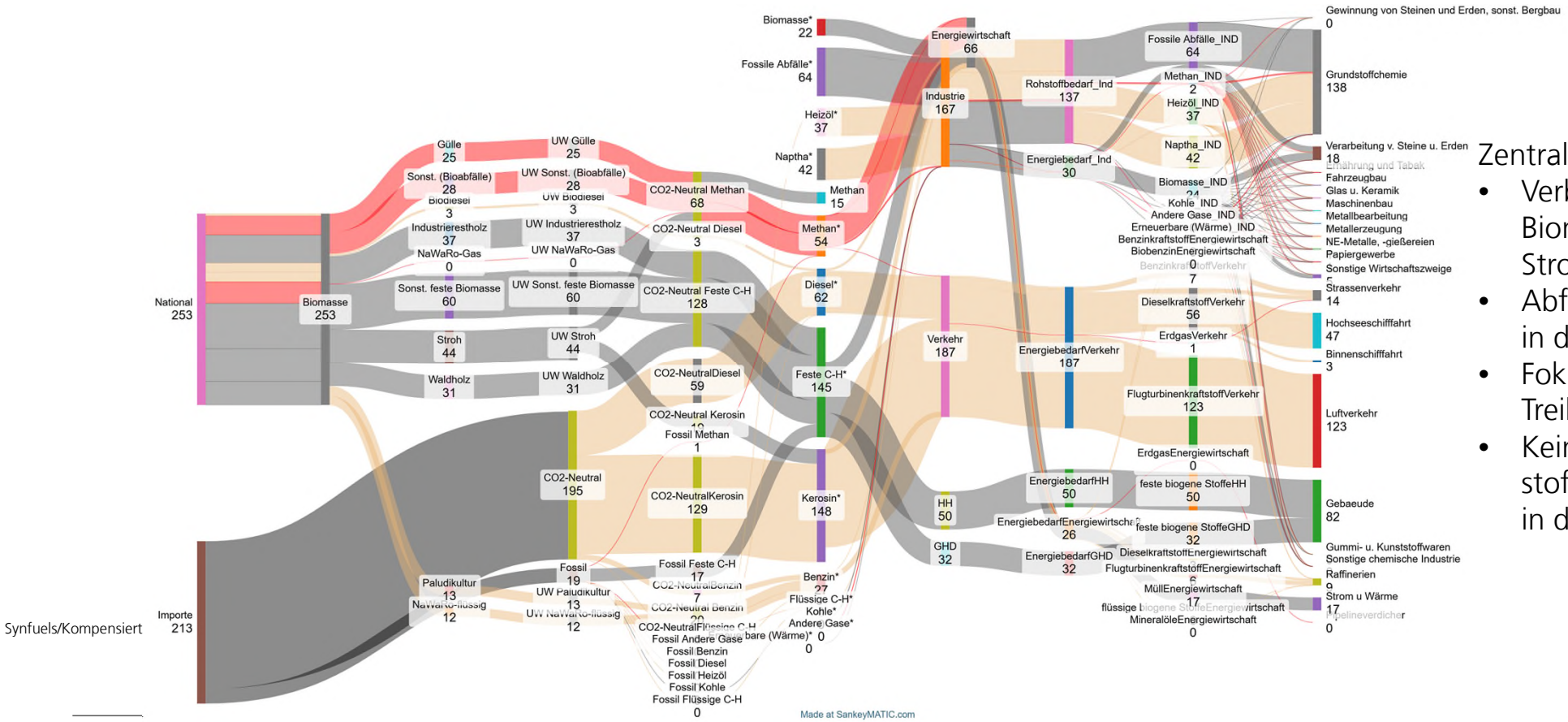
# LANGFRISTSZENARIEN FÜR DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN DEUTSCHLAND

Vorstellung Biomassepotenziale LFS 4
18.11.2025

# Nutzung der Biomasse in den O45-Szenarien




Zentrale Routen:

- Verbleibendes Biomethan in den Stromsektor
- Abfälle verbleiben in der Industrie
- Fokus auf Treibstoffe
- Keine größere stoffliche Nutzung in der Industrie

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Ausgangslage und Vorgehensweise

- Ausgangslage (LFS 3)
  - Modellierung der Biomassepotenziale im Agriculture & LULUCF Model (ALMOD)
    - Basierend auf Methodik der Emissionsberichterstattung sowie Daten der BMEL-Statistiken
  - Inländische Biomassepotenziale aus unterschiedlichen Quellen:
    - NawaRo (Landwirtschaft),
    - Waldholz (Forstwirtschaft),
    - Rest- und Abfallstoffe (Gülle, Stroh, Altholz, etc.),
  - 3 Sensitivitätsanalysen: „mehr stoffliche Nutzung“, „reduzierte Wiedervernässung“ und „reduzierter Fleischkonsum“
- Aufgaben (LFS 4)
  1. Abbildung räumlich differenzierter Biomassepotenziale (NUTS3) für **nicht transportwürdige Biomasse**
     a) Biogas / Biomethan
     b) Stroh
     c) (Paludikultur)
  2. Update der Modellierungen / Annahmen bzgl. sonstiger Potenziale

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF Grundsatzannahmen

## Annahmen für das Zielszenario

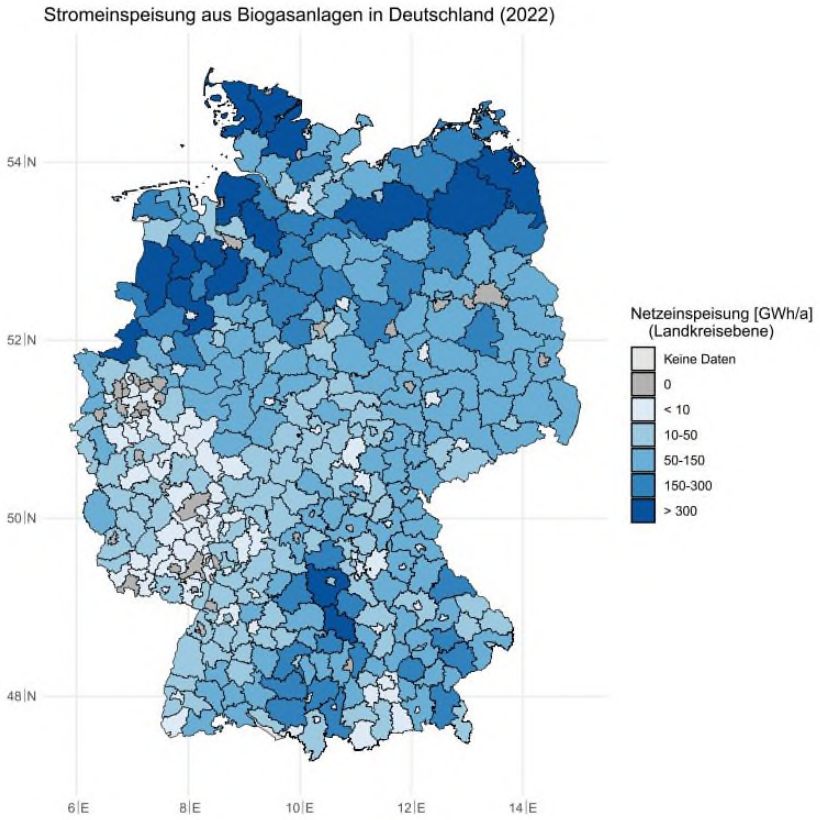
- **Reduktion des Fleischkonsums:** Rückgang um 33 %
- **Ökolandbau**: Anteil 30 % bis 2045
- **Wiedervernässung organische Böden:**
  - technisch maximal mögliche Wiedervernässung (85 %)
  - Nutzung wiedervernässter Ackerflächen für Paludikultur (Schilf)
- **Ableitung der NawaRo-Fläche:**
  - Ausgehend von heutiger NawaRo-Fläche (➔ ca. 2,5 Mio. ha)

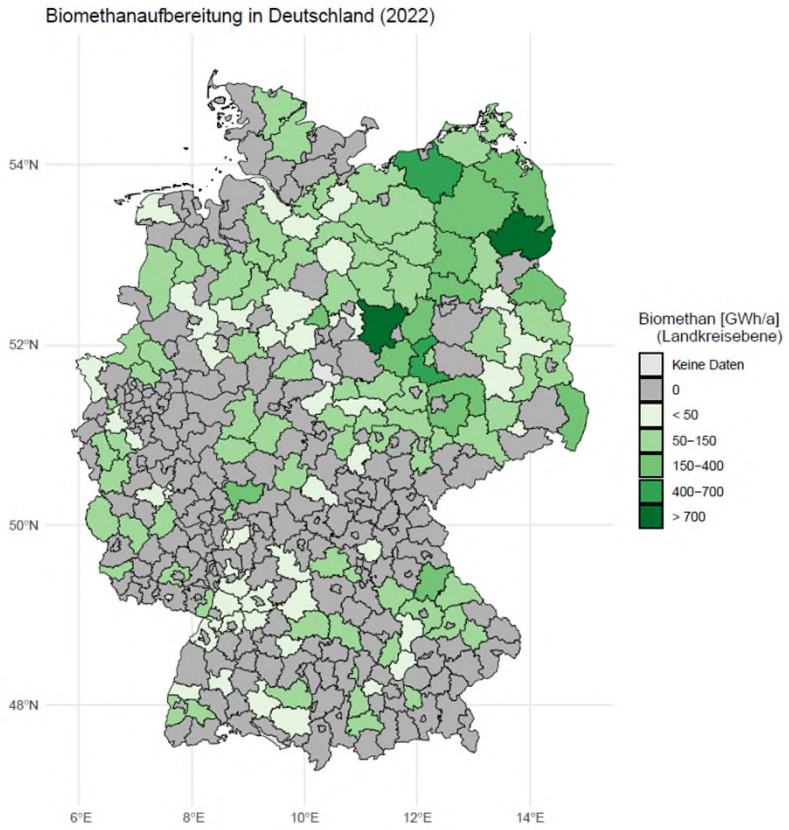
# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas / Biomethan

## Aufgabe 1 a) – Schritt 1

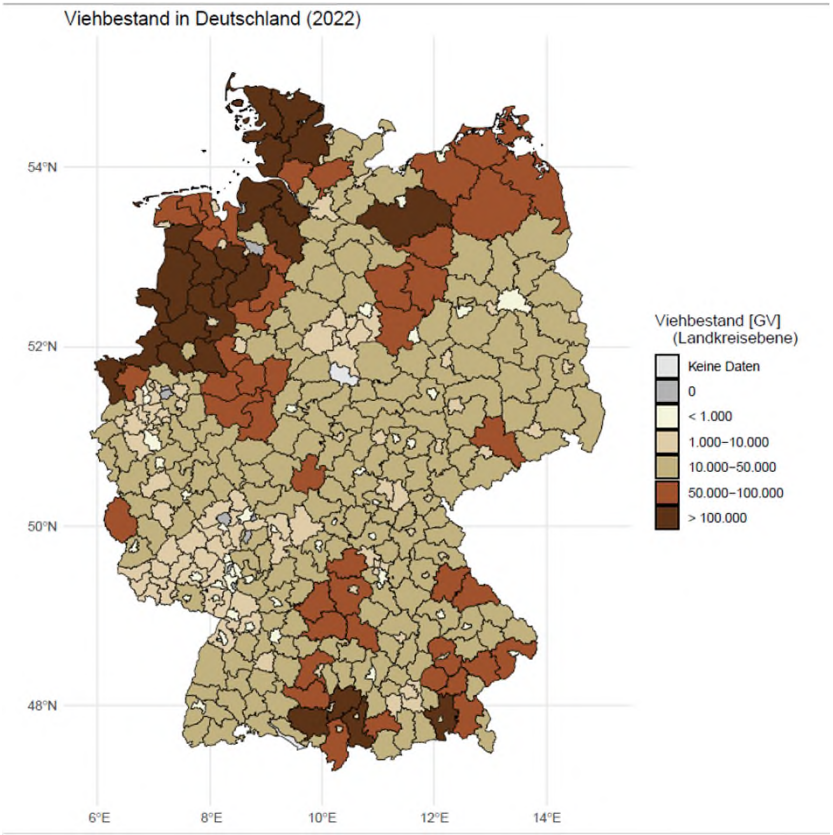
- Abbildung räuml. differenzierter Biomassepotenziale auf NUTS3-Ebene: **Biogas / Biomethan**
- Basierend auf Datenlieferungen des DBFZ zum Status Quo (2022)
  - Anzahl der Biogas- / Biomethananlagen pro Landkreis
  - Klassifizierung der Anlagen (Güllekleinanlagen, landwirtschaftliche Biogasanlagen, Abfallanlagen)
  - Produzierte Strom-, Wärme-, Biomethanmengen
  - Substratinputs (tierische Exkremente, kommunale Bioabfälle, NawaRo; differenziert nach Art der Biogasanlagen)
  - Güllepotenzial
  - Viehbesatz
- Zusammenführen der Daten zu konsistentem Mengengerüst (separat für Biogas / Biomethan)

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Stromeinspeisung und Biomethan Status quo



# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Viehbestände Status Quo



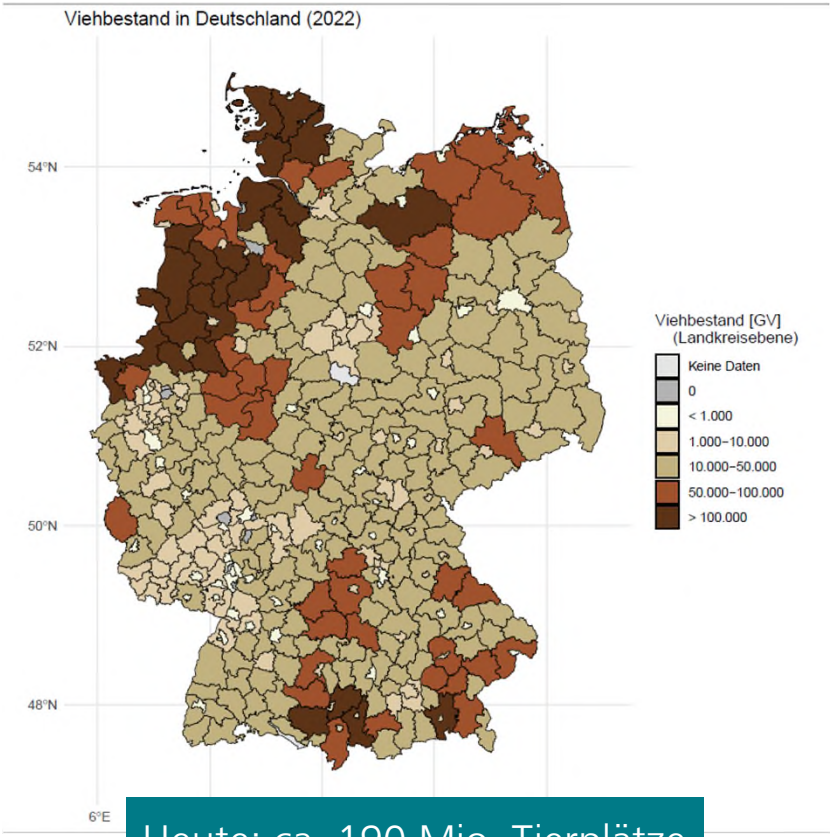
# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas / Biomethan

In Abstimmung mit DBFZ

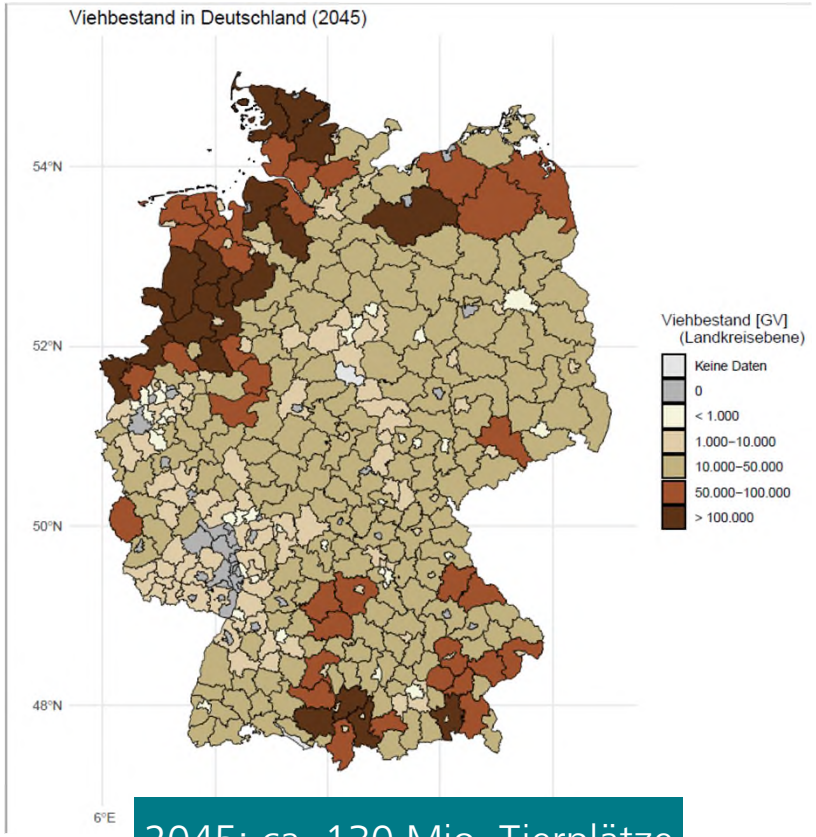
## Aufgabe 1 a) – Schritt 2

- Prämissen
  - Möglichst hoher Anteil Wirtschaftsdüngervergärung (heute ca. 40 %)
  - Möglichst geringer Anteil NawaRo in Vergärung ➔ Ziel: Sicherung der Wirtschaftlichkeit
- Modellierung der zukünftigen Wirtschaftsdüngermenge
  - Reduktion des Fleischkonsums ➔ Reduktion des Viehbesatzes
  - Abhängig von Tierart (z. B. Milchkühe, Färsen) und Haltungsform (güllebasiert vs. strohbasiert)
  - Annahmen zur Mobilisierbarkeit Wirtschaftsdüngermenge abhängig von Betriebsgrößen und Besatzdichten
- Ableitung Biogaspotenzial
- Möglichst minimale Zugabe von NawaRo (20 % bezogen auf Masse)
  - Aufteilung analog zu heute

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Viehbestände Status Quo und 2045




Heute: ca. 190 Mio. Tierplätze

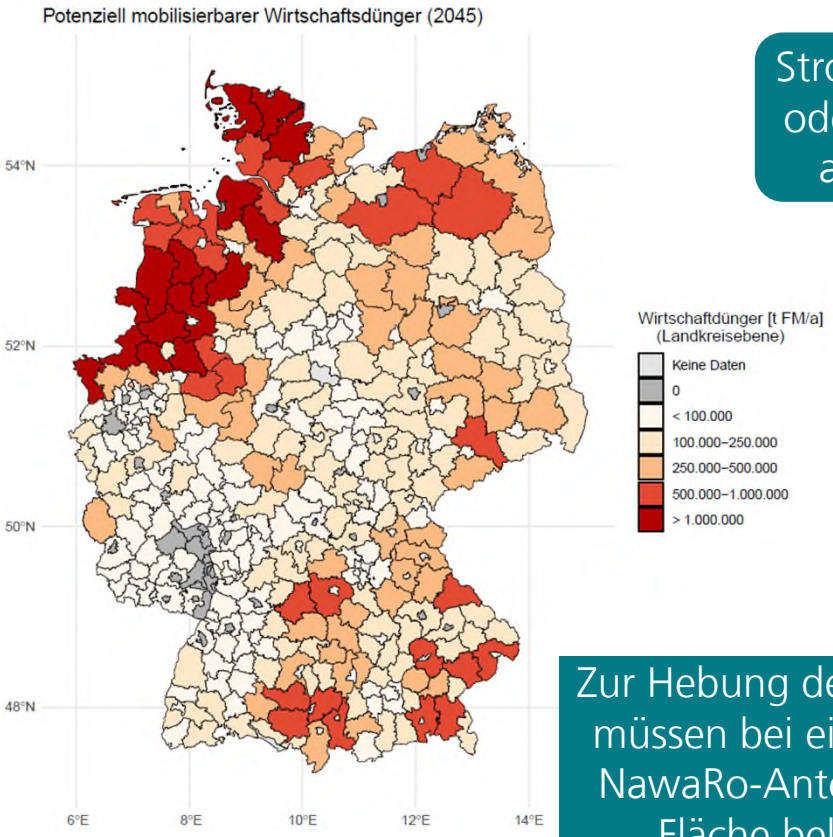



2045: ca. 130 Mio. Tierplätze

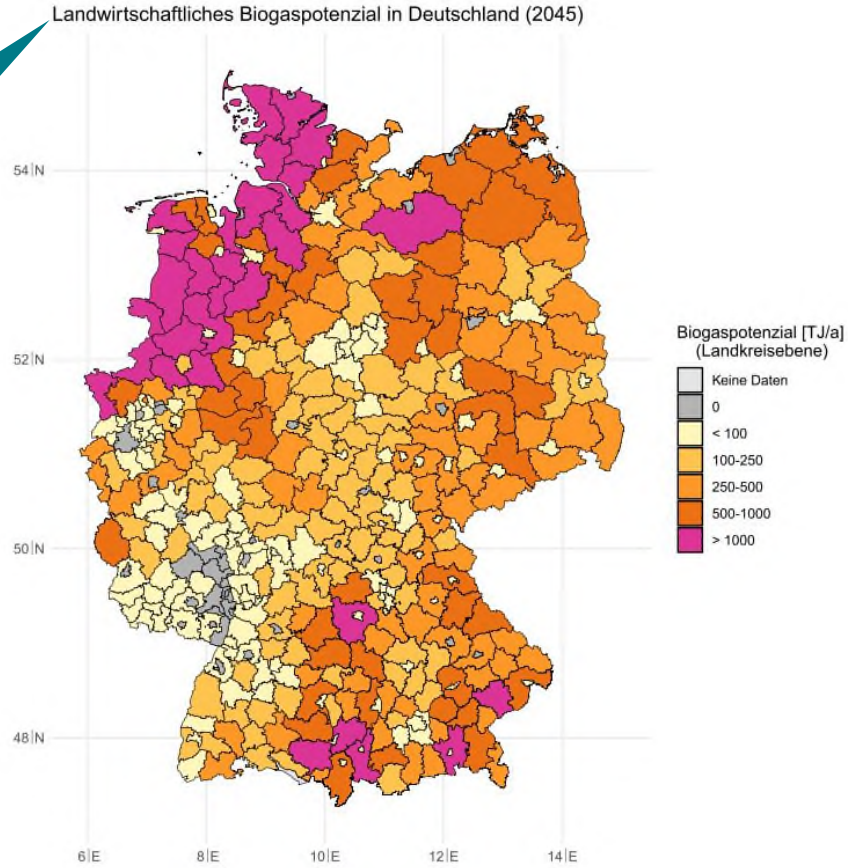


Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Mobilisierbares Wirtschaftsdüngerpotenzial 2045




Stromeinspeisung oder Biomethan-aufbereitung

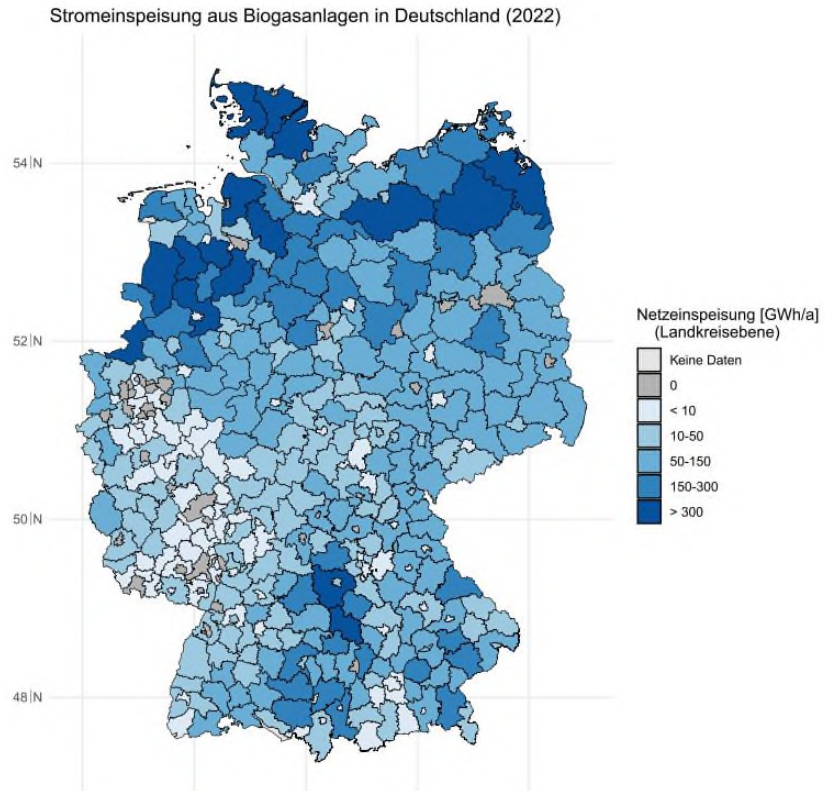



Zur Hebung des WD-Potenzials müssen bei einem 20 %-igen NawaRo-Anteil ~395.000 ha Fläche belegt werden.

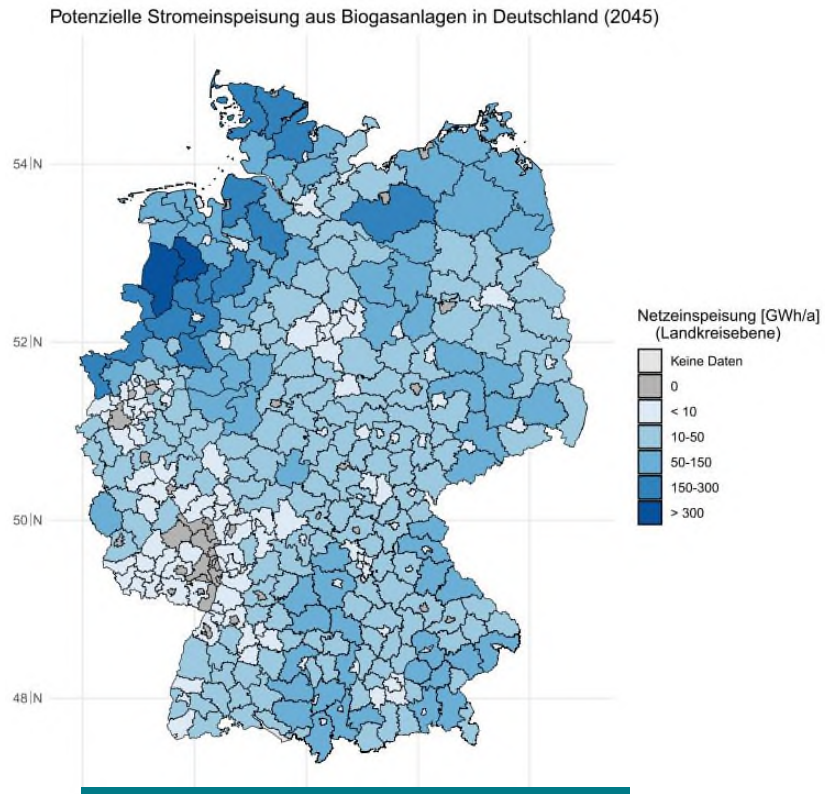


Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Stromeinspeisung Status quo u. Potenzial 2045




Heute: ca. 28 TWh




2045: ca. 14 TWh

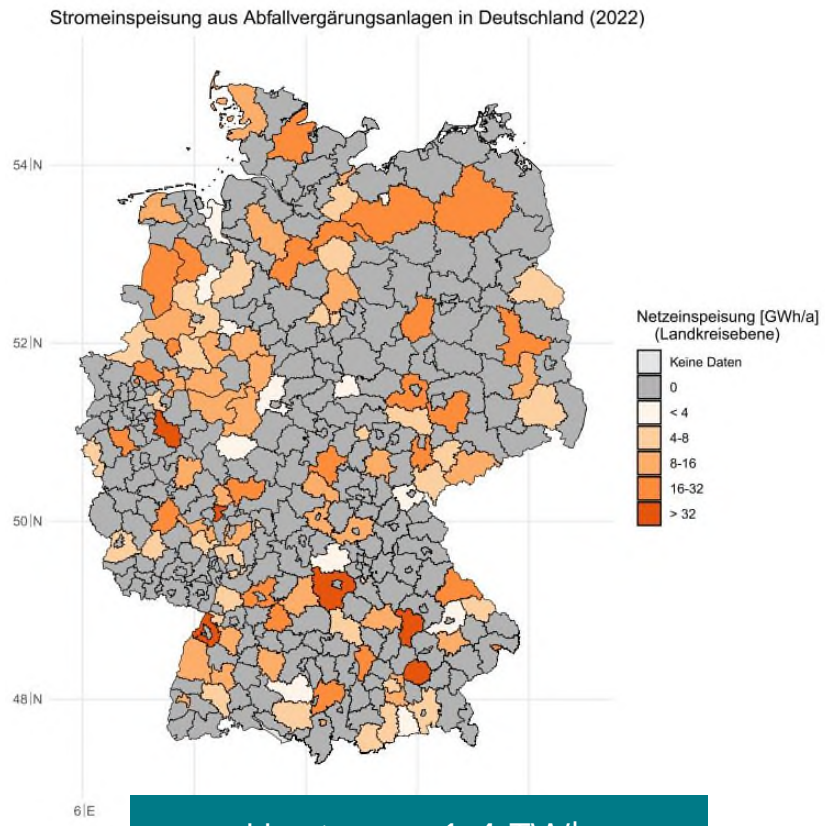
# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# Biogas – Sonst. Rest- und Abfallstoffe

## Sonst. Rest- und Abfallstoffe (gasförmig)

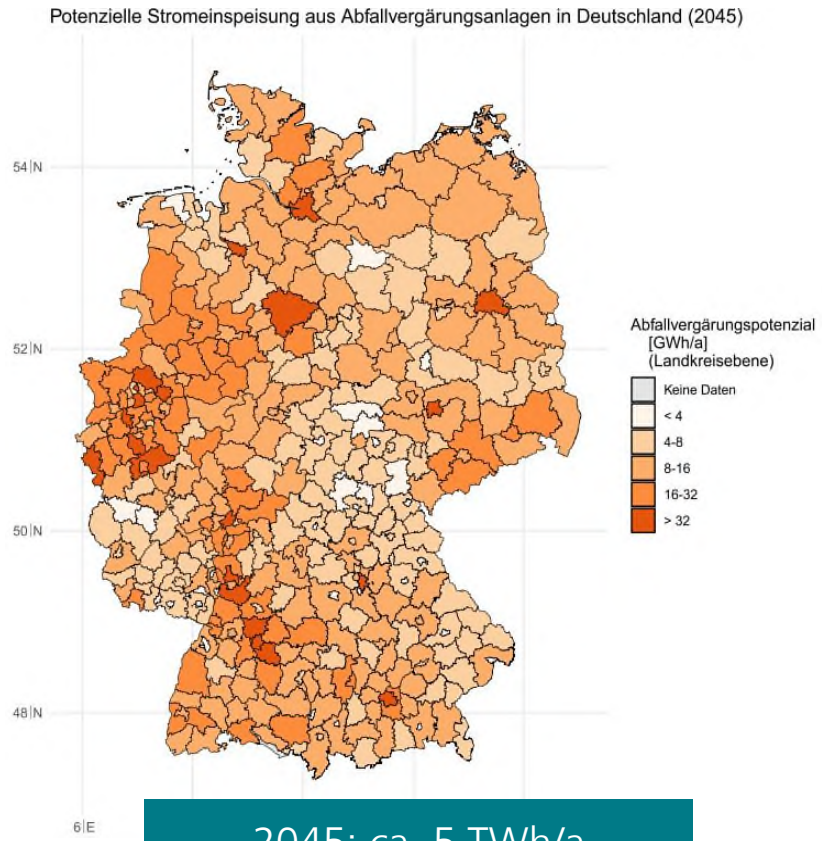
| | 2045 – LFS 3 | 2045 – LFS 4 | Status Quo (DBFZ) |
|---|---|---|---|
| **Bioabfall** | 47 | 47 | 25 |
| **Klärgas** | 26 | 26 | n/a |
| **Summe** | **72** | **72** | |

- Heute: ca. 18 PJ Biogas aus Bioabfall in Verstromung (ca. 1.400 GWh Stromeinspeisung) und 6,5 PJ in Biomethanproduktion
- Für Zukunftspotenzial räumliche Auflösung analog Bevölkerungsverteilung

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Bioabfall Status Quo und Potenzial 2045




Heute: ca. 1,4 TWh

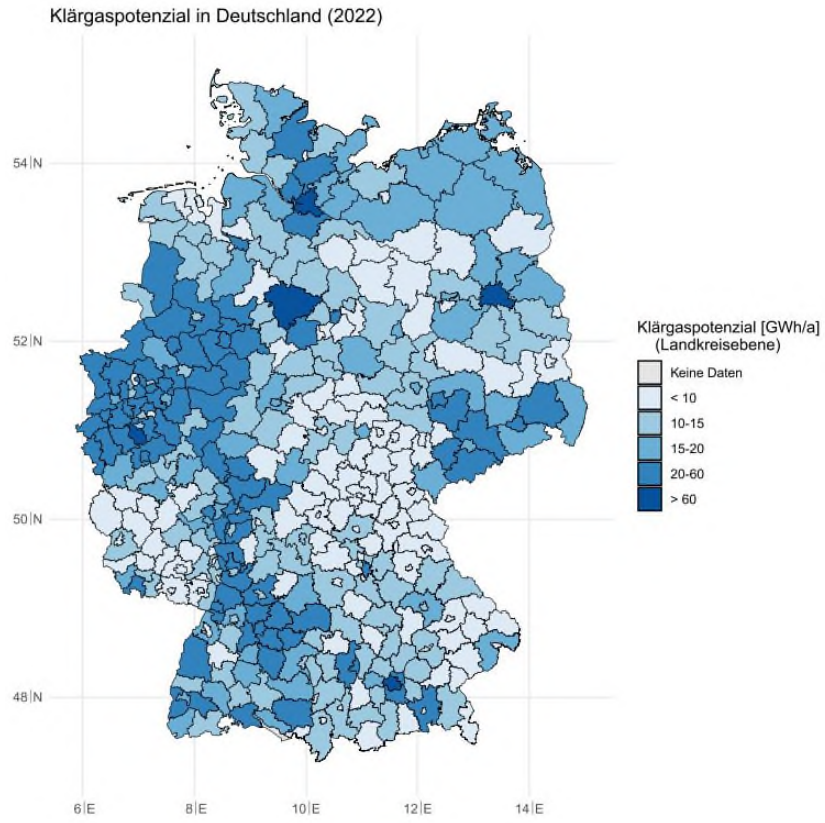


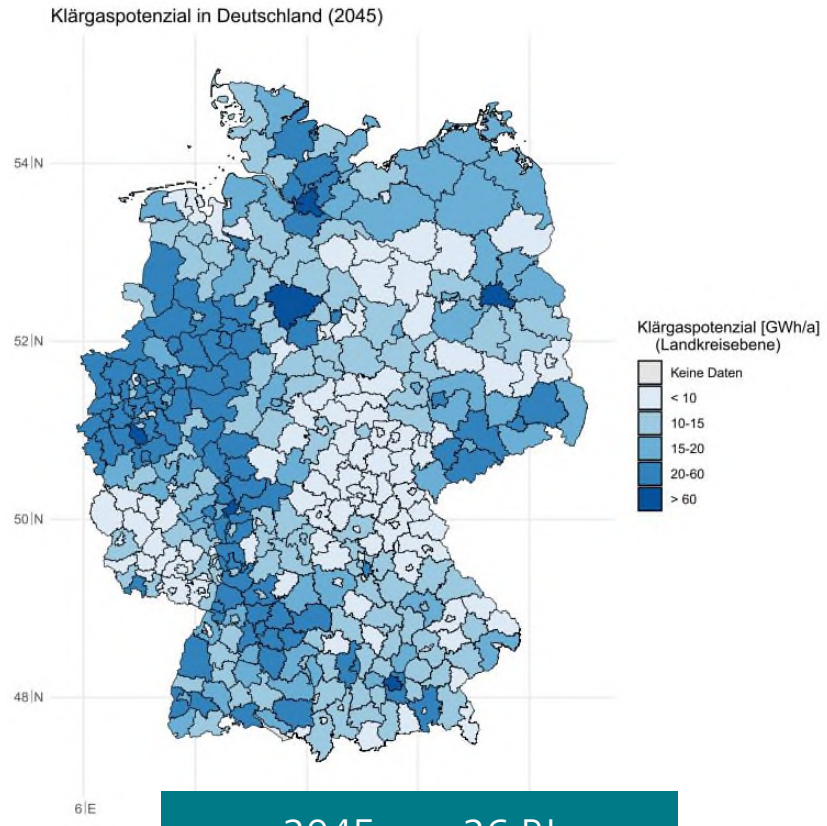

2045: ca. 5 TWh/a



Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Biogas – Klärgas Status Quo und Potenzial 2045



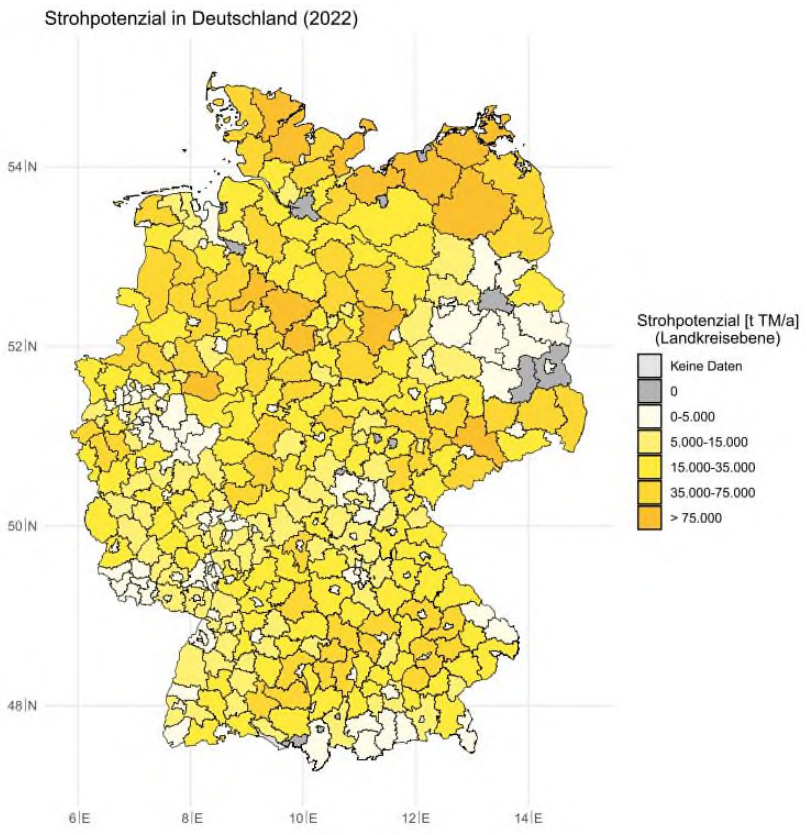

2045: ca. 26 PJ

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Stroh

## Aufgabe 1 b)

- Abbildung räuml. differenzierter Biomassepotenziale auf NUTS3-Ebene: **Stroh**
- Basierend auf Datenlieferungen des DBFZ zum Status Quo (2022)
  - Technisches Potenzial *ohne* sowie *mit* Berücksichtigung des Bedarfs für die Humusreproduktion
    - Theoretisches Potenzial auf Basis von Anbauflächen, Erträgen und Reststofffaktoren
    - Minus: Bergungsverlust (25-40 %)
    - Mittlerer Humusbedarf nach VDLUFA ➔ sehr konservativ, da C-Input durch WD & Gärreste nicht berücksichtigt
- Eigene Modellierung des Strohpotenzials mit angepasstem Humusbedarf
  - Technisches Potenzial *mit* Berücksichtigung des Bedarfs für die Humusreproduktion
    - Humusbedarf unter Berücksichtigung des mittleren $C_{org}$-Gehalts im Boden (pro LK)

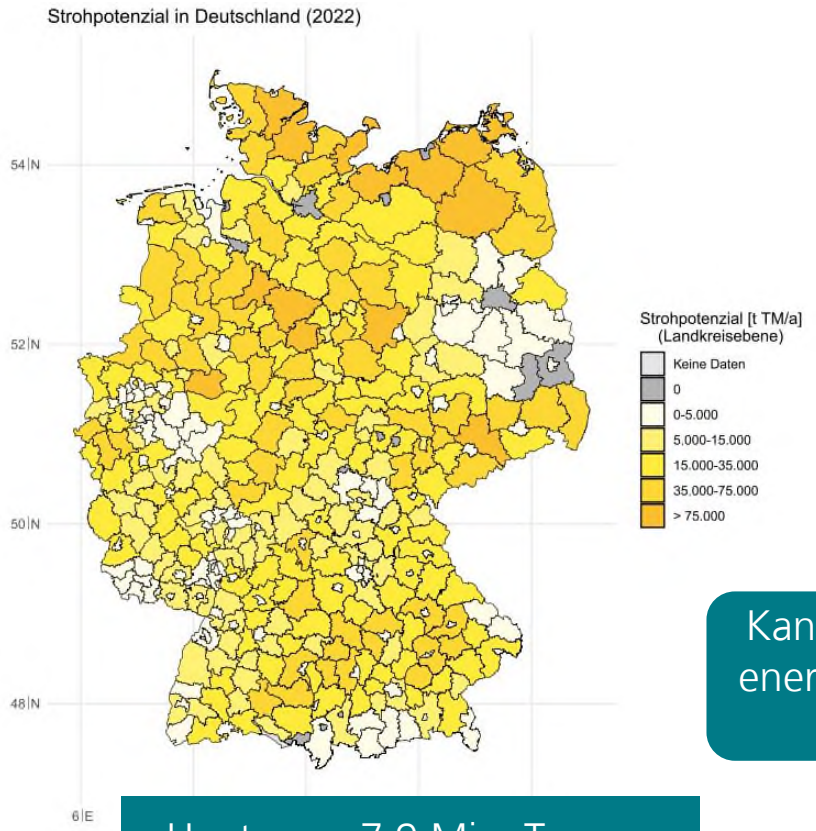
# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Stroh



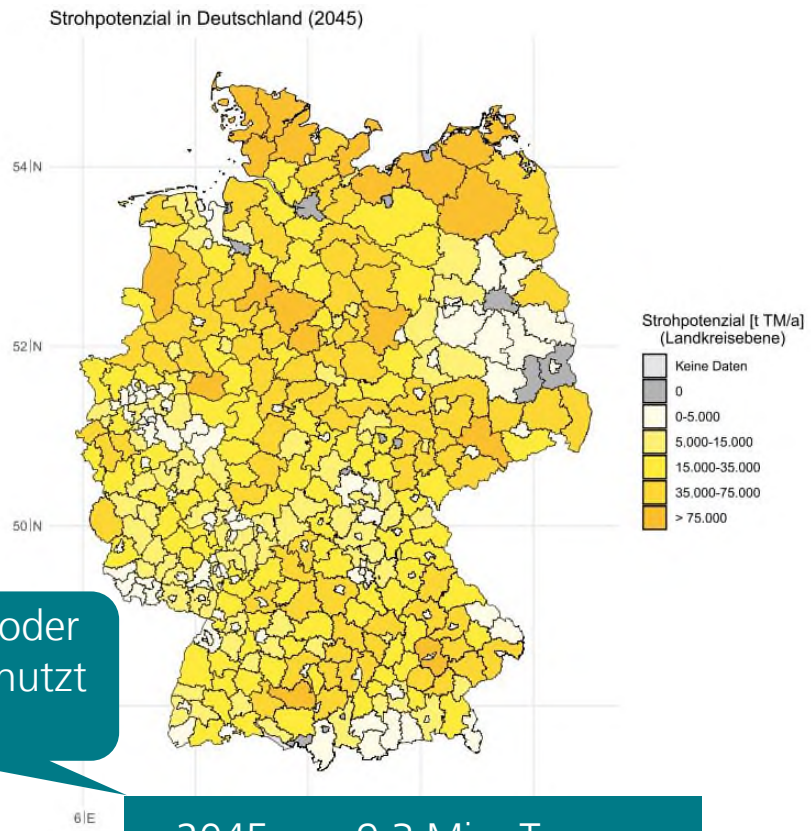

## Aufgabe 1 b)

- Abbildung räumlich differenzierter Biomassepotenziale auf NUTS3-Ebene: Stroh
  - Basierend auf Datenlieferungen des DBFZ zum Status Quo (2022)
- Modellierung eines zukünftigen Potenzials (2045)
  - Ausgangspunkt: gesamte Getreideanbaufläche für 2045 aus ALMOD
  - Lineare Skalierung der heutigen Getreideanbaufläche pro LK

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Stroh – Strohpotenzial Status Quo und 2045




Heute: ca. 7,9 Mio. Tonnen




Kann stofflich oder energetisch genutzt werden!

2045: ca. 9,3 Mio. Tonnen



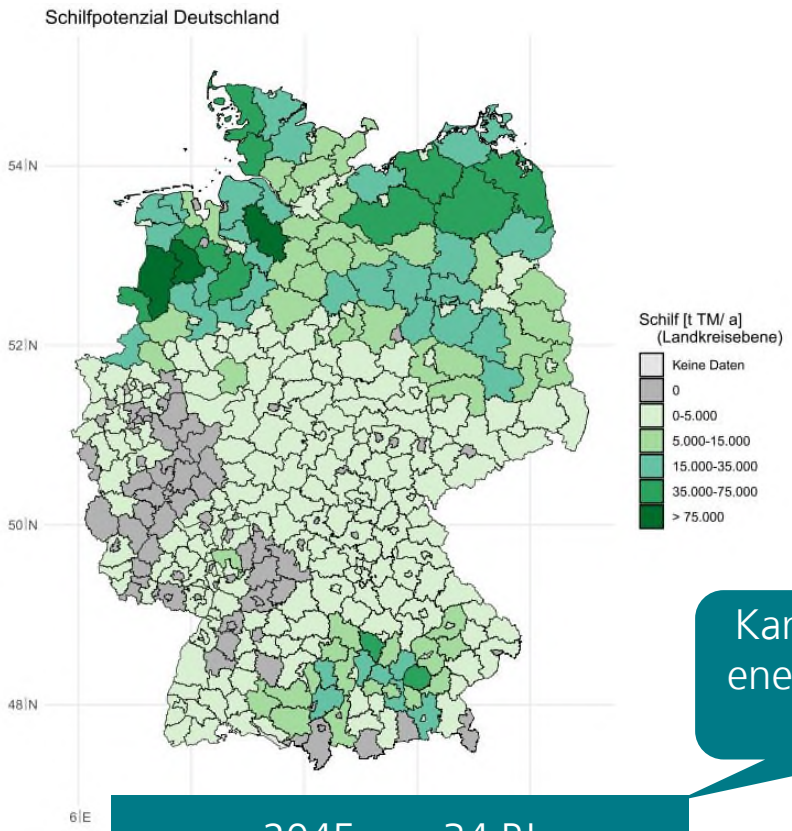
Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

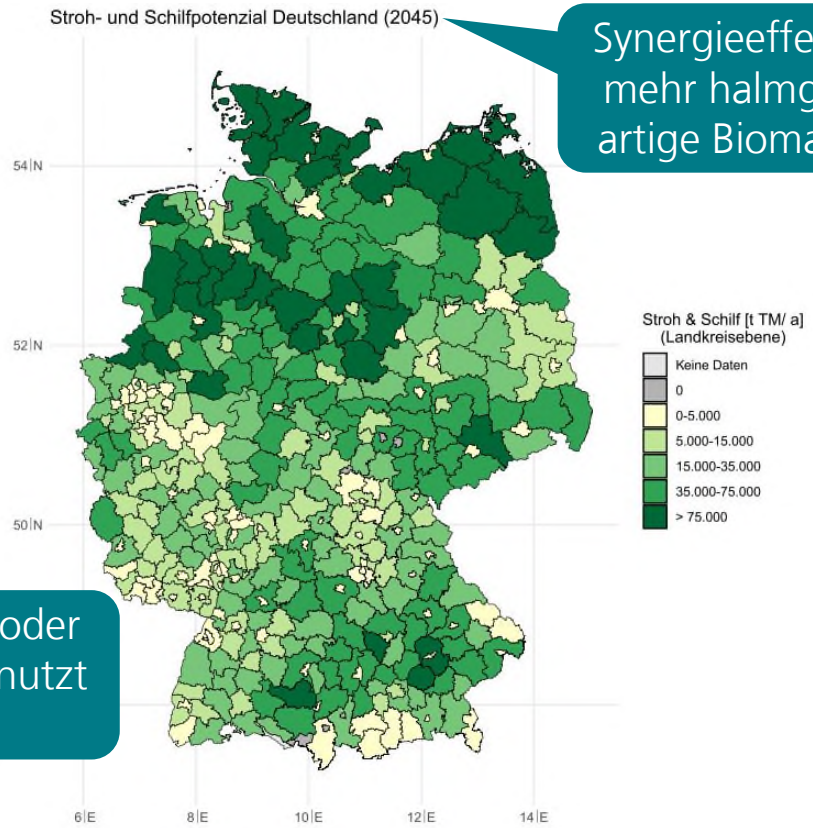
# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF

## Aufgabe 2

- Update der Modellierungen / Annahmen
  - NawaRo-Flächenpotenzial
    - Zzgl. Paludi-Biomasse auf wiedervernässten Flächen
  - Waldholz
  - Rest- und Abfallstoffe
    - Biogas / Biomethan (siehe zuvor)
    - Stroh (siehe zuvor)
    - Sonstige Rest- und Abfallstoffe

# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# Wiedervernässung – Paludi-Biomassepotenzial 2045




Synergieeffekte: mehr halmgut-artige Biomasse

Kann stofflich oder energetisch genutzt werden!

2045: ca. 34 PJ



Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# NawaRo-Flächenpotenzial 2045 (Acker)

## Grundannahmen

- Ausgangspunkt: heutige NawaRo-Fläche
- Minus: Ausgleichsfläche für Ökolandbau (30 % in 2045)
  - Ausgleich Mindererträge & Anpassung Fruchtfolge
- Minus: Anteil wiedervernässte Fläche
  - Kann aber für Paludikultur genutzt werden!

➔ Anteil der zu verteilenden NawaRo-Fläche

- Gesetzt: Flächenbedarf für Biogas-Substrate (s. oben)
- Gesetzt: heutiger Flächenanteil stoffliche Nutzung

# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# NawaRo-Flächenpotenzial 2045

## Flächenbilanz – Übersicht

| | Fläche [ha] |
|---|---|
| Heutige NawaRo-Fläche | 2.485.000 |
| Ausgleich Öko-Landbau (Acker) | -1.249.019 |
| Anteil wiedervernässte Fläche | -67.858 |
| **NawaRo-Fläche** | **1.168.124** |
| Davon Biogassubstrat | -395.179 |
| Davon heutige stoffliche Nutzung | -180.600 |
| **Zu verteilende Fläche** | **592.345** |

Stoffliche oder energetische Nutzung möglich; Obergrenze KUP: 420.000 ha (LFS 3)

# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# NawaRo-Flächenpotenzial 2045

## Flächenbilanz – Übersetzung in ein NawaRo-Potenzial

| | Fläche [ha] |
|---|---|
| Heutige NawaRo-Fläche | 2.485.000 |
| Ausgleich Öko-Landbau (Acker) | -1.249.019 |
| Anteil wiedervernässte Fläche | -67.858 |
| **NawaRo-Fläche** | **1.168.124** |
| Davon Biogassubstrat | -395.179 |
| Davon heutige stoffliche Nutzung | -180.600 |
| **Zu verteilende Fläche** | **592.345** |

KUP: Höchstbesatz 420.000 ha
- Energiegehalt: 102 PJ
- Als FT-Diesel: 53 PJ

Sonst. Fläche (ca. 170.000 ha)
- Raps-HVO: 11 PJ
- (*oder* Zuckerrüben-EtOH: 6 PJ)

# Biomassepotenziale aus LaWi & LULUCF
# NawaRo-Flächenpotenzial 2045

## Exkurs: weniger Ökolandbau

| | Fläche [ha] | Fläche [ha] |
|---|---|---|
| Heutige NawaRo-Fläche | 2.485.000 | |
| Ausgleich Öko-Landbau (Acker) | -1.249.019 | -980.074 |
| Anteil wiedervernässte Fläche | -67.858 | |
| **NawaRo-Fläche** | **1.168.124** | **1.437.068** |
| Davon Biogassubstrat | -395.179 | |
| Davon heutige stoffliche Nutzung | -180.600 | |
| **Zu verteilende Fläche** | **592.345** | **861.290** |

**Hintergrund:**
- 20 % Ökolandbau
- Anteil bezieht sich auf landwirtschaftliche **Nutz**fläche

➔ größter Teil durch Grünland abgedeckt
➔ anteilig geringerer Unterschied beim Acker

KUP: Höchstbesatz 420.000 ha
- Energiegehalt: 102 PJ
- Als FT-Diesel: 53 PJ

Sonst. Fläche (ca. 440.000 ha)
- Raps-HVO: 29 PJ

➔ **Differenz: 17 PJ**

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Potenziale aus dem Wald

## Vorgehen

- Berücksichtigung neuer Erkenntnisse aus Projektionsbericht und Bundeswaldinventur 4
  - Wald als Quelle, Senkenziel scheint in weiter Ferne
  - Wenig Ergebnisse aus Waldmodellierungsprojekte, welche bereits Ergebnisse der BWI 4 berücksichtigen
- Ableitung des Waldholzpotenzials auf Basis der Holzverwendungsmodellierung im DIFENS-Projekt
  - Kombination ökonomischer Wirkungsketten mit materiellen Strukturen der Produktionsstufen in Form einer Holzrohstoffbilanz
  - Ableitung künftiger Holzverwendungen in stofflichen und energetischen Anwendungen
- „Optimiertes“ Szenario für LFS4
  - Steigerung Holzbauquote um 32 %
  - Verschiedene Optimierungen zur Effizienzsteigerung (Reduktion Verschnitt, vermehrtes Altholzrecycling, vermehrte Laubholznutzung)

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Potenziale aus dem Wald

| | 2022 | 2045 – LFS 4 | 2045 – LFS 3 |
|---|---|---|---|
| **Holzeinschlag gesamt** | 80,7 Mio. m³ | 55 Mio. m³ | 58 Mio. m³ |
| **Anteil stoffliche Nutzung** | | 41 Mio. m³ | 47 Mio. m³ |
| **Anteil energetische Nutzung** | | 14 Mio. m³ | 12 Mio. m³ |
| | | **140 PJ** | **113 PJ** |

Weitere stoffliche Nutzung nicht berücksichtigt (z.B. Chemiesektor)!

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Potenziale aus dem Wald

| | 2022 | 2045 – LFS 3 | 2045 – LFS 4 | 2045 CARESupreme |
|---|---|---|---|---|
| **Senkenziel erreicht** | | ja | Nicht modelliert | ja |
| **Holzeinschlag gesamt** | 80,7 Mio. m³ | 58 Mio. m³ | 55 Mio. m³ | 64 Mio. m³ |
| **Anteil stoffliche Nutzung** | | 47 (56) Mio. m³ | 41 Mio. m³ | 49 Mio. m³ |
| **Anteil energetische Nutzung** | | 12 (2) Mio. m³ | 14 Mio. m³ | 16 Mio. m³ |
| **KUP-Fläche** | | 420 000 ha | 420 000 ha | 1,4 Mio. ha |
| **Senke HWP** | | -3,5 Mio. t $CO_2$eq | Nicht modelliert | - 14,8 Mio. t $CO_2$eq |
| **Wiedervernässung** | | 85% | 85% | 80% |

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Weitere (Reststoff-)Potenziale

- Umfassen
  - Feste: Industrierestholz, Altholz, Landschaftspflegematerialien, Klärschlamm, etc.
  - Flüssige: Altöl
  - Gasförmige: Deponiegas
- Entstammen aus BioRest-Studie (MER-Szenario)
- Plausibilisierung ergab keine Änderungs-Notwendigkeit ➔ Zahlen aus LFS3 werden übernommen

# Biomassepotenziale LaWi & LULUCF
# Zusammenfassung-Biomassepotenziale

| | | 2045 – LFS 3 | 2045 – LFS 4 (Brennstoffpotenzial) | 2045 – LFS 4 (Fokus Kraftstoff) | Stoffl. Nutzung im Chemiesektor möglich |
|---|---|---|---|---|---|
| Gasförmig | Gülle (& NawaRo) | 91 | 194 (Biogas) | 184 (Biomethan) | X (Biomethan) |
| | Sonst. (Bioabfall, Klärgas) | 100 | 100 | | |
| fest | Stroh | 160 | 114 | 49 (FT-Diesel) | X |
| | Waldholz | 113 | 140 | | X |
| | Industrierestholz & sonst. fest | 367 | 349 | | |
| flüssig | Altöl/-fett | 12 | 12 | | |
| NawaRo | KUP | | 102 | 53 (FT-Diesel) | X |
| | Sonst. NawaRo | | 11 (Raps-HVO) | 6 (Zuckerrübe-EtOH) | X |
| | Paludikultur | 46 | 34 | 18 (FT-Diesel) | X |
| **GESAMT** | | **970** | **1045** | **920** | |

ABER: Erhöhter Bedarf für stoffliche Nutzung (z.B. Chemie-Sektor) noch nicht berücksichtigt!