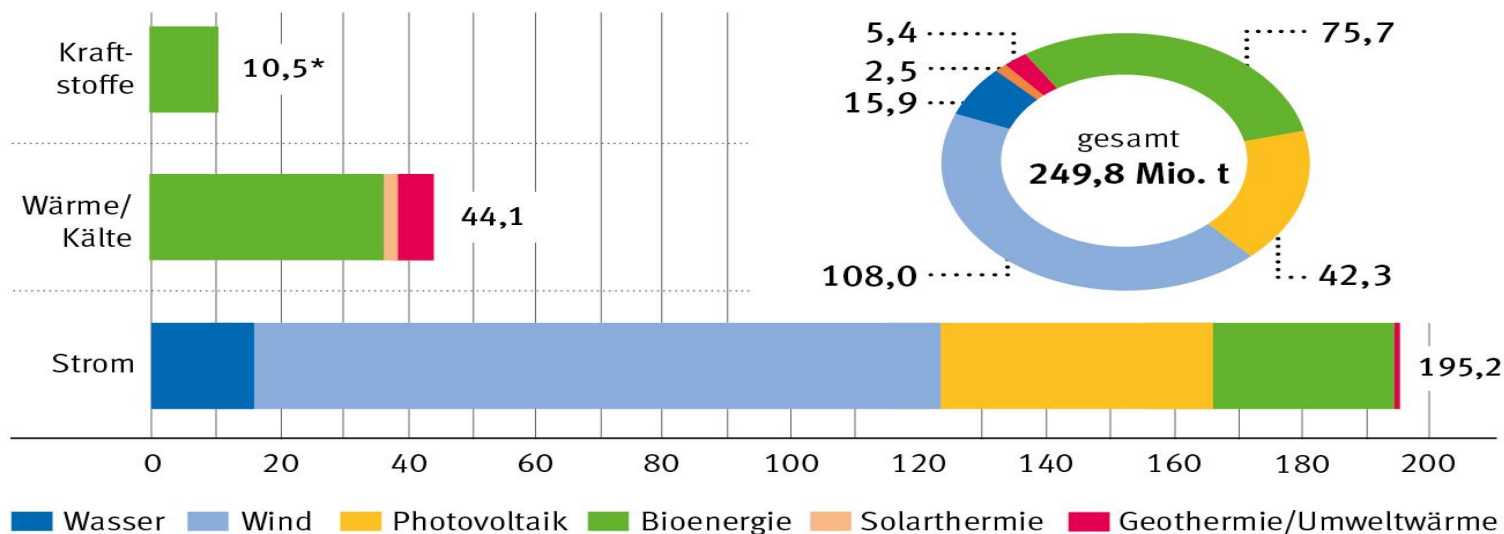
¹ Verbrauch von Biodiesel (inklusive HVO) im Verkehrssektor (ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär)

² auf Heizwertbasis, ab 2023 inkl. Bio-LNG

Vermiedene THG-Emissionen durch EE 2023

Reduktion von Treibhausgas-Emissionen durch erneuerbare Energien 2023

THG-Minderung (in Mio. t CO₂-Äq.)



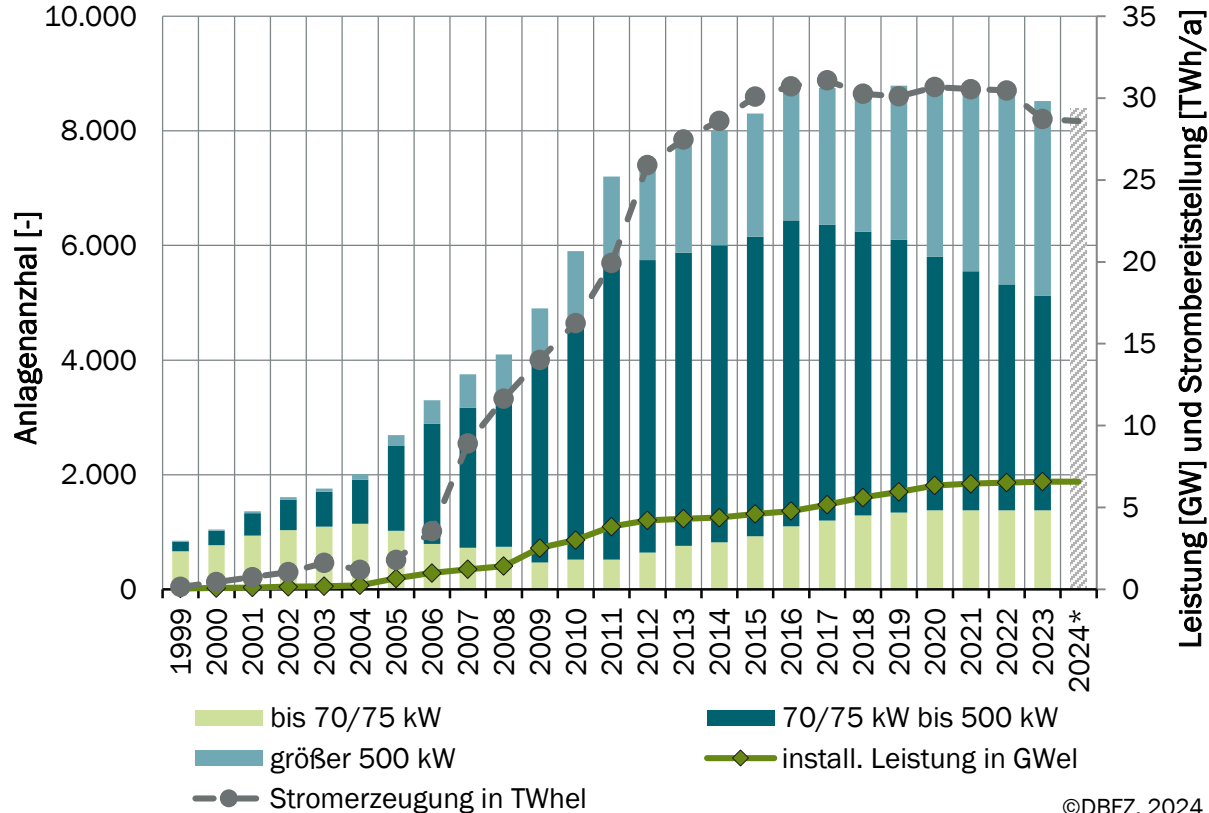
THG: Treibhausgase

* ohne Landwirtschaft, Bauwesen und Militär

Biogas und Biomethan in Deutschland

Entwicklung der Biogasanlagen

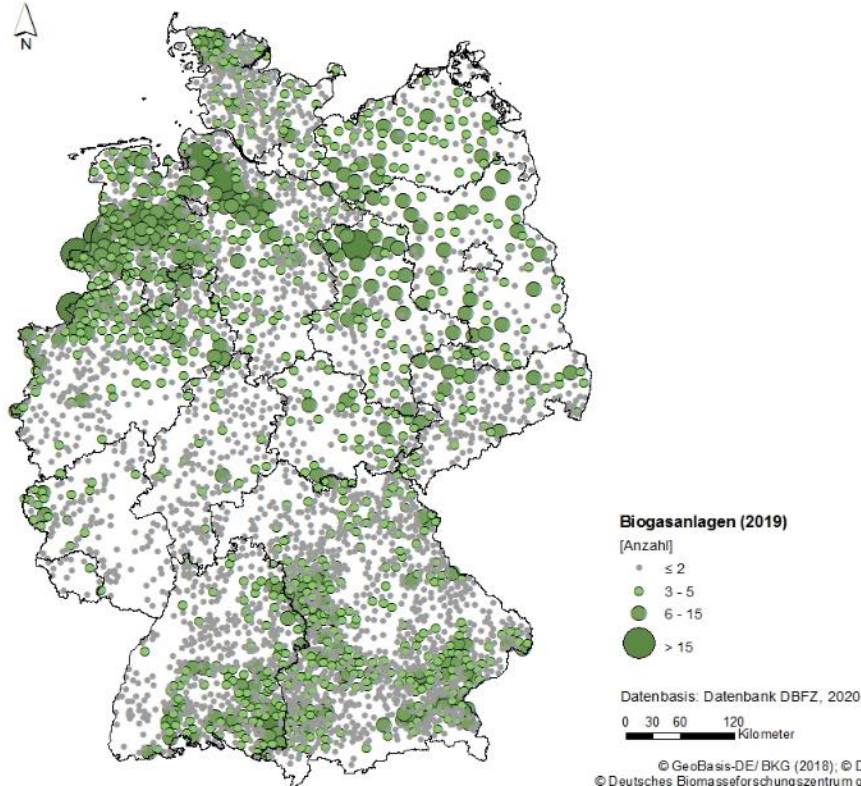
Leistungsklassenverteilung, installierte Leistung in GW und Brutto-Stromerzeugung in TWh_{el}



- Ende 2023: ~ 8.650 Anlagen zur Biogasproduktion in Betrieb (ohne Biomethan)
- Seit 2012 kein signifikanter Zubau
- überwiegend Leistungserweiterungen bestehender Anlagen
- Neubau beschränkt sich auf Güllekleinstanlagen (< 75 kW_{el}) und wenige Anlagen zur Bioabfallvergärung

Quelle: Entwicklung Biogasproduktionsstandorte (Vor-Ort-Verstromung) differenziert nach Größenklassen, Bruttostromerzeugung und gesamt installierte Anlagenleistung Biogas, Leistungsklasse 70/75kW bis 2012 Anlagen ≤ 70 kW, ab 2012 Zubau Güllekleinstanlagen in Kategorie ≤ 75kW enthalten. Datengrundlage: Datenbank DBFZ, AGEE-Stat 2024c *Prognose DBFZ 2024, ©DBFZ 2024.

Biogasanlagen Bestand in Deutschland

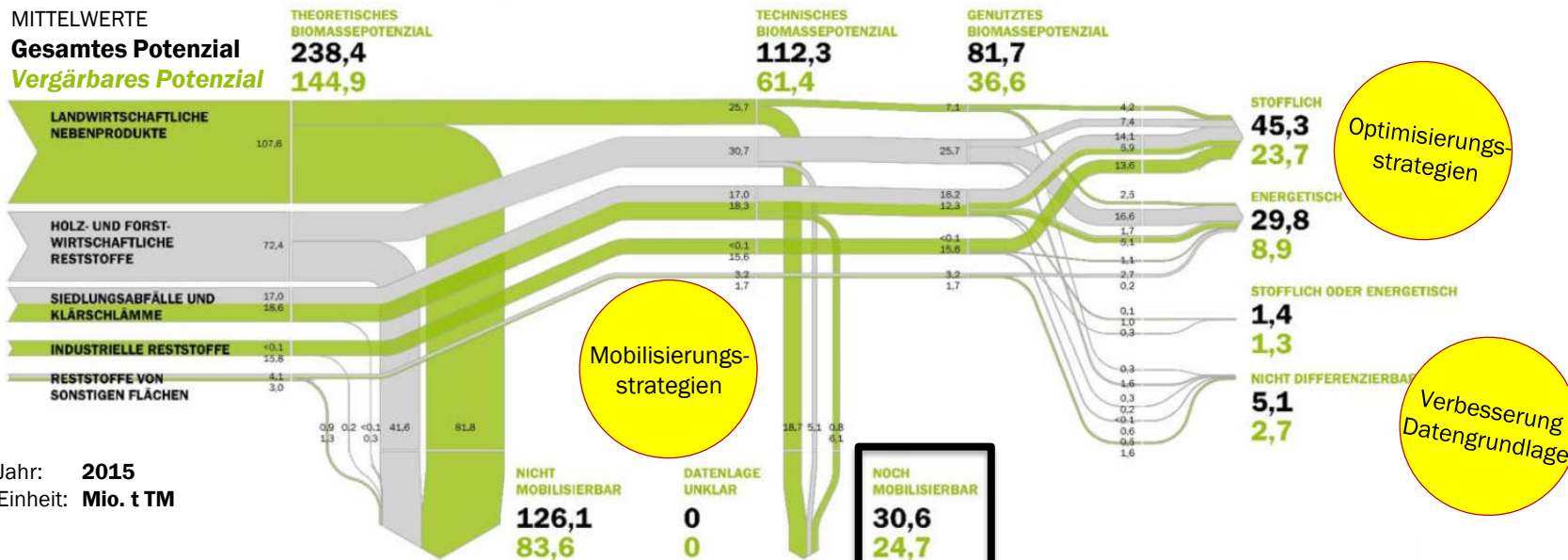


~ 8.900 Biogasproduktionsanlagen
(Stand 12/2023), davon:

- rd. 8.650 Biogasanlagen
(Vor-Ort-Verstromung)
- rd. 250 Anlagen zur
Aufbereitung zu Biomethan
- Regionale Schwerpunkte in
Nordwest- & Süddeutschland

Biogene Reststoffe, Nebenprodukte & Abfälle

Vergärbare Biomassepotenzial



Jahr: **2015**
 Einheit: **Mio. t TM**

Mobilisierungsstrategien

Optimierungsstrategien

Verbesserung Datengrundlage

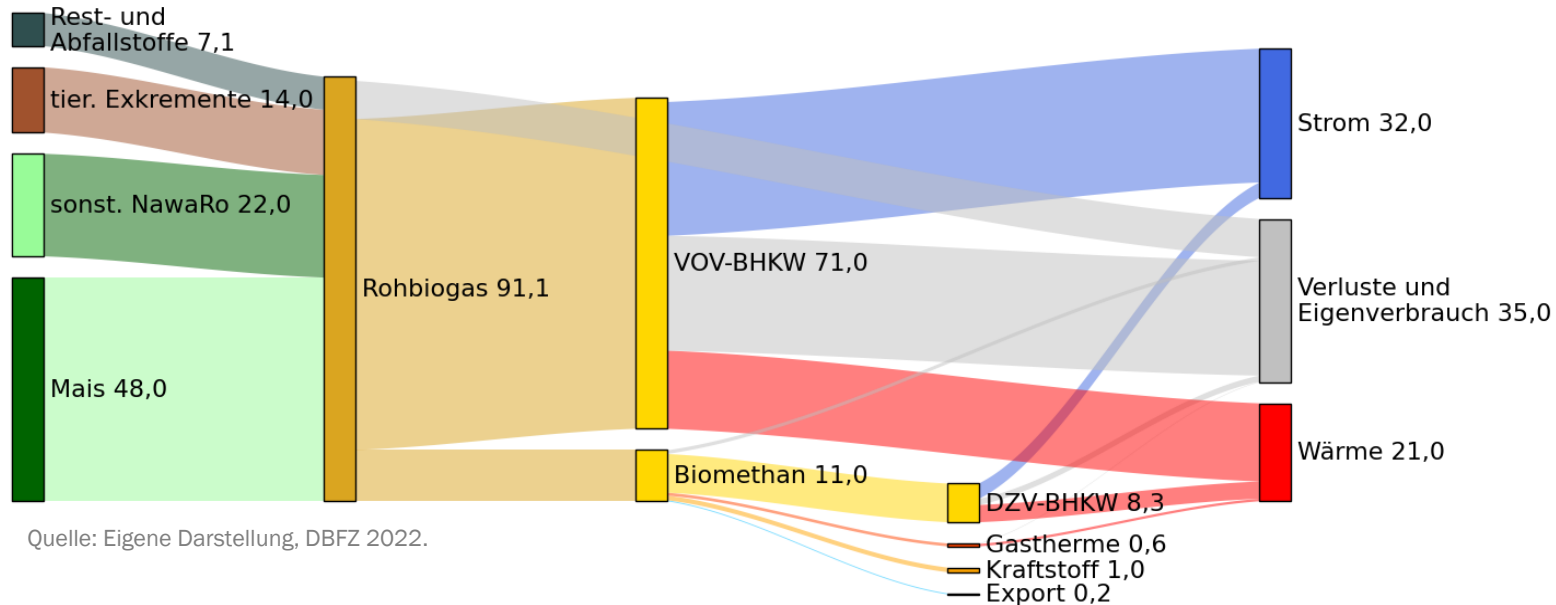
<http://webapp.dbfz.de>

Quellen: Brosowski et al. (2019), DOI 10.1016/j.biombioe.2019.105275;
 Brosowski et al. (2019), <https://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22019215.pdf>

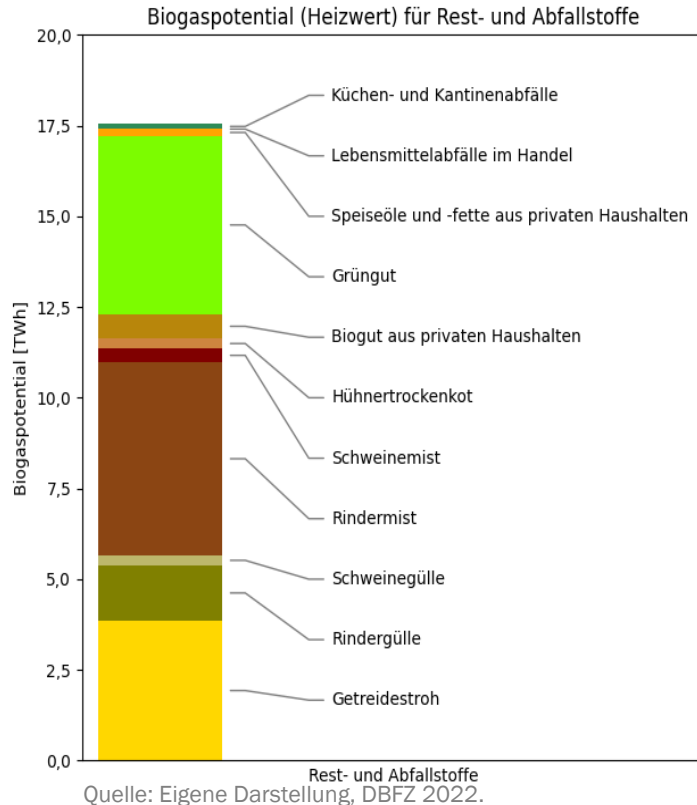
Zielprodukt „Biomethan“
 Relevanz im Verkehrssektor
108 - 236 PJ $\hat{=}$ 4,1 - 9,0 %

Gesamtbild der Energiebereitstellung aus Biogas & Biomethan

Energiebilanzen der Biogaserzeugung und Nutzung (Hochrechnung, Werte gerundet, Bezugsjahr 2020) [TWh]



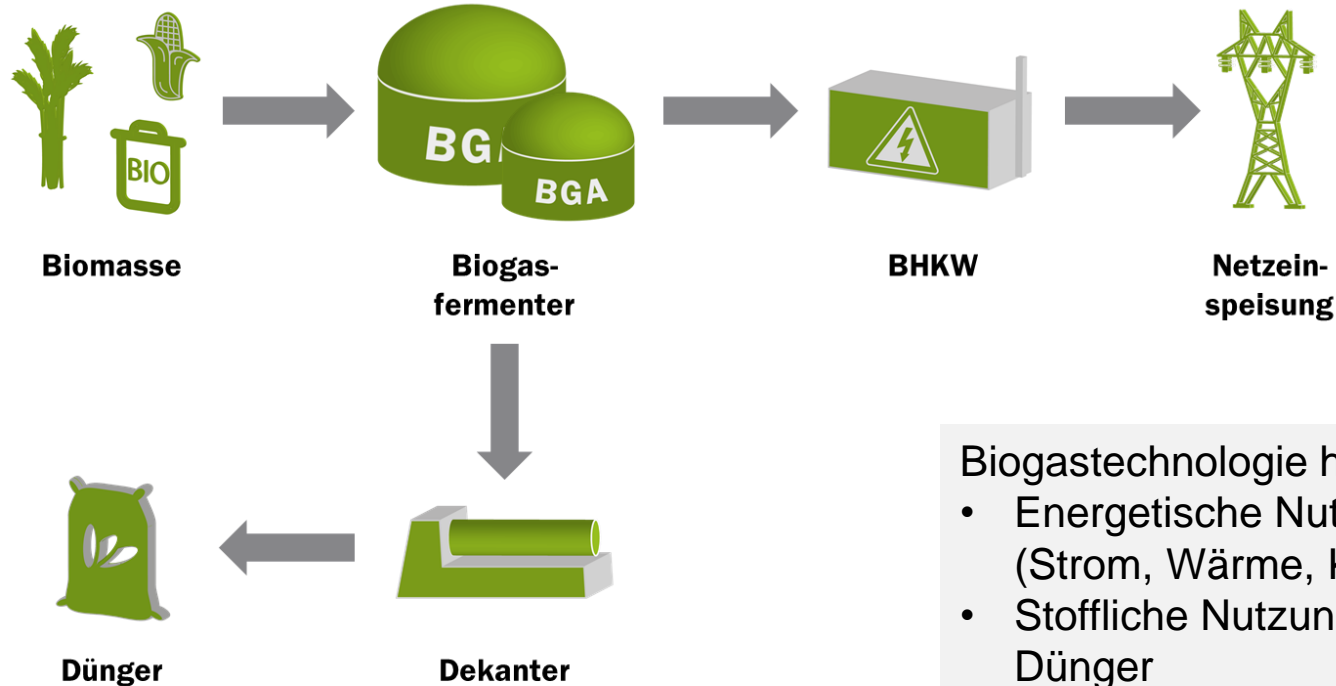
Mobilisierbare Biogaspotentiale für vergärbare Reststoffe



Annahmen:

- Median der mobilisierbaren Rest- und Abfallstoffe aus dem DBFZ-Monitoring
- Individuelle Mobilisierungsquoten unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Verteilung
- Abschätzung potentieller Konkurrenzen für stoffliche Nutzungspfade
- Zukünftig unverändertes Aufkommen

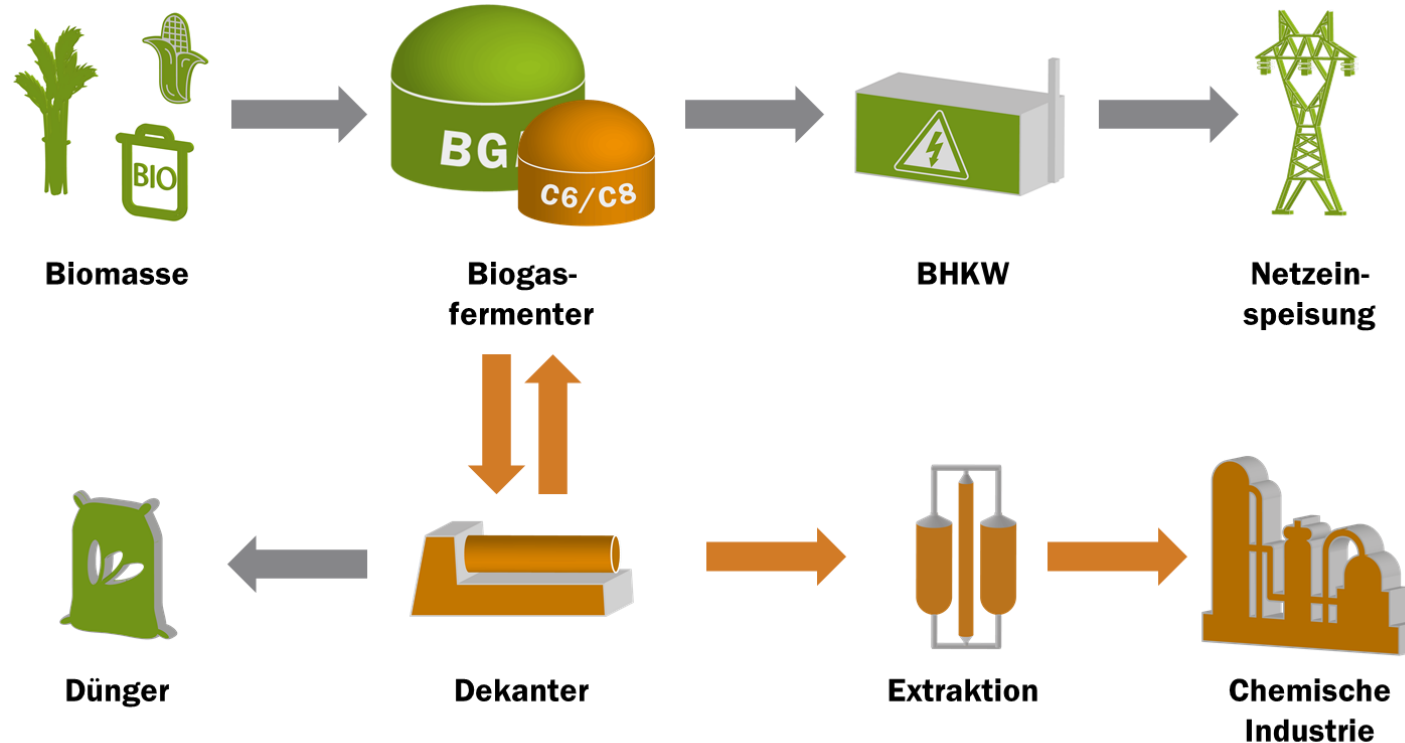
Von der Biogasanlage zur Bioraffinerie - stoffliche und energetische Nutzung



Biogastechnologie heute:

- Energetische Nutzung (Strom, Wärme, Kraftstoff)
- Stoffliche Nutzung: Dünger

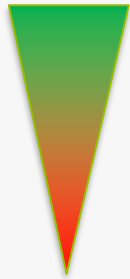
Von der Biogasanlage zur Bioraffinerie - stoffliche und energetische Nutzung



Biogas – Was war, was ist und ein Ausblick unter derzeitigen Rahmenbedingungen

Zukünftige Politische Rahmenbedingungen: NABIS

Nutzungshierarchie



1. **Ernährungssicherung (Food Feed)**
2. **Stoffliche Nutzung**
3. **Energetische Nutzung**

**Etablierung von Kreislaufwirtschaft, Mehrfachnutzung/
Kaskaden- und Koppelnutzung**

Was ist bereits zu erkennen bezüglich Einsatzstoffe?

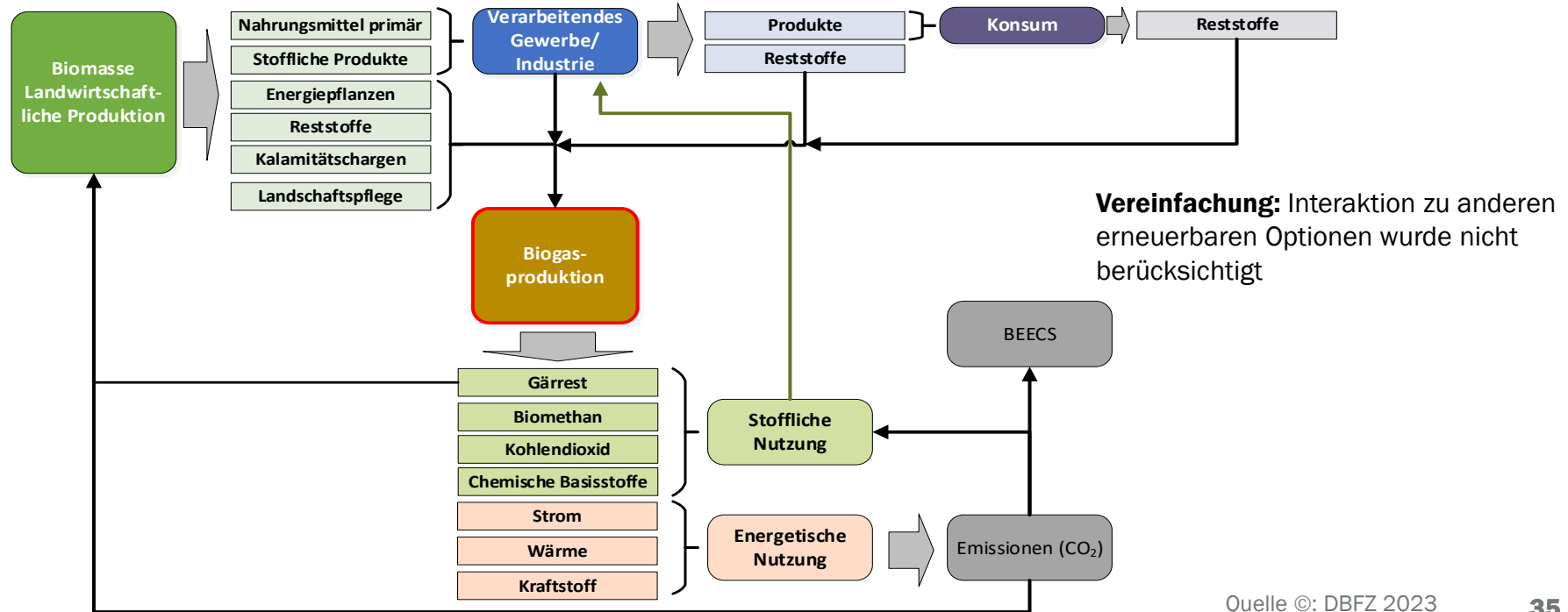
- Die energetische Nutzung von Anbaubiomasse zur Stromerzeugung in Deutschland soll nicht weiter ausgebaut und schrittweise zurückgefahren werden
- Vielmehr soll mittel- und langfristig die energetische Verwertung von Biomasse auf der Grundlage von Rest- und Abfallstoffen an Bedeutung gewinnen



Biogas als Baustein für die multifunktionale klimapositive Landwirtschaft

Leitbilder für Landwirtschaft und Biogas

Biogas als zirkuläre Polyprodukttechnologie



Wesentliche nationale und globale Herausforderungen:

- Nationale und globale **Klimaneutralität** bis spätestens 2050
- **Nachhaltige Energieversorgung**, d.h. vollständig auf Basis erneuerbarer Energien
- Aufbau einer globalen **Kreislaufwirtschaft**, inkl. **zirkulärer Bioökonomie**

In allen 3 Bereichen kann und muss die stoffliche und energetische Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen einen nachhaltigen Beitrag leisten!

Die Biogastechnologie ist hier eine zentrale Behandlungsoption:

- **> 50 %** der biogenen Abfälle und Reststoffe sind **vergärbar!**
- ermöglicht **kombinierte stofflich/energetische Koppelproduktion und Kaskadennutzung** in Wertschöpfungsketten und -netzen
- **Biogas als multifunktionaler Baustein** für eine klimaneutrale Landwirtschaft, Gewerbe sowie Industrie



Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner

Prof. Dr. mont. Michael Nelles

Dr. rer.nat.Christoph Krukenkamp

Dr. rer.nat. René Backes

Dr.agr. Peter Kornatz

Dr.-Ing. Volker Lenz

Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

Prof.Dr.rer.nat. Ingo Hartmann

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Phone: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de