

# Umwelteffekte, Wirtschaftlichkeit

Walter Stinner



Nährwert statt Nährstoffüberschussproblem - Biogasanlagen auf dem Weg zur überregionalen Nährstoffdrehscheibe, Hannover, 05.12.2024

# Agenda



- (1) Einleitung und Hintergrund - Bedeutung von Vergärung, Gärproduktaufbereitung und Nährstoffmanagement**
- (2) Emissionsrelevante Prozesse - Emissionsvermeidung**
- (3) Herausforderungen bei Wirtschaftsdüngervergärung**
- (4) Zusammenfassung und Ausblick**

# Einleitung und Hintergrund

# Klimaschutzplan der Bundesregierung



Maßnahme	THG- Reduktion (Mio t CO <sub>2</sub> eq.)
Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (50 bis 70 %)	2,8 - 4
Senkung der N-Überschüsse (70 kg N/ha)	2,9 – 3,5
Ausbau Ökolandbau (auf 12% bis 20% der LF)	0,4 – 1,15
THG-Einsparungen im Energieeinsatz	1,1
N-Inhibitoren, Moorbodenschutz	?
Summe	Ca. 7-10

Quelle: Nach B. Osterburg (vTI)

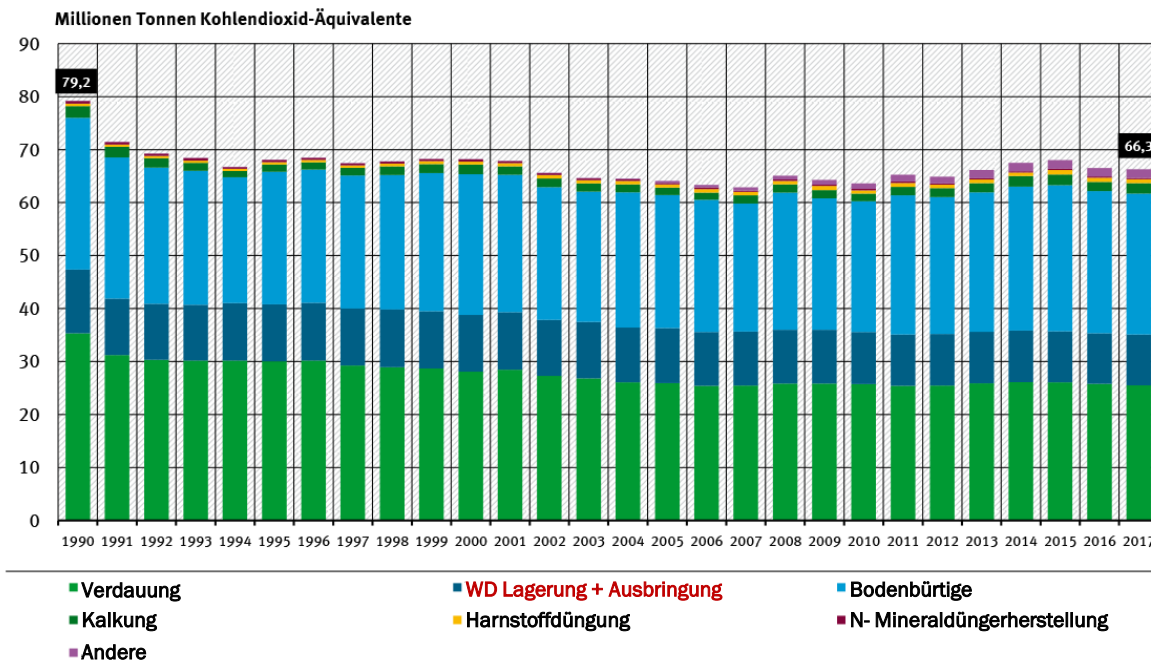
# Klimaschutzplan der Bundesregierung

Maßnahme	THG- Reduktion (Mio t CO <sub>2</sub> eq.)
Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen (50 bis 70 %)	2,8 - 4
Senkung der N-Überschüsse (70 kg N/ha)	2,9 - 3,5
Ausbau Ökolandbau (auf 12% bis 20% der LF)	0,4 - 1,15
THG-Einsparungen im Energieeinsatz	1,1
N-Inhibitoren, Moorbodenschutz	?
Summe	Ca. 7-10

Quelle: Nach B. Osterburg (vTI)

# Treibhausgasemissionen (THG) der Landwirtschaft

## Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft nach Kategorien

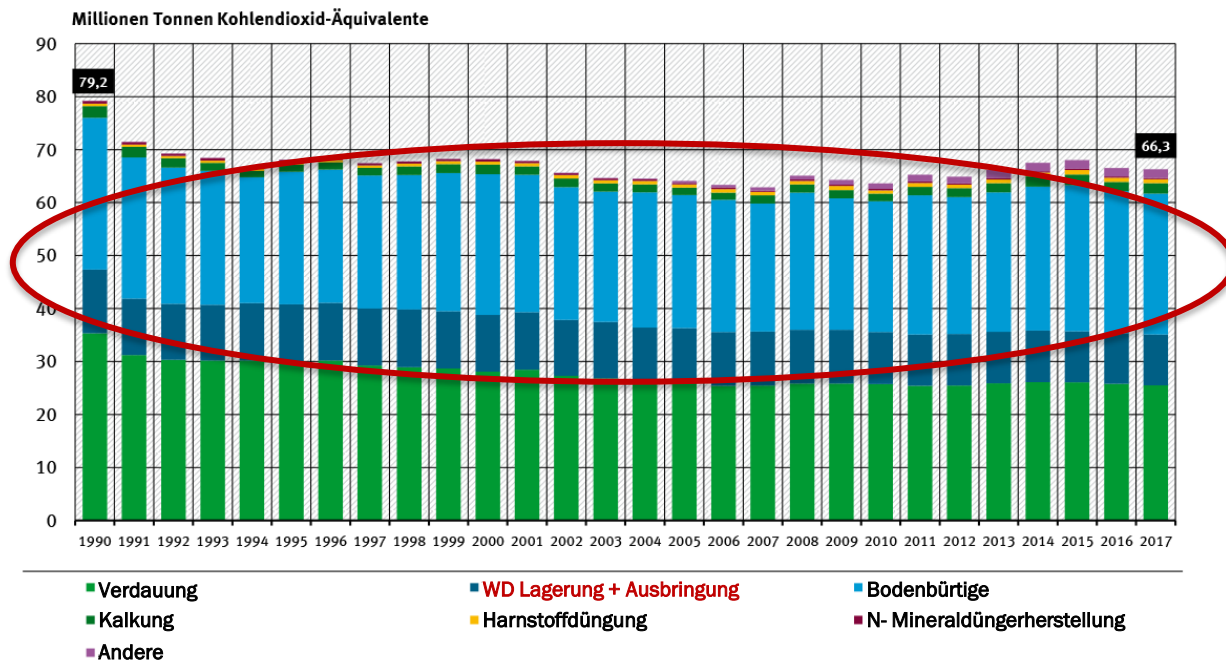


Hinweis: Die Aufteilung der Emissionen entspricht der UN-Berichterstattung, nicht den Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)

# Treibhausgasemissionen (THG) der Landwirtschaft

Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft nach Kategorien

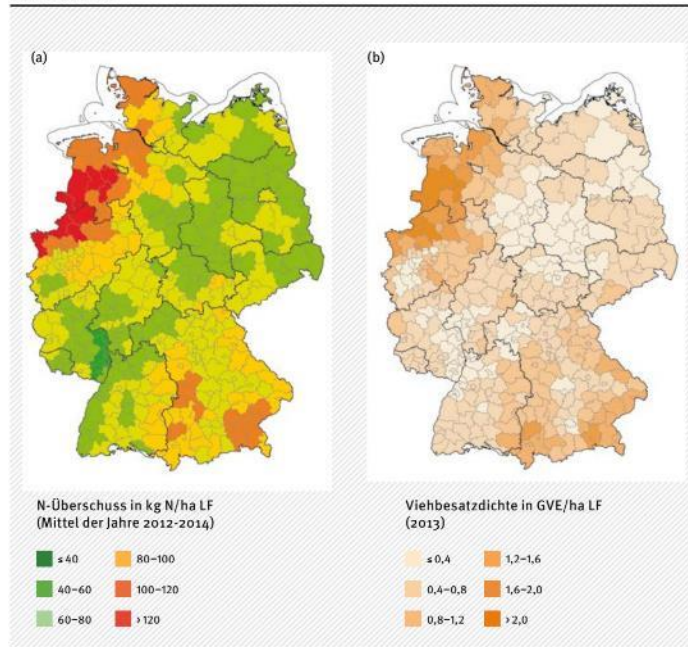


Hinweis: Die Aufteilung der Emissionen entspricht der UN-Berichterstattung, nicht den Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)

# Landwirtschaftliche Nährstoffüberschüsse für Stickstoff in kg N/ha (a) und Viehbestand GV/ha (b) auf Kreisebene

Landwirtschaftlicher Flächenbilanzüberschuss für Stickstoff (a) und Viehbesatzdichte (b) auf Kreisebene



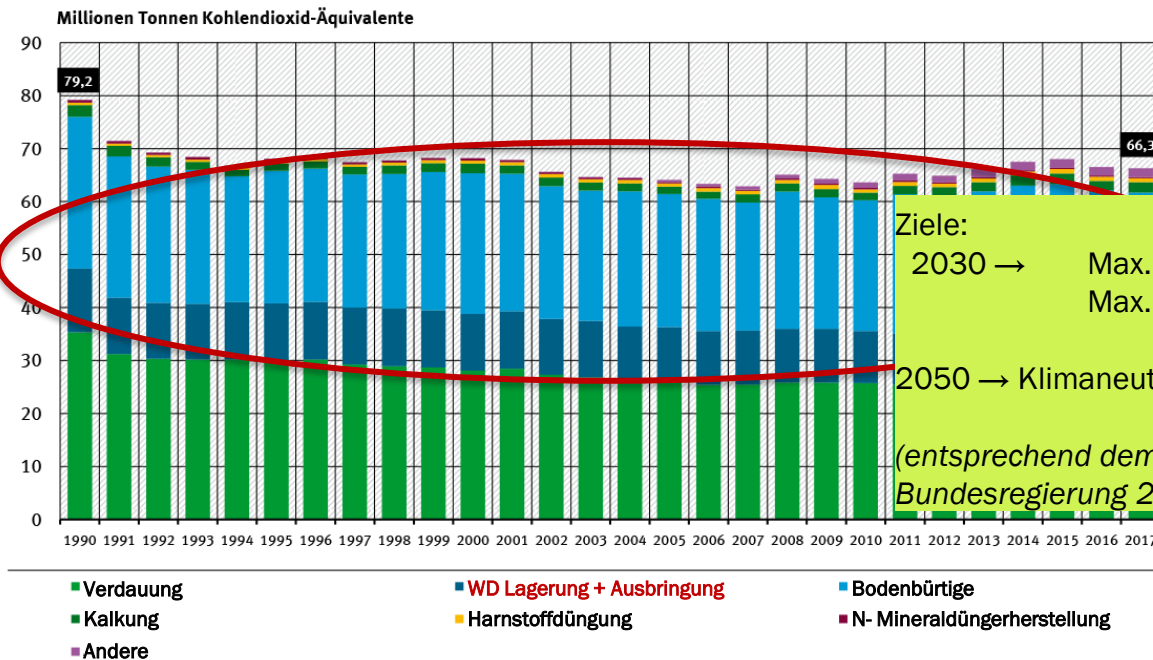
Quelle: Häußermann, Bach (Justus-Liebig-Universität Gießen, 2016)

- Hohe Nährstoffüberschüsse in Regionen mit hoher Viehbesatzdichte
- Biogasanlagen als Nährstoffdrehscheibe
- Oder: Regionale Anpassung Viehbestände



# Treibhausgasemissionen (THG) der Landwirtschaft

Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft nach Kategorien



Ziele:

2030 → Max. 543 Mio t CO<sub>2equiv</sub>  
Max. 58 Mio t CO<sub>2equiv</sub> aus Landw.

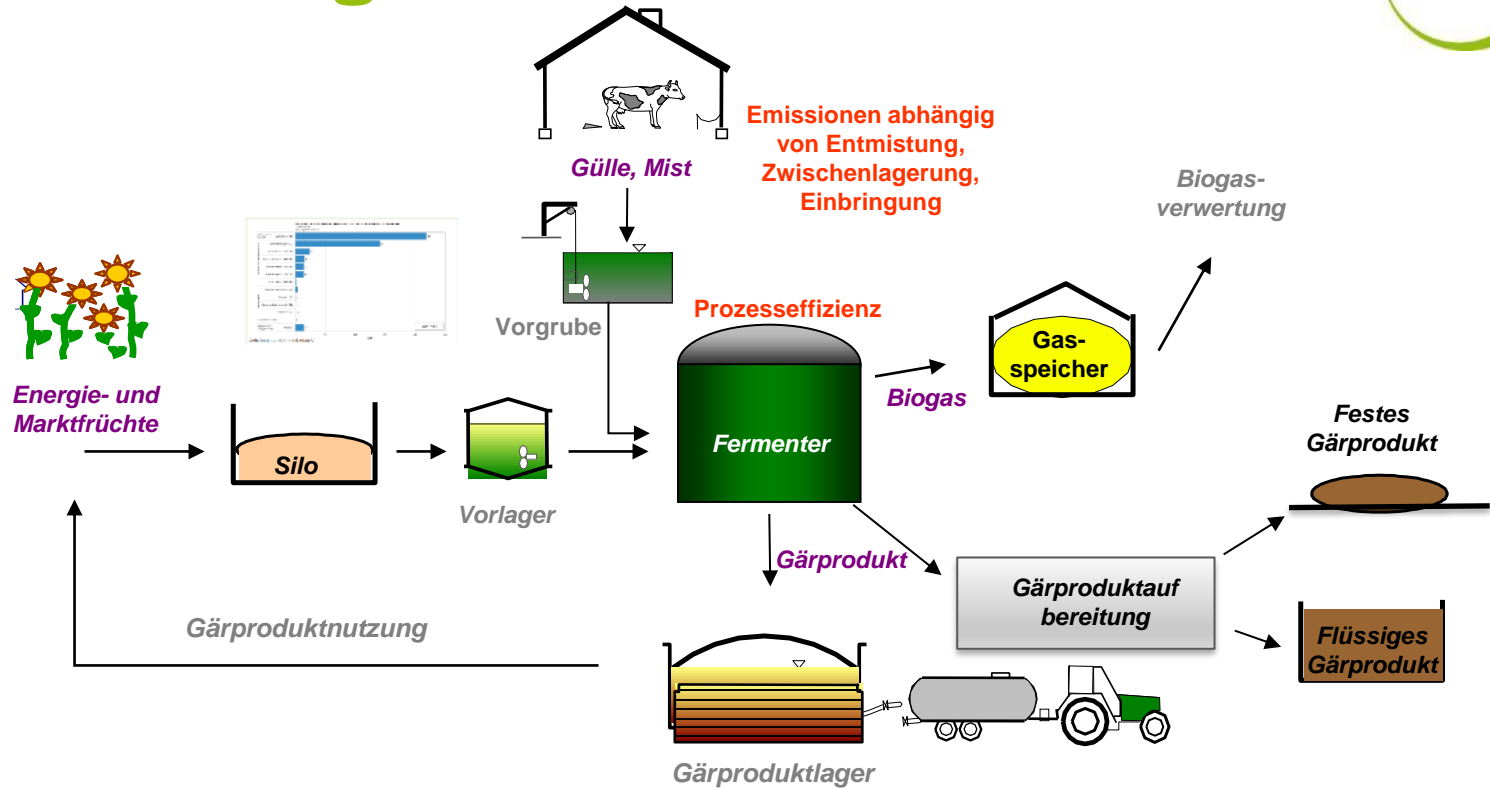
2050 → Klimaneutralität

(entsprechend dem Klimaschutzplan der Bundesregierung 2030)

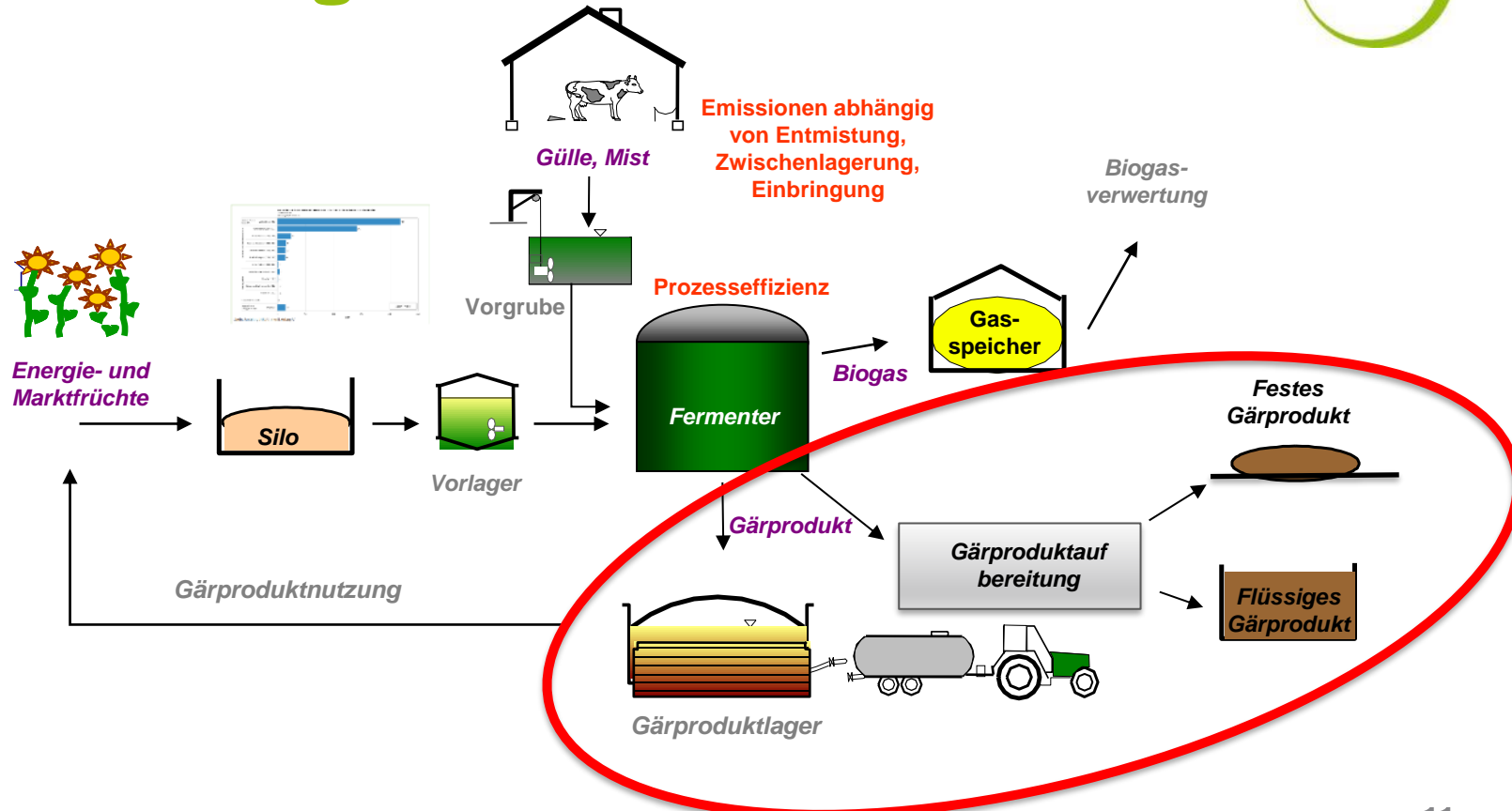
Hinweis: Die Aufteilung der Emissionen entspricht der UN-Berichterstattung, nicht den Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)

# Prozesskette Biogas



# Prozesskette Biogas



# **Emissionsrelevante Prozesse und Emissionsvermeidung**

# Relevante Klimagase

- $\text{CH}_4$
- $\text{N}_2\text{O}$
- $\text{NH}_3$



- CO<sub>2</sub> – Äquivalenzfaktor = 25<sup>1)</sup>;
- Bildung anaerob unter feucht (-warmen) Bedingungen;
- Bildung v.a. in Gülle- und offenen Gärproduktlagern, im Inneren von Haufwerken und Mieten fester Gärprodukte, von Mist, Futterresten....)



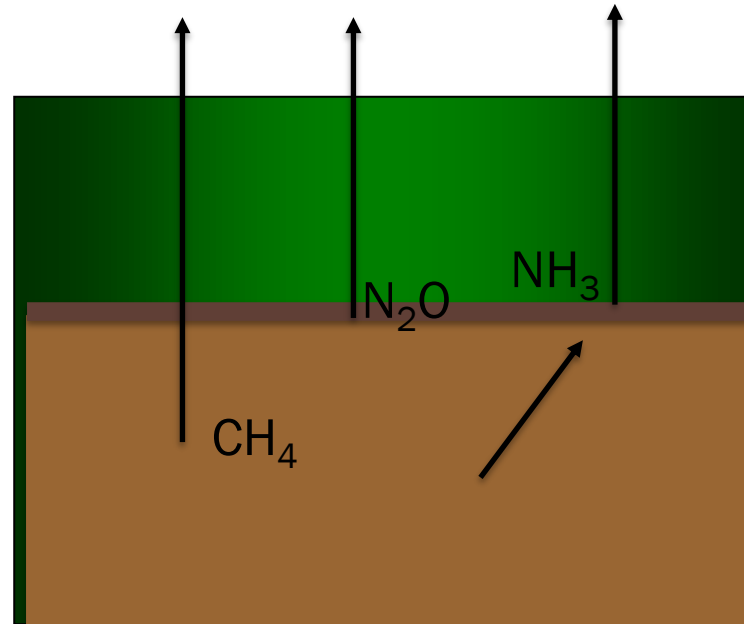
- $\text{CO}_2$  – Äquivalenzfaktor = 298<sup>1)</sup>;
- Bildung durch Nitrifizierung und Denitrifizierung, d.h. v.a. unter semiaeroben Bedingungen; N-Verlustquelle;
- Fördernd: Enges C/N –Verhältnis (= N-Überschuss), semi-aerobe-Verhältnisse;
- Bildung v.a. in Schwimmdecken, im oberflächennahen Bereich von Haufwerken



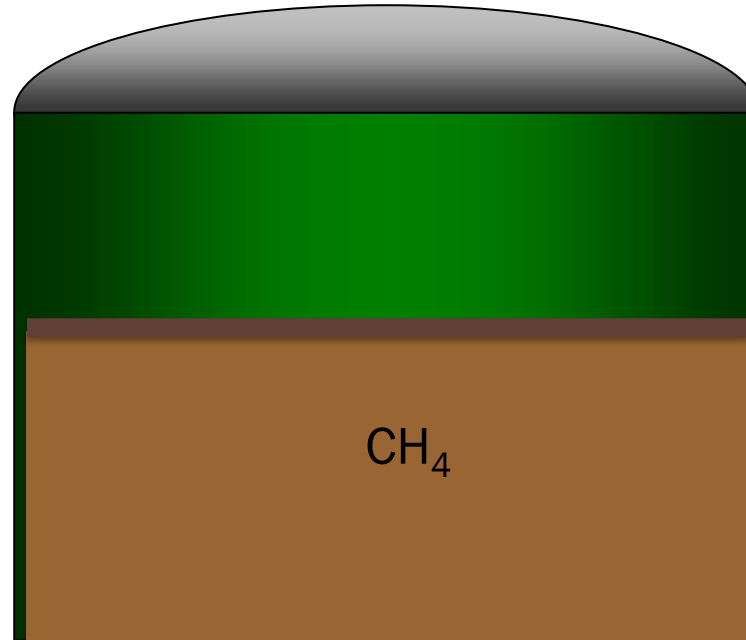
- Indirekt wirkendes Treibhausgas (via  $\text{N}_2\text{O}$ );
- Versauernd, eutrophierend,
- N-Verlustquelle;
- Hauptsächliche N-Form in flüssigem Gärprodukt;
- Emissionsfördernd: intensiver Luftkontakt, Vakuum, hohe Temperatur, hoher pH-Wert, hohe  $\text{NH}_4/\text{NH}_3$ -Konzentration;
- Emission aus offenen Gärproduktlagern, bei der Separation, aus abgelagertem festem Gärprodukt, bei der Trocknung ohne saure Wäsche, beim offenen Transport, bei Gärproduktausbringung auf die Oberfläche; Tankwagen mit Vakuumtechnik;



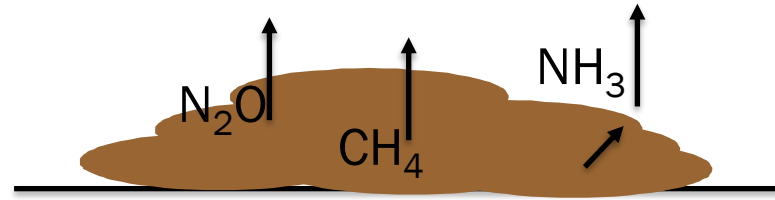
# Offene Lager (ohne Vergärung)



# Biogasanlage mit gasdichtem Gärproduktlager



# Emissionen unregelter Wirtschaftsdüngerlagerung/Kompostierung

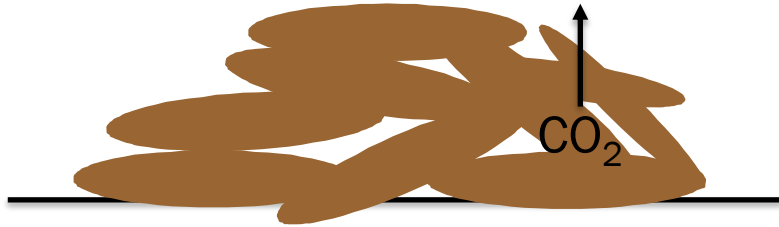


- Bei Ablagerung ist Luft in mehr oder weniger ausgeprägten Kammern enthalten
- Weiterer Sauerstoffzutritt zunächst gut (große Poren, Hohlräume)
- Zu Beginn starke Erwärmung im Inneren bis hin zu Heißbrotte
- Haufwerk sackt stark zusammen, Poren und Hohlräume schließen sich
- Im Inneren bleibt warm (Außenschicht wirkt isolierend), wird anaerob, ist noch feucht > CH<sub>4</sub>-Bildung

# Emissionen suboptimaler Wirtschaftsdüngerlagerung/Kompostierung – $\text{CH}_4$

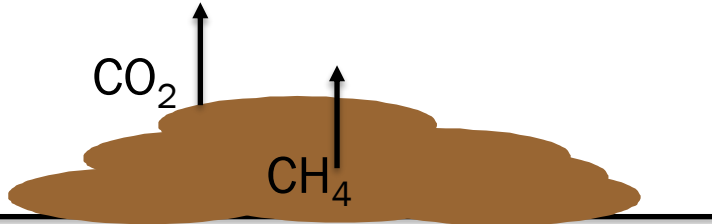
## Beginn:

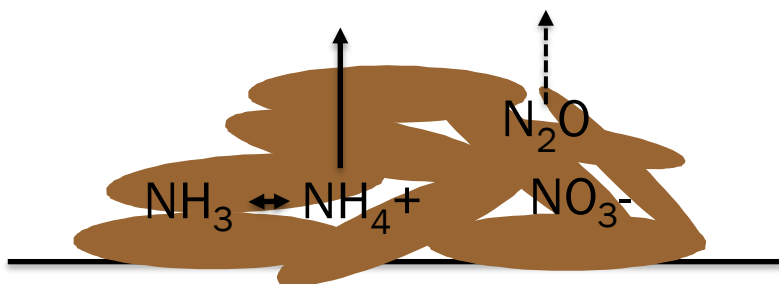
- Haufwerk ist locker
- guter Luftzutritt durch grobe Porenstrukturen
- Schnelle Erwärmung (je nach Substrat und Haufwerkseigenschaften)



## Weitere Entwicklung:

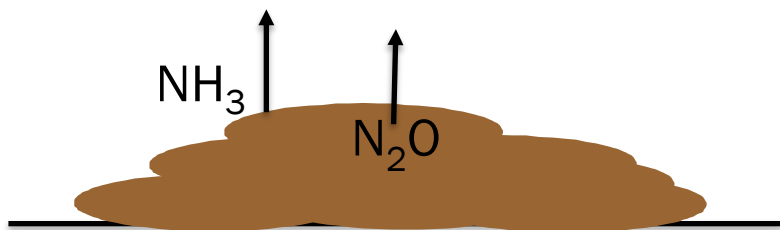
- Haufwerk sackt (ohne stabilen Strukturanteil)
- Luftkammern und grobe Porenstrukturen schließen sich
- Zustand im Inneren wird zunehmend anaerob (sauerstofffrei)
- Die Außenschicht wirkt isolierend, im Inneren bleibt warm, feucht und anaerob >  $\text{CH}_4$ -Entstehung
- Der äußere Bereich ist semi-aerob (aerobe und anaerobe Prozesse)





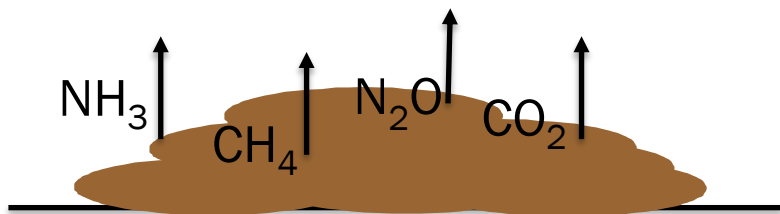
### Beginn:

- Haufwerk ist locker
- guter Luftzutritt durch grobe Porenstrukturen
- Abbau organischer Substanz, Erwärmung, Ammonifizierung, dann Nitrifizierung ( $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen);
- Bei engem C/N-Verhältnis (Gemüsereste, Grünmulch, Mist, Futterreste, Grasschnitt etc.)  
>Ammoniakfreisetzung
- Bei Grünmulch sind wegen der dünnen Schichten die  $\text{CH}_4$ -Emissionen unbedeutend, wegen des engen C/N-Verhältnisses die N- Emissionen ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) hoch
- Bei weitem C/N-Verhältnis wird Ammonium in mikrobielle Biomasse eingebaut



### Weitere Entwicklung:

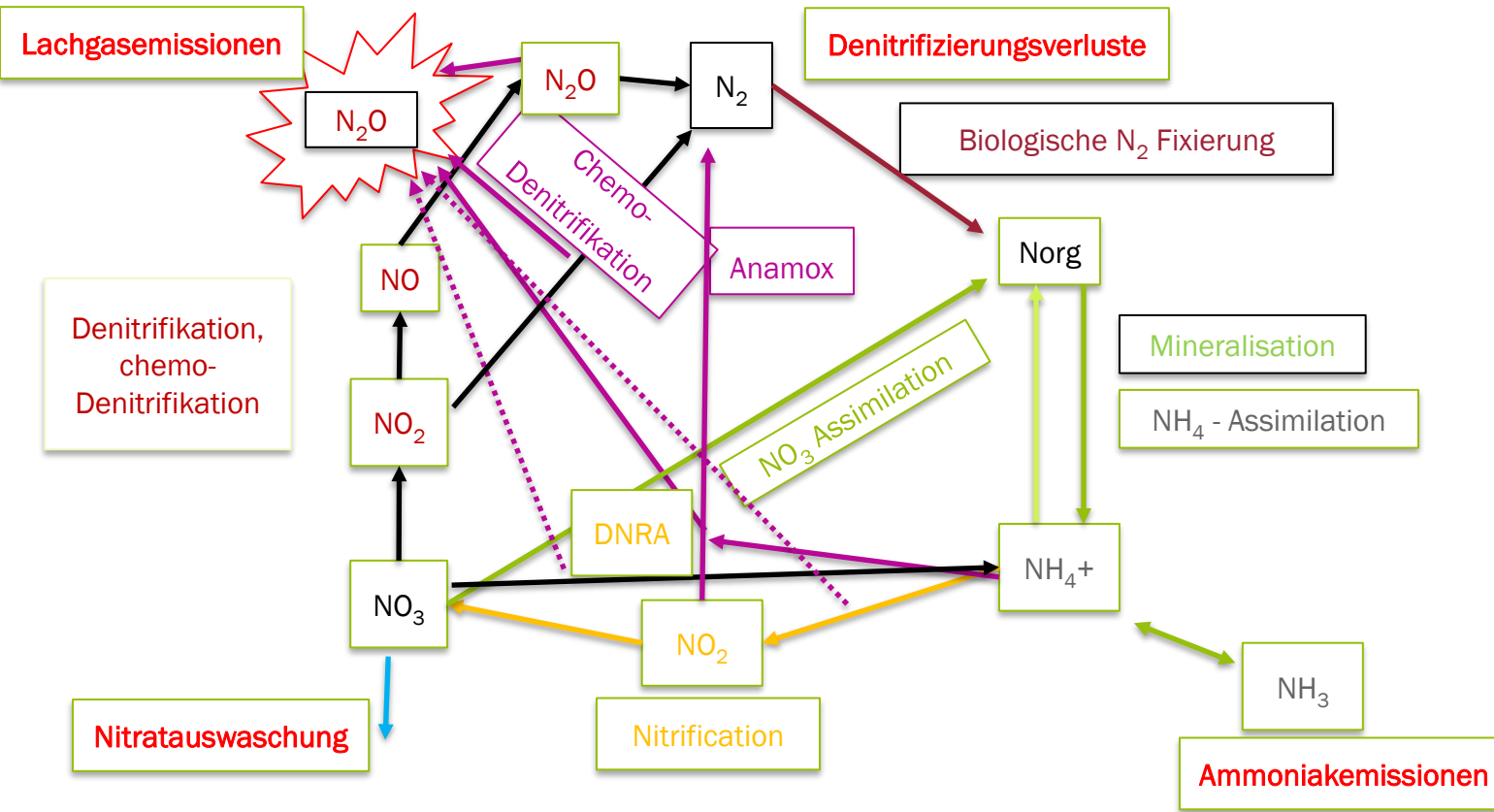
- Haufwerk sackt (ohne stabilen Strukturanteil)
- Luftkammern und grobe Porenstrukturen schließen sich
- Zustand im Inneren wird zunehmend anaerob (sauerstofffrei)
- Ammonifizierung geht aerob und anaerob weiter
- Nitrat wird in semi- und anaeroben Bereichen als Sauerstoffquelle genutzt > Denitrifikation > hohe  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen
- Der äußere Bereich ist semi-aerob (aerobe und anaerobe Prozesse parallel)



### Weitere Entwicklung:

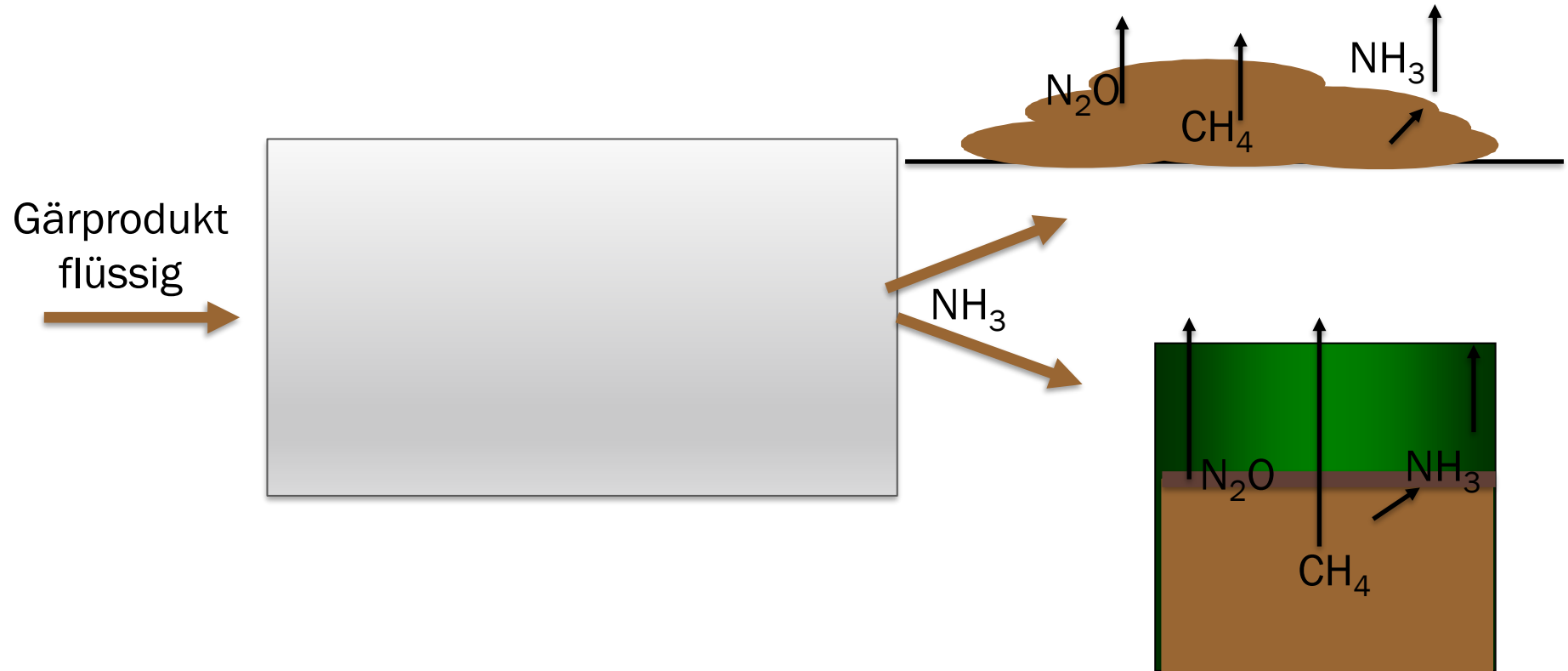
- Haufwerk sackt (ohne stabilen Strukturanteil)
- Luftkammern und grobe Porenstrukturen schließen sich
- Zustand im Inneren wird zunehmend anaerob (sauerstofffrei)
- Ammonifizierung geht aerob und anaerob weiter
- Nitrat wird in semi- und anaeroben Bereichen als Sauerstoffquelle genutzt > Denitrifikation > hohe  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen
- Der äußere Bereich ist semi-aerob (aerobe und anaerobe Prozesse parallel)





## N-Kreislauf und Emissionsaspekte

# Separationsverfahren



# Maßnahmen

- $\text{NH}_3$  vor der Separation strippen oder stabilisieren
- Separationsanlagen einhausen, saure Wäsche der Abluft
- Flüssige Gärprodukte gasdicht lagern, mindestens abgekühlt abgedeckt
- Feste Gärprodukte mindestens windgeschützt kühl, mit Vlies abgedeckt lagern ( $\text{NH}_3$ )
- Weites C/N-Verhältnis einstellen,  $\text{NH}_3$  vorher strippen oder als Struvit stabilisieren ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Durch Strukturmaterial (oder Umsetzen) aerobe Verhältnisse schaffen ( $\text{CH}_4$ )
- Zielkonflikte beachten (Aerobisierung bei engem CN-Verhältnis, Abdecken)
- > Folgeprojekt MehrWiDü

# **Herausforderungen bei Wirtschaftsdüngervergärung**

# Nährstoffumsatz – Vergleich NawaRo - Wirtschaftsdünger



## **Umstellung von Maissilage + Rindergülle auf Rindermist + Rindergülle**

- Gut doppelter N-Durchsatz
- Knapp dreifacher P- Durchsatz

## **Umstellung von Maissilage + Rindergülle auf Hühnerkot + Rindergülle**

- Gut vierfacher N-Durchsatz
- Gut fünffacher P- Durchsatz

# Nährstoffumsatz – Vergleich NawaRo - Wirtschaftsdünger

	Input				Gesamt- CH <sub>4</sub> -Ertrag [Mio m <sup>3</sup> /a]	Gärprodukt		
	[t/a]	Anteil	TS [% FM]	Gasertrag [m <sup>3</sup> /t FM]		TS [%]	N <sub>gesamt</sub> [t/a]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [t/a]
Szenario 1: 250 kWAnlage, vorwiegend NawaRo								
Maissilage	4.970	70 %	35 %	202			16	9
Rindergülle	2.130	30 %	8 %	18			7	3
Summe	7.100	100 %	27 %	146	0,54	9,5 %	23	13
Szenario 2: 250 kWAnlage, ausschließlich Wirtschaftsdünger								
Rindermist	10.400	80 %	25 %	90			42	33
Rindergülle	2.600	20 %	8 %	18			9	4
Summe	13.000	100 %	22 %	76	0,54	13,2 %	50	37
Szenario 3: 250 kWAnlage, ausschließlich Wirtschaftsdünger								
Hühnerkot	4.500	50 %	45 %	169			83	64
Rindergülle	4.500	50 %	8 %	18			15	7
Summe	9.000	100 %	27 %	93	0,54	17,5 %	98	72

# Lagerraumbedarf – Vergleich NawaRo – Wirtschaftsdünger (Bsp. 500 kW Bemessungsleistung)



- Maissilage : 6.600 m<sup>3</sup>
- Rindermist : 16.100 m<sup>3</sup>
- Rindergülle: 50.600 m<sup>3</sup>
- Schweinegülle: 70.600 m<sup>3</sup>

# Lagerraumbedarf – Vergleich NawaRo - Wirtschaftsdünger



Substrat (jeweils 100 %)	Substratmenge (t/a)	Gärrest (t/a)	Lagervolumenbedarf Gülle unvergoren (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Lagervolumenbedarf vergoren (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>
Silomais	11.670	8.751	-	6.563
Rindermist	21.450	18.554	Mistplatte	16.088
Rindergülle	67.500	64.766	33.750	50.625
Schweinegülle	93.300	90.781	46.650	69.975
1 Nach DüVO müssen Tierhaltungsbetriebe (bei ausreichender Fläche) in der Regel 6 Monate Lagerkapazität für die Gülle nachweisen, Biogasanlagen müssen idR. 9 Monate Lagerkapazität nachweisen				



## **(5) Zusammenfassung und Ausblick**

# Emissionsvermeidung bei der Gärproduktaufbereitung



- Biogastechnologie + Gärproduktaufbereitung macht Biogas zu Nährstoffdrehscheiben in viehdichten Regionen
- Emissionsarme Technologien über die gesamte Kette nötig
- Breite Technologieauswahl verfügbar mit verschiedenen spezifischen Effekten
- Wirtschaftlichkeitsbewertung komplex > in Arbeit

## **Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft**

### **Ansprechpartner**

Prof. Dr. agr. Walter Stinner

Tel.: +49 (0)341 2434-524

[walter.stinner@dbfz.de](mailto:walter.stinner@dbfz.de)

**DBFZ Deutsches  
Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

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

E-Mail: [info@dbfz.de](mailto:info@dbfz.de)

[www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)

# Relevante Klimagase



- $\text{CH}_4$  :  $\text{CO}_2$  – Äquivalenzfaktor =  $25^{1)}$ ; Bildung anaerob unter feucht (-warmen) Bedingungen; Bildung v.a. in Gülle- und offenen Gärproduktlagern, im Inneren von Haufwerken und Mieten fester Gärprodukte, von Mist, Futterresten....)
- $\text{N}_2\text{O}$  :  $\text{CO}_2$  – Äquivalenzfaktor =  $298^{1)}$ ; Bildung durch Nitrifizierung und Denitrifizierung, d.h. v.a. unter semiaeroben Bedingungen; N-Verlustquelle; Fördernd: Enges C/N – Verhältnis (= N-Überschuss), semi-aerobe- Verhältnisse; Bildung v.a. in Schwimmdecken, im oberflächennahen Bereich von Haufwerken
- $\text{NH}_3$ : Indirekt wirkendes Treibhausgas (via  $\text{N}_2\text{O}$ ); versauernd, eutrophierend, N-Verlustquelle; Hauptsächliche N-Form in flüssigem Gärprodukt; Emissionsfördernd: intensiver Luftkontakt, Vakuum, hohe Temperatur, hoher pH-Wert, hohe  $\text{NH}_4/\text{NH}_3$ -Konzentration;

# Projektvorstellung Nährwert

FKZ: 2220NR255B

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

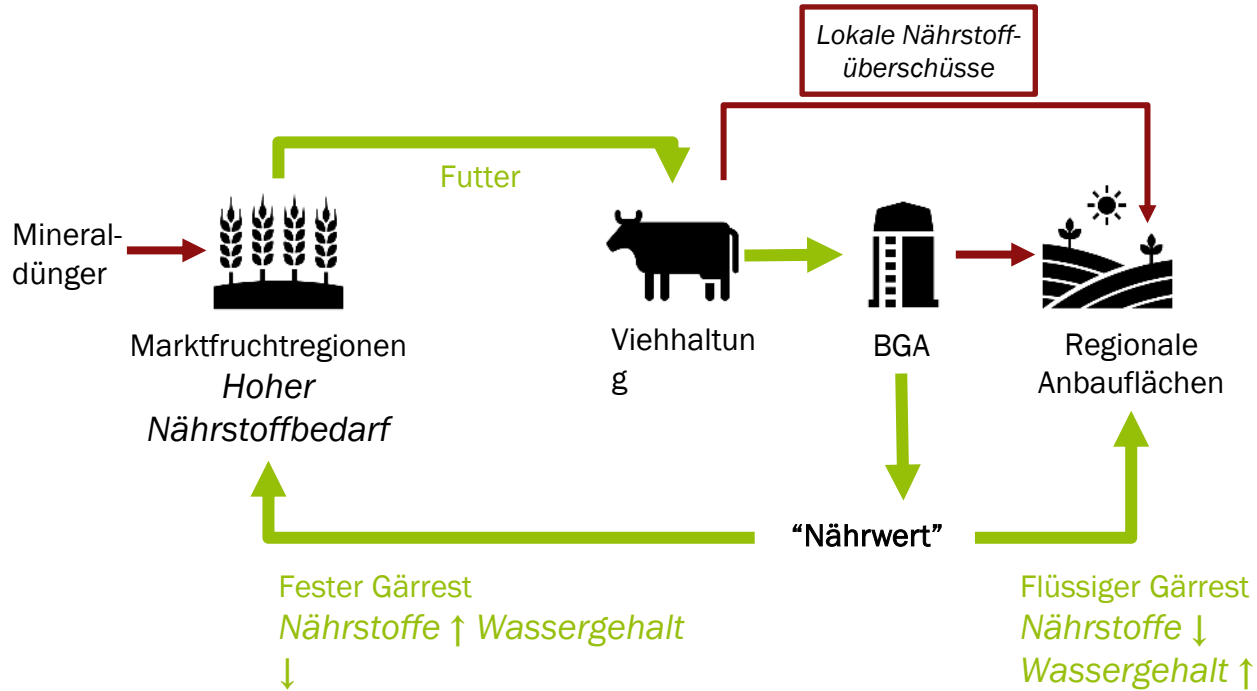
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Nährwert statt Nährstoffüberschussproblem

Biogasanlagen auf dem Weg zur überregionalen Nährstoffdrehscheibe  
Hannover, 5.12.2024

# Motivation



## **Herausforderungen**

- **Veredelungsregionen mit hoher Biogasanlagendichte → Nährstoffüberschüsse, die zu Nitratauswaschung, Eutrophierung und Umweltproblem führen**
- **Biogasanlagen stehen im Zentrum der Problematik, sie bündeln regionale Nährstoffströme**

## Motivation

### **Lösungskompetenz der Biogasanlagen nutzen**

- Bündelung der Nährstoffströme
- Höhere economies of scale im Vergleich zu Tierhaltungsbetrieben
- Höhere Technikaffinität und Stoffstromkompetenz der Betreiber
- Verfügbarkeit von Energie zur Stoffstromaufbereitung (Wärme, Strom)

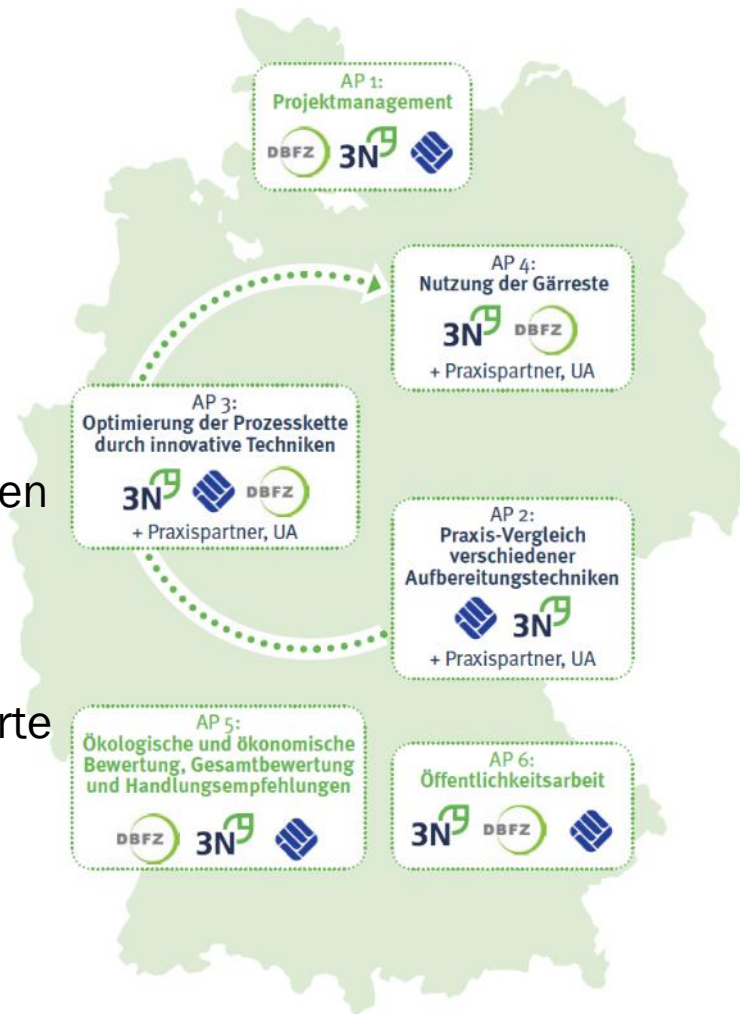


### **Lösungskompetenz der Biogasanlagen nutzen für**

- Umweltgerechte und kostengünstige Verbesserung des Gärproduktmanagements
- Starke Berücksichtigung von Nährstoffeffizienz, und Emissionsminimierung über die gesamte Prozesskette
- Gesamtlösungen unter Berücksichtigung pflanzenbaulicher, managementseitiger und technischer Optionen bei kosteneffizienz

# Projektstruktur

- Projektlaufzeit:  
01.07.2021 –  
31.12.2024
- Alle Arbeitspakete werden  
in Kooperation mit  
Praxispartnern  
durchgeführt →  
wissenschaftlich fundierte  
Untersuchungen +  
praxistaugliche  
Anwendungen



# **AP 2: Praxis-Vergleich verschiedener Aufbereitungstechniken**



## **Prüfung marktverfügbarer Praxistechnologien zur Gärrestaufbereitung**

Stärken und Schwächen bei unterschiedlichen Gärresten  
Optimierung des Einsatzes

## **Weiterentwicklung der Online-Messung der Nährstoffgehalte von Gärprodukten (mobile NIRS-Analytik)**

Voraussetzung für nährstoffeffiziente und verlustarme Ausbringung  
Aufnahme der NIR-Spektren aller pumpbaren Gärreste und Gärrestfraktionen  
Validierung der erweiterten Kalibrationsdatenbanken für aufbereitete Gärreste



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

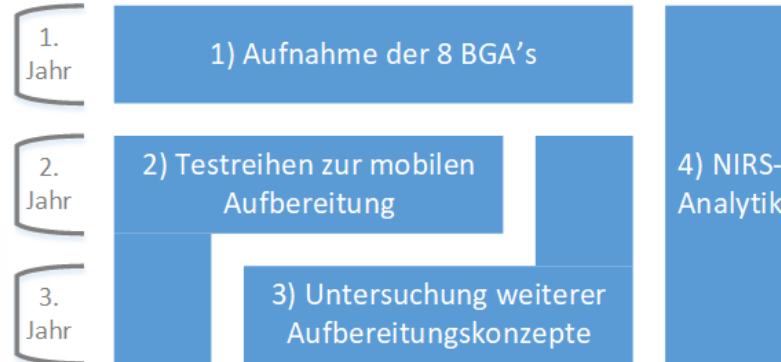
## AP 2: Praxis-Vergleich verschiedener Aufbereitungstechniken



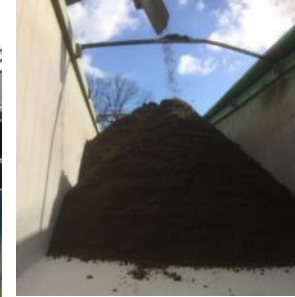
- 1. Aufnahme von 8 Biogasanlagen mit der vorhandenen Aufbereitungstechnik**
- 2. Auswahl von 4 Biogasanlagen, an denen vergleichende Testreihen mit mobilen Aufbereitungsanlagen durchgeführt werden**
- 3. Begleitende NIRS-Analytik**



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences



## AP 2: Praxis-Vergleich verschiedener Aufbereitungstechniken



**Hydrozykloneinsatz**

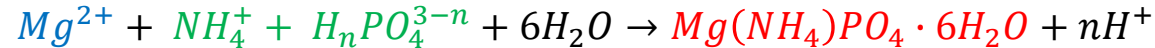
**Cross-Flow-Filtration**

**Algeneinsatz**



## AP 3: MAP- Fällung (DBFZ)

- MAP (= Magnesiumammoniumphosphat) fällt als Feststoff aus



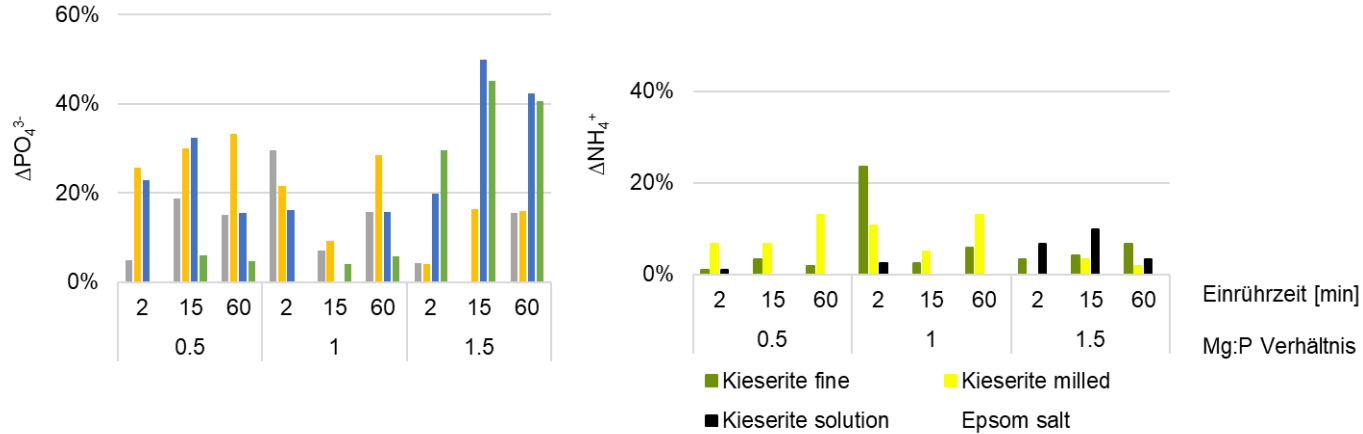
Magnesium als  
Fällungsmittel

Ammonium und  
Phosphat im Gärrest

MAP (Struvit) ↓

- Vorteile für die Düngung:
  - Geringe Löslichkeit in Wasser, hohe Löslichkeit in Säuren
  - N kann als Ammonium stabilisiert werden
  - Kombination von P mit Attraktionsnährstoff  $NH_4^+$

# MAP- Fällung



Eliminierungsraten von Phosphat ( $\Delta\text{PO}_4^{3-}$ ) und Ammonium ( $\Delta\text{NH}_4^+$ ) aus dem flüssigen Gärrest



## MAP- Fällung

### Vorläufige Schlussfolgerungen

- Verlagerung von N&P in die feste Phase durch Zugabe von Magnesiumsulfat ( $\text{MgSO}_4$ ) ist möglich → erhöhte Transportwürdigkeit der festen Gärreste → Regionaler Nährstoffausgleich und Mineraldüngerersatz
- Komplexität der Prozesse erfordert weitere Untersuchungen:
  - Klimarelevanz: Lässt sich N stabilisieren? Wie lange? Können THG so eingespart werden? Höhere P-Effizienz durch MAP?
  - Pflanzenbauliche Betrachtungen

## Silierung von Stroh mit Gärresten

- Ökonomisch hoch interessant
- Einsparung von Gärrestlagervolumen und Transportkosten
- Laborseitig (Vakuumbeutelsilagen) sehr gute Ergebnisse bzgl. Energieeffizienz der Silierung und Gasausbeute des Strohs
- Praxistauglichkeit noch nicht gegeben, schneller Verderb an der Anschnittfläche, zu starke Emissionen an der Anschnittfläche
- Technisch lösbar über ausreichende Zugabe von Melasse (> Säurebildung), jedoch nicht ökonomisch
- Folgeprojekt zur Bereitstellung löslicher Zucker durch Enzympräparate von Biopract

## Weitere Arbeiten AP 3

- Versuche mit Partnern innovativer Gärrestbehandlungen
- Eigene Topfversuche zur indirekten Bewertung der Vermeidung von Lachgasemissionen (Ammoniumeffekte)

## AP 4: Nutzung der Gärreste (3N)

Bausteine:

A diagram showing three light green rectangular boxes representing experimental building blocks. Two boxes are at the top: 'Gefäß- Versuche' on the left and 'Praxisversuche' on the right. A third box, 'Parzellen- Exakt- Versuche', is centered below them. The top-left box has a dark green border, while the other two have blue borders.

Gefäß- Versuche

Praxisversuche

Parzellen- Exakt- Versuche

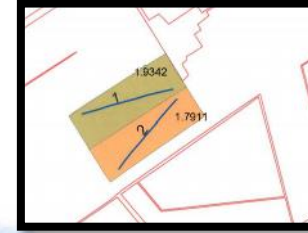
## AP 4: Praxisversuche

### 7 Betriebe in Niedersachsen

19 Praxisflächen mit 11 verschiedenen Kulturen

- regionstypische Fruchtfolgen  
sowie Dauerkulturen  
(mehnjährige Wildpflanzen,  
Durchwachsene Silphie,  
Grünland)

GPS- gestützte Bodenprobenahme  
um Nährstoffdynamik von Gärrestfraktionen  
in der Praxis zu überprüfen



## **Zusammenfassung und Fazit**

- **Vielversprechende Ansätze der Technik → Identifikation von geeigneten Kombinationsmöglichkeiten**
- **Verlagerung von N & P in die feste Phase durch Zugabe von Magnesiumsulfat ist möglich → Komplexität der Prozesse erfordert weitere Untersuchungen**
- **Anbau von Dauerkulturen eröffnet innovative Perspektiven für das Gärproduktmanagement und optimierte Nährstoffkreisläufe an Biogasanlagen**



Fotos: Silphie, Wildpflanzen: FNR;  
Pferdemist: Stinner

Fotos: Stinner



# Danke...

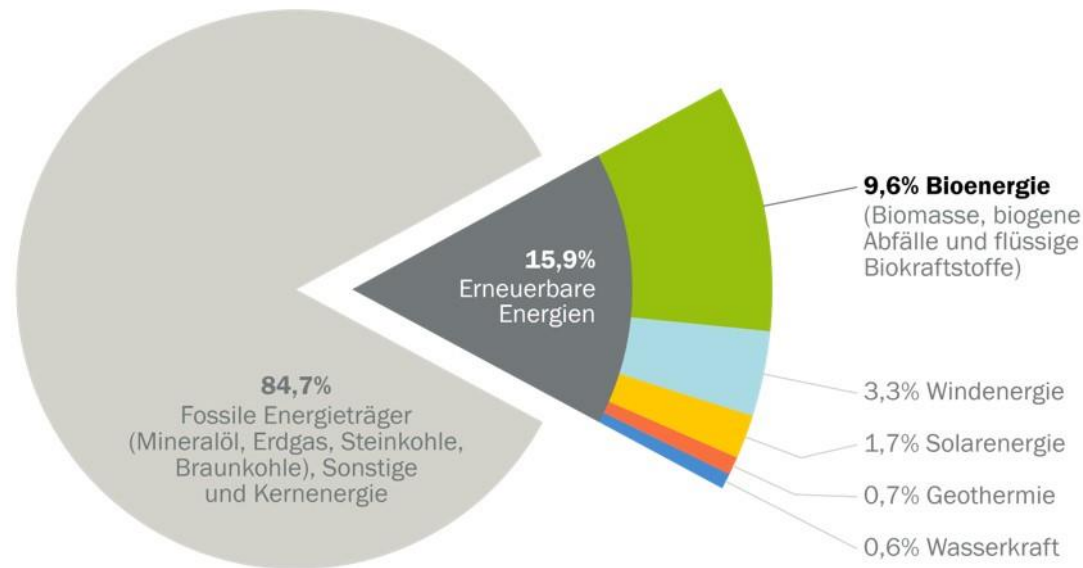
- Für die Einladung,
  - Für die Aufmerksamkeit
- ...und nun für die Diskussion!





# Biomasse im nationalen Energiesystem

**Primärenergieverbrauch in Deutschland 2021: 12265 PJ (Petajoule) zuzüglich 69 PJ Stromaustauschsaldo**



-0,6% Stromaustauschsaldo nicht dargestellt

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. "Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2021" Stand 2022-02-14  
CC BY-NC-ND 4.0 DBFZ 2022

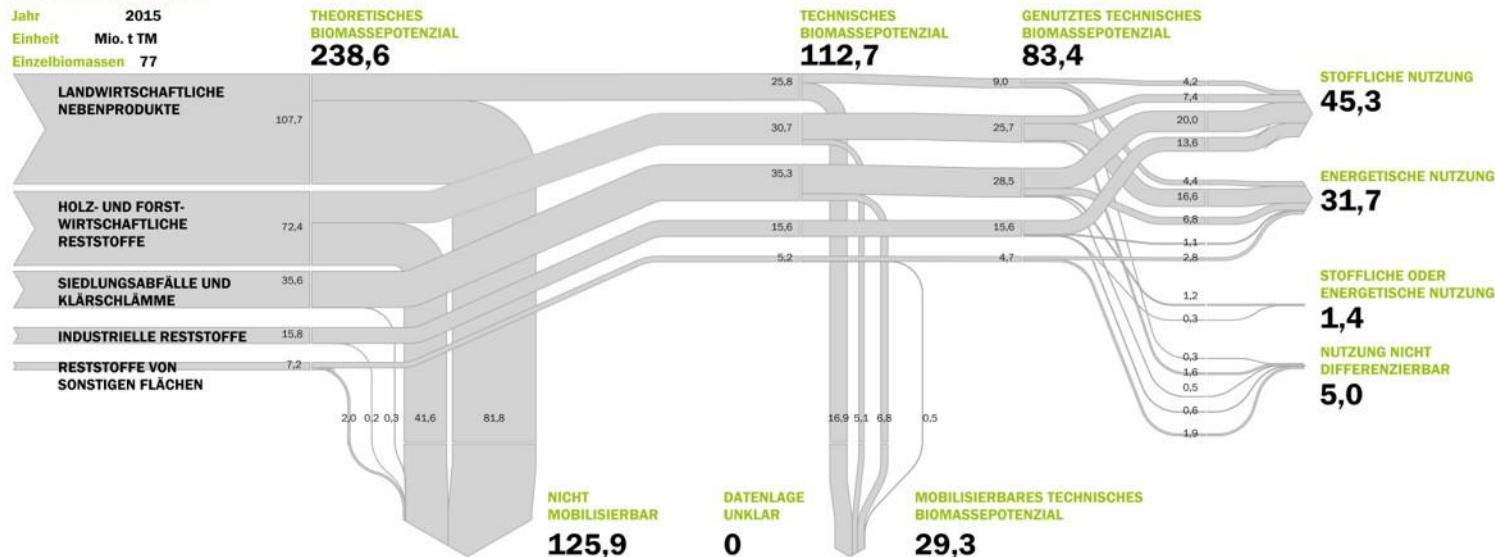
## AGEB Fazit:

Energieverbrauch 2021  
steigt durch Pandemie und  
Wetter!

# Ressourcenbasis: Biogene Reststoffe in Deutschland

## BIOGENE RESTSTOFFE IN DEUTSCHLAND

### MITTELWERTE



## Monitoring der Bioökonomie

### Ressourcenbasis und Nachhaltigkeit

Arbeitsgruppe Biomassereststoffmonitoring (AG BioRestMon)

Quelle: DBFZ Ressourcendatenbank 12/2020

# Mehr Infos? » DBFZ Datenlabor!



- ✓ Bereitstellung von projektübergreifenden Forschungsdaten
- ✓ Landingpage für alle DBFZ-Webapplikationen
- ✓ Kostenfrei und langfristiger Betrieb gesichert

<https://datalab.dbfz.de/>

# Wege von Biomasse ins Energiesystem

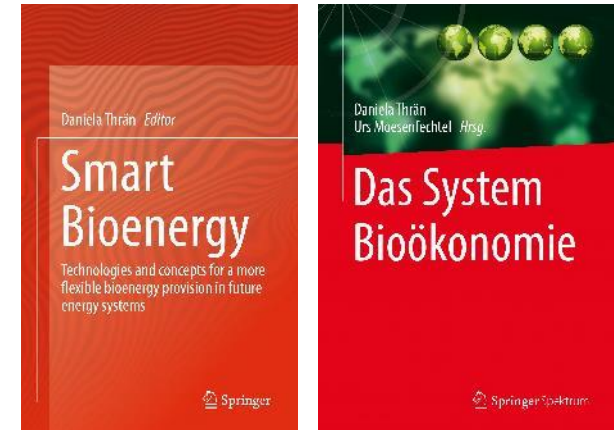


# Unsere Vision: Smart Bioenergy



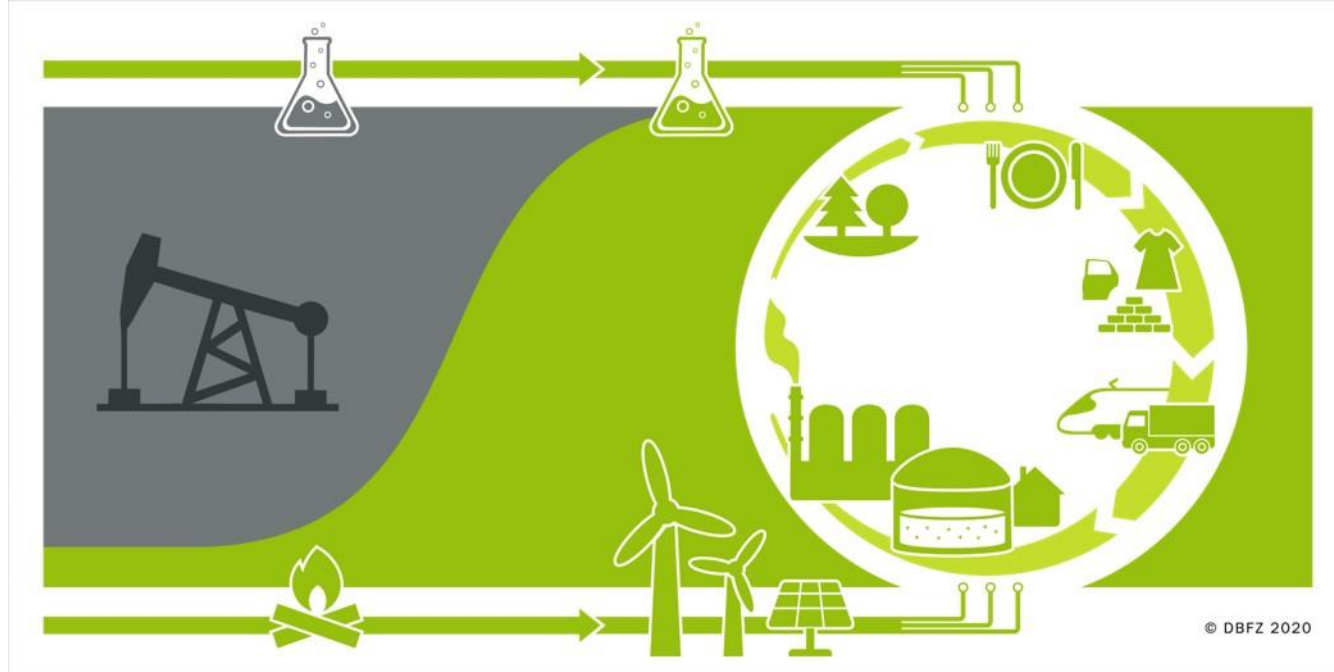
## Sichere, saubere, integrierte und intelligente Bioenergienutzung für ein nachhaltiges Wirtschaftssystem

- 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**

# Entwicklungsstufen zur „smarten Bioenergie“



# Das DBFZ in Zahlen (2023)



**124**

**bearbeitete  
Projekte**

**51**

**abgeschlossene  
Projekte**

**31**

**neu gestartete  
Projekte**

(Markt- und Zuwendungsprojekte)

**63**

**Peer reviewed  
Publikationen**

(davon 56 Open-Access)

**275**

**Mitarbeitende**  
(Stand: 31.12.2023)

**ca. 402.900 €**

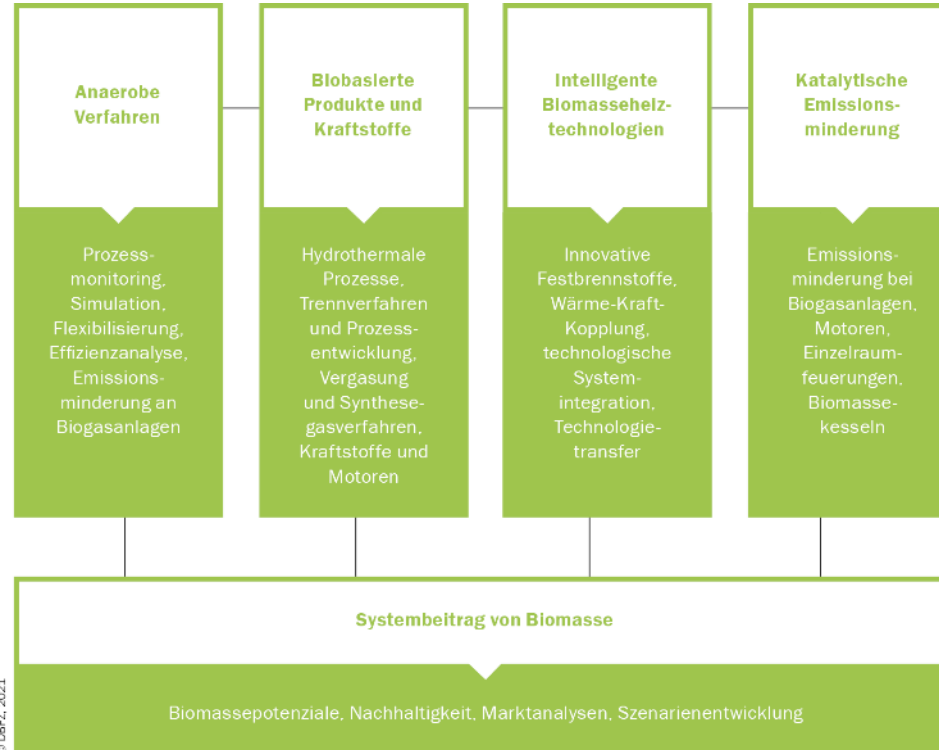
**durchschnittliches  
Projektvolumen**

der 2023 gestarteten Projekte

**58**

**Interne & externe  
Veranstaltungen**

# Die Forschungsschwerpunkte des DBFZ





# Anaerobe Verfahren

*„Biogasanlagen müssen hinsichtlich ihrer Substrate und der Bioenergiebereitstellung flexibler werden. Nur dann werden sie auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung leisten können“. (Dr. agr. Peter Kornatz, DBFZ)*

## Zielsetzung des Forschungsschwerpunkts

- Flexibilisierung in Bezug auf Substrate und Prozessführung
- Prozessüberwachung und -regelung
- Emissionsminderung
- Effizienzsteigerung und Kostensenkung
- Koppelung von stofflicher und energetischer Biomassenutzung



# Aktuelles Projekt - BioSim

**Projekt:** BioSim | Nachwuchsforschergruppe zur modellbasierten Zustandsüberwachung und Prozessführung an Biogasanlagen

**Laufzeit:** 11/2020–10/2023 (bzw. 10/2025 bei positiver Zwischenevaluation)

**Fördermittelgeber:** BMEL/FNR

**Ziel:** Im Rahmen der Nachwuchsforschergruppe sollen praxisrelevante Methoden zur modellbasierten Zustandsüberwachung und Prozessführung implementiert, evaluiert und gezielt hinsichtlich der Anforderungen der System- und Regelungstechnik zur Prozessautomatisierung von großtechnischen Biogasanlagen weiterentwickelt werden.

## Methoden:

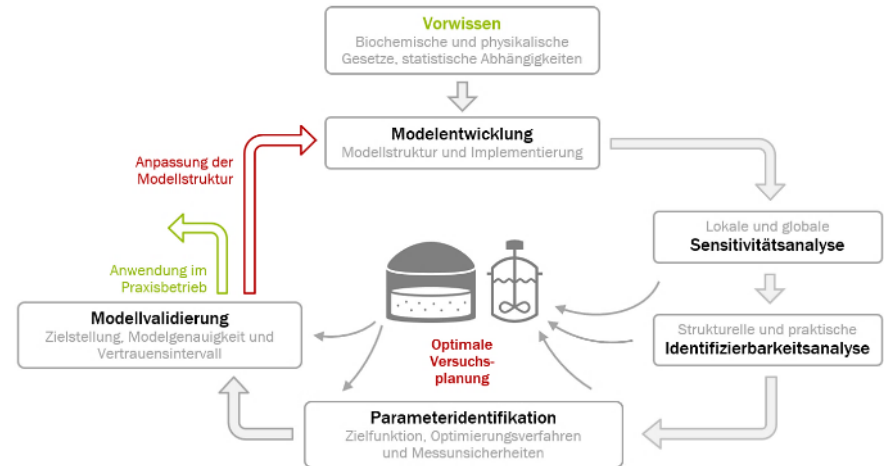
- Entwicklung von praxisnahen Simulationsmodellen und Bilanzen
- Systemtechnische Analyse der verfügbaren Modelltheorie
- Entwicklung von robusten und adaptiven Verfahren zur modellbasierten Zustandsüberwachung und Prozessregelung
- Methodvalidierung anhand von Labor- und Praxisversuchen

## Ergebnisse:

- Automatisierungslösungen für großtechnische Biogasanlagen
- Modellbasierte Studie zu zukünftigen Verfahrens- und Betriebskonzepten für den Biogasanlagenbestand

## Bundesinteresse:

- Effiziente und regelbare Energie- und Stoffbereitstellung von Biogasanlagen



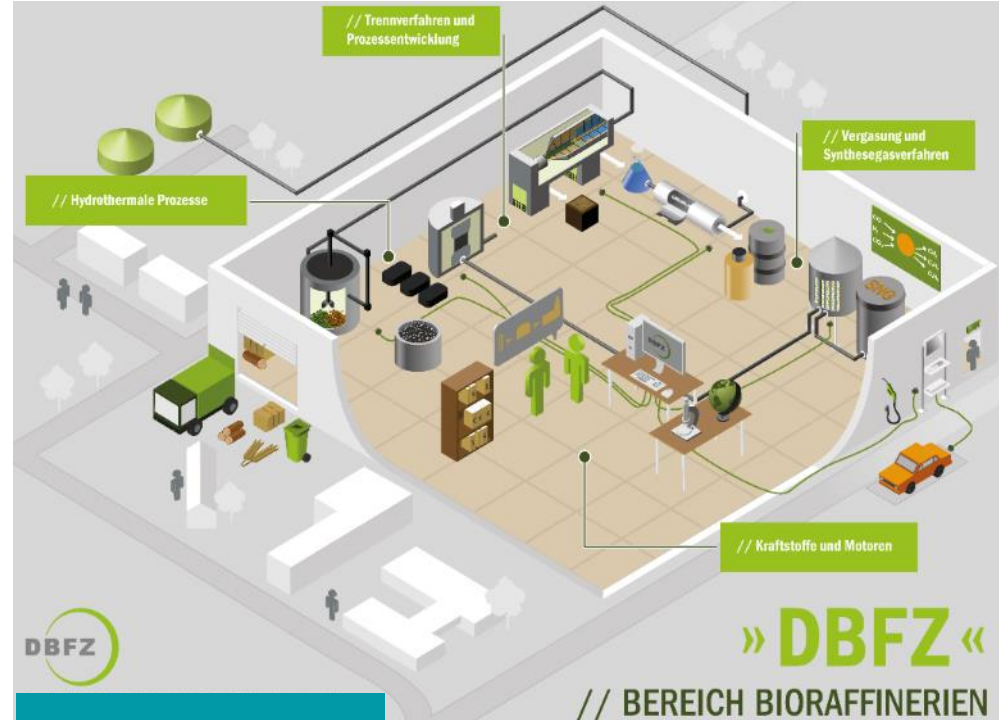
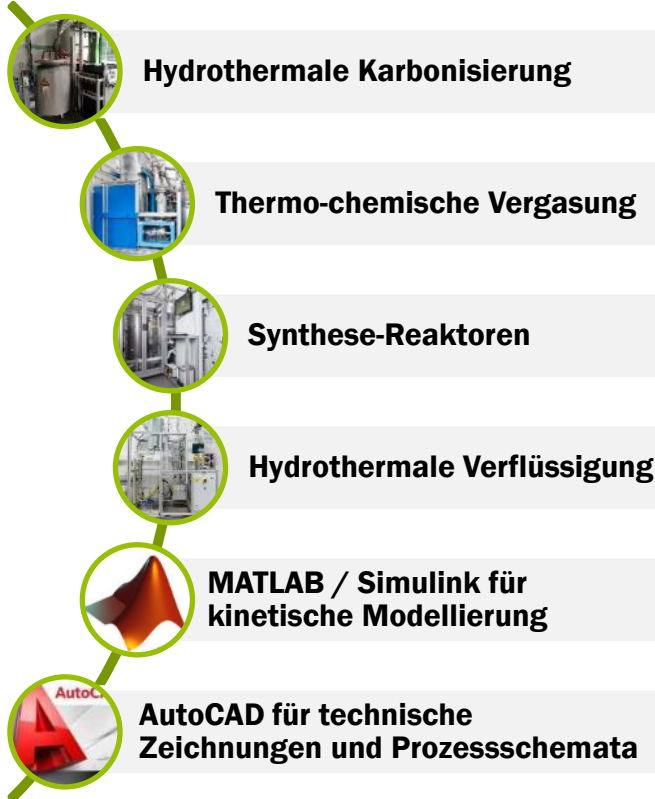
*„Bioökonomie ist ein zentraler Baustein für eine nachhaltige klimaneutrale Kreislaufwirtschaft. Unser Beitrag hierfür umfasst die Forschung und Entwicklung von innovativen und wettbewerbsfähigen Technologien für biobasierte Produkte und Kraftstoffe.“ (Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer, DBFZ)*

## Zielsetzung des Forschungsschwerpunkts

- Entwicklung und Anwendung von Bioenergieträgern für den Verkehr und Industrie
- Entwicklung innovativer und wettbewerbsfähiger biobasierter Verfahren und Produkte
- Entwicklung von Bioraffineriekonzepten als Teil geschlossener Stoffkreisläufe
- Reduzierung von Emissionen



# Automatisierte Prozessüberwachung, Prozesssimulation und Arbeiten nahe an Industriestandards



*„Die Wärmewende gelingt im Kontext des Klimaschutzes nur, wenn wir zwei zentrale Herausforderungen intelligent lösen: Reduzierung des Einsatzes von hochwertigen Holzsortimenten für Energie und Fokussierung der Biomasseverbrennung auf Versorgungslücken im erneuerbaren Wärme-Strom-System.“  
(Dr.-Ing. Volker Lenz, DBFZ)*

## Zielsetzung des Forschungsschwerpunkts

- Aufbereitung von biogenen Rest- und Abfallstoffen sowie Nebenprodukten zu hochwertigen biogenen Festbrennstoffen als Ersatz für energetisch genutzte Primärholzkontingente
- Entwicklung und Etablierung systemoptimierter Wärmepumpen-Biomasse-Hybride sowie Wärme-Kraft-Kopplung für alle Anwendungsfälle
- Entwicklung von intelligenten Regelkonzepten für hybride Wärmelösungen
- Einbindung der thermo-chemischen Biomassekonversion in den Kontext resilienter Versorgungssysteme
- Entwicklung von Ansätzen und Lösungen zur beschleunigten Umsetzung der Wärmewende



# Aktuelle Projekte: SNuKR, OptDienE, VaBiFlex



## Identifizierung systemdienlicher Einsatzmöglichkeiten fester Biomasse mit begrenzter Verfügbarkeit zur dezentralen Wärme- und Stromerzeugung

Biomasseheizanlagen (auch mit Stromanteil) können weitergehend flexibilisiert eingesetzt werden, wobei gewisse technische und emissionsseitige Einschränkungen beachtet werden müssen. Eine flexiblere und systemdienlichere Integration der Festbrennstoffheizsysteme erfordert standardisierte Schnittstellen und besondere Systemregler. Zudem muss für alle Akteure in der Austauschketten die Komplexität deutlich durch geeignete IT-Anwendungen und KI-Expertensysteme vereinfacht werden.

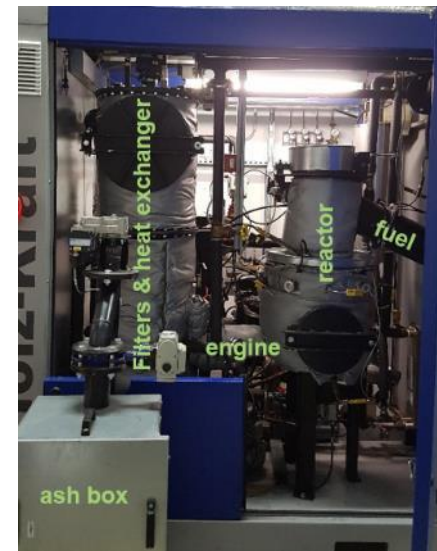
**Projekte:** SNuKR (BMWK/PTJ), OptDienE (BMWK/PTJ), VaBiFlex (BMEL/FNR) <sup>1</sup>

**Laufzeit:** 2018–2022

**Methoden:** Datenanalyse und -evaluierung, technische Versuche, Modellierung, Simulation

### Ergebnisse:

- optimierte Regelungsalgorithmen für Holzvergaser- und Stirling-BHKW steigern die Stromnetzdienlichkeit der biomassebasierten dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung
- positive Effekte dezentraler Hybridsysteme auf die gebäudespezifische Stromnetzdienlichkeit identifiziert
- erfolgreiche Untersuchungen zum Einsatz lokal verfügbarer Rest- und Abfallstoffe in Kleinanlagen



<sup>1</sup>SNuKR | Steigerung des Nutzens von kleinen, biomassebefeuelten BHKWs durch bedarfsgerechte Regelung, OptDienE | Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten, VaBiFlex | ERA-Net-Verbundvorhaben: Wertoptimierte Nutzung von Biomasse in einer flexiblen Energieinfrastruktur; Teilvorhaben 1: Theoretische und experimentelle Untersuchungen, Foto: © Daniel Büchner/DBFZ, 2021

*„Durch die Entwicklung und Anwendung von Luftreinhalteverfahren für die gekoppelte stofflich-energetische Nutzung von biogenen Reststoffen ist die Umweltfreundlichkeit sicherzustellen.“ (Prof. Dr. rer. nat. Ingo Hartmann, DBFZ)*

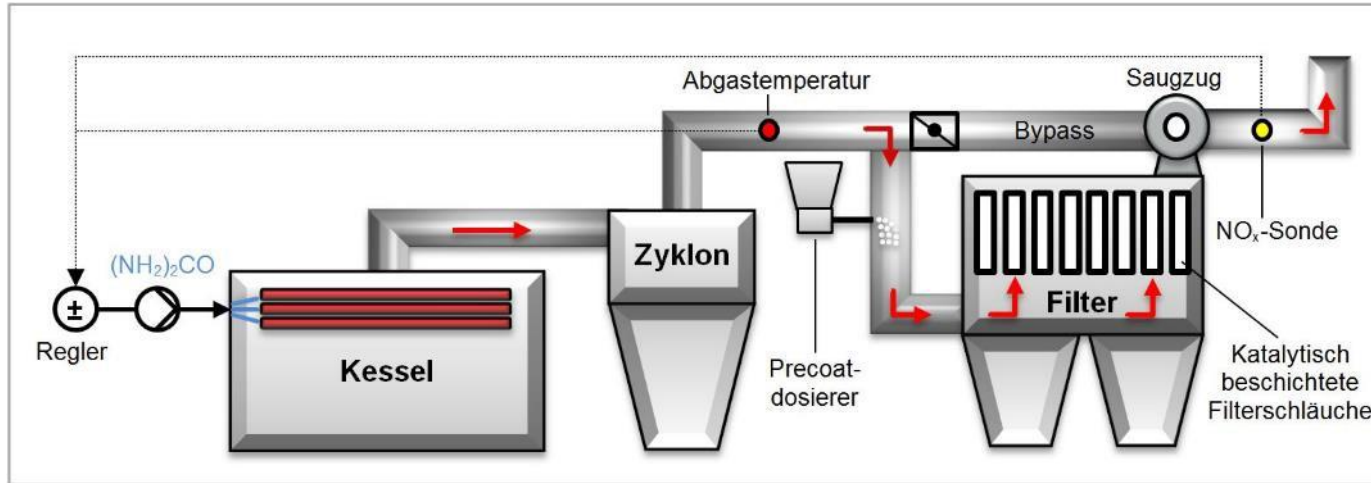
## Zielsetzung des Forschungsschwerpunkts

- Katalytisch aktivierte Rußpartikelfilter
- Katalysatoren für die Minderung von Kohlenwasserstoffen
- Selektive katalytische Reduktion (SCR)
- SCR in Kombination mit Staubabscheidung
- Katalytische Restmethanminderung





# Aktuelles Projekt: PaCoSil



## Zielwerte Reingas (6 Vol.-% O<sub>2</sub>)

- Staub, SO<sub>2</sub>, HCl  
≤ 5 mg/m<sup>3</sup><sub>i.N.</sub>
- NO<sub>x</sub> ≤ 75 mg/m<sup>3</sup><sub>i.N.</sub>
- Dioxine/Furane  
≤ 0,05 ng/m<sup>3</sup><sub>i.N.</sub>

Inhaltsstoffe in biogenen Reststoffen führen bei der Verbrennung zu erhöhten Emissionen

- Einsatz eines Zyklons zur Vorabscheidung von groben Partikeln und Funken
- SCR für NO<sub>x</sub>-Minderung: Eindüsung AdBlue, Messung NO<sub>x</sub> im Reingas für Prozesssteuerung
- Adsorption von SO<sub>2</sub>/HCl/PCDD/F: Einbringung Precoatmaterial, Abscheidung an Gewebefilter



# Systembeitrag von Biomasse

*„Smarte Bioenergienutzung wird in kleinen, sehr präzise geregelten Anlagen ein Baustein für die Integrierten Versorgungssysteme sein und zur nachhaltigen Energieversorgung von morgen beitragen können“. (Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän, DBFZ/UFZ/Universität Leipzig)*

## Zielsetzung des Forschungsschwerpunkts

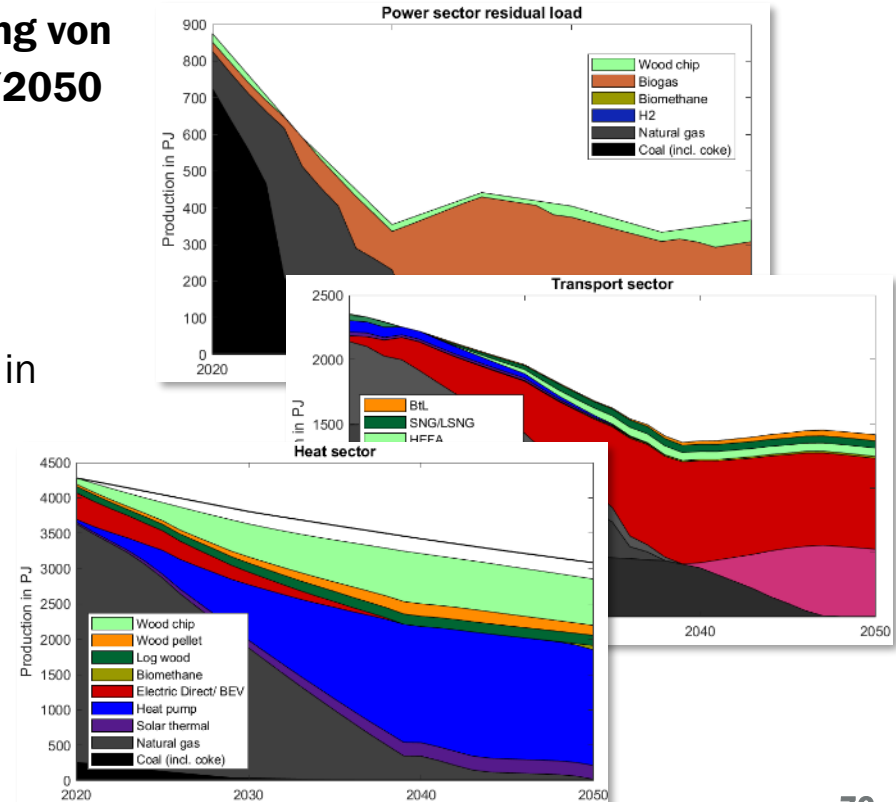
- Analyse und Mobilisierbarkeit der Biomassepotenziale
- Analyse und Diskussion des quantitativen und qualitativen Beitrags der Biomasse im erneuerbaren Energiesystem
- Zukünftige Anforderungen an Bioenergiotechnologien als Voraussetzung der Systemintegration
- Anforderungen an eine nachhaltige, stofflich-energetische Biomassenutzung in einem zunehmend klimaneutralen Versorgungssystem



# Aktuelles Projekt: SoBio

## Szenarien einer optimalen energetischen Nutzung von Biomasse im künftigen Energiesystem in 2030/2050

- Internes DBFZ Strategieprojekt mit UFZ-Department Bioenergie
- Laufzeit: 10/2019 – 12/2022
- Ziele:
  - Strategie zur optimalen Rolle der Biomasse in der Energiewende bis 2030/2050
  - Vorrangige Zielmärkte für Biomasse
  - Wettbewerbsfähige Technologien
  - Abgleich der politischen Instrumente mit Klimaschutzzielen von 2030
  - Effektive Instrumente/Randbedingungen zur Erreichung der Klimaziele 2050

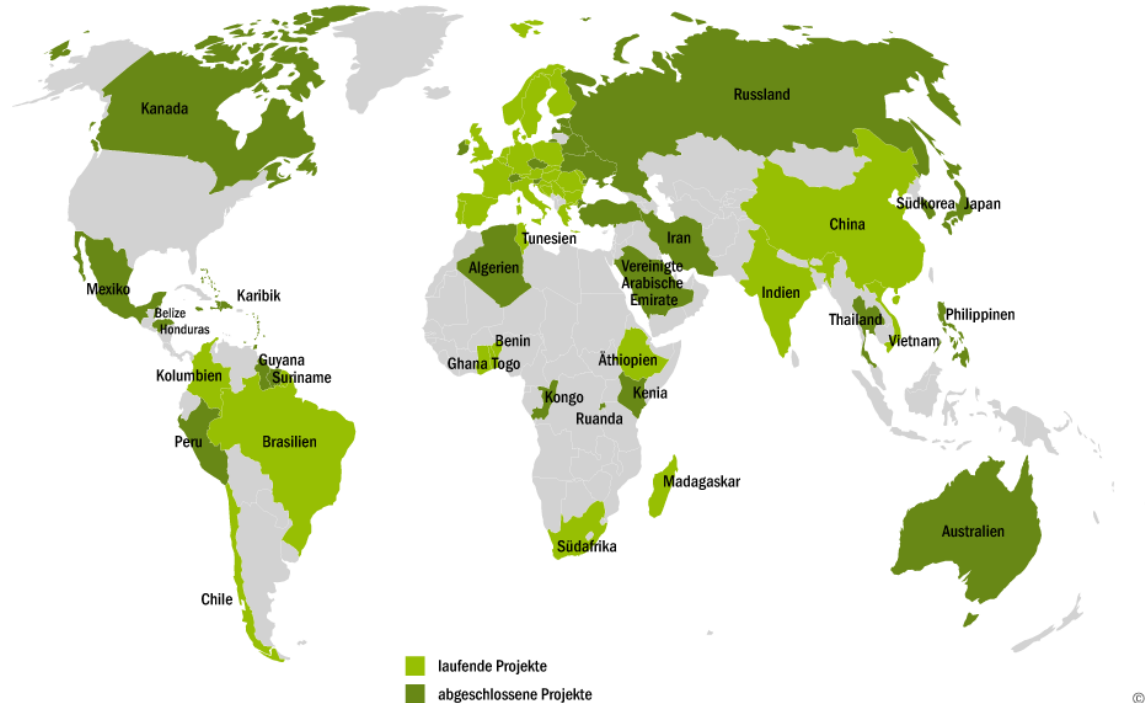


# Unsere Forschungsdienstleistungen

- Politikempfehlungen und -beratung
- Marktanalysen und Datenbereitstellung
- Technische, ökonomische und ökologische Bewertung
- Konzept- und Verfahrensentwicklung und -optimierung
- Wissenschaftliche Begleitung von F&E-Vorhaben
- Wissens- und Technologietransfer
- Technisch-wissenschaftliche Dienstleistungen



# Internationale Projekte des DBFZ

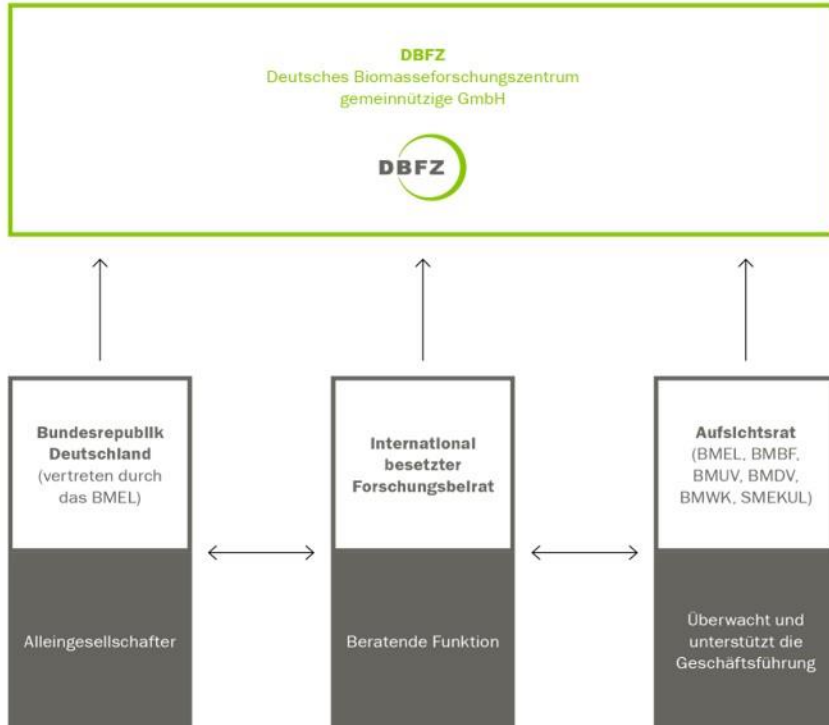


# Das Hauptgebäude des DBFZ



April 2022

# Eigentums- und Entscheidungsstruktur



## MINISTERIEN IM AUFSICHTSRAT DES DBFZ

**BMEL:** Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

**BMBF:** Bundesministerium für Bildung und Forschung

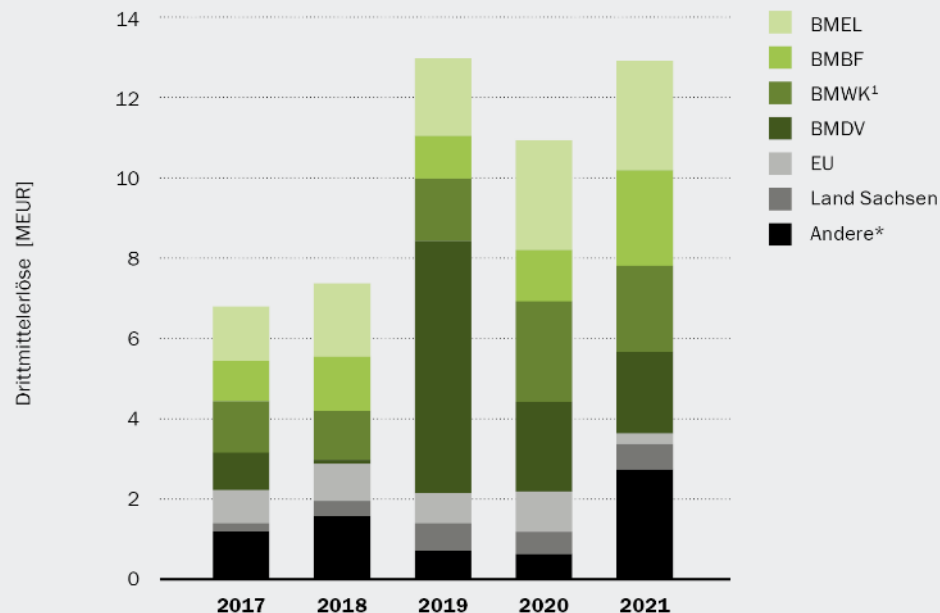
**BMUV:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

**BMDV:** Bundesministerium für Digitales und Verkehr

**BMWK:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

**SMEKUL:** Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

# Finanzierung (2017 - 2021)



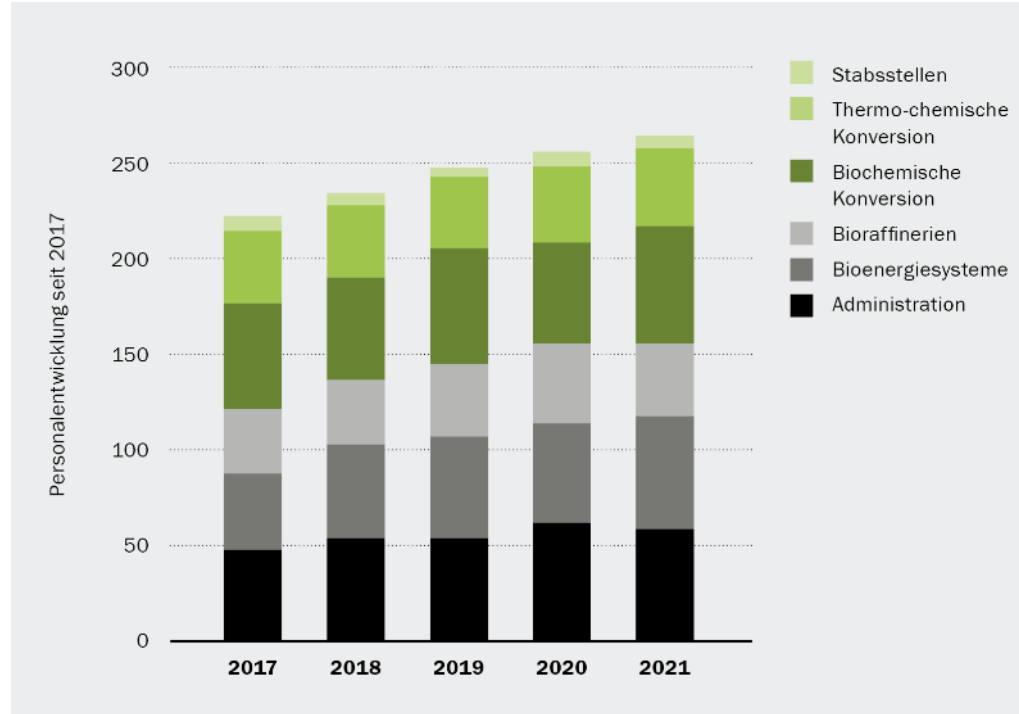
## Drittmittelerlöse 2021:

ca. 12,9 Mio. EUR

<sup>1</sup> Neues Ministerium seit Herbst 2021

<sup>2</sup> Auftragsforschung und Dienstleistungen privater und öffentlicher Auftraggeber

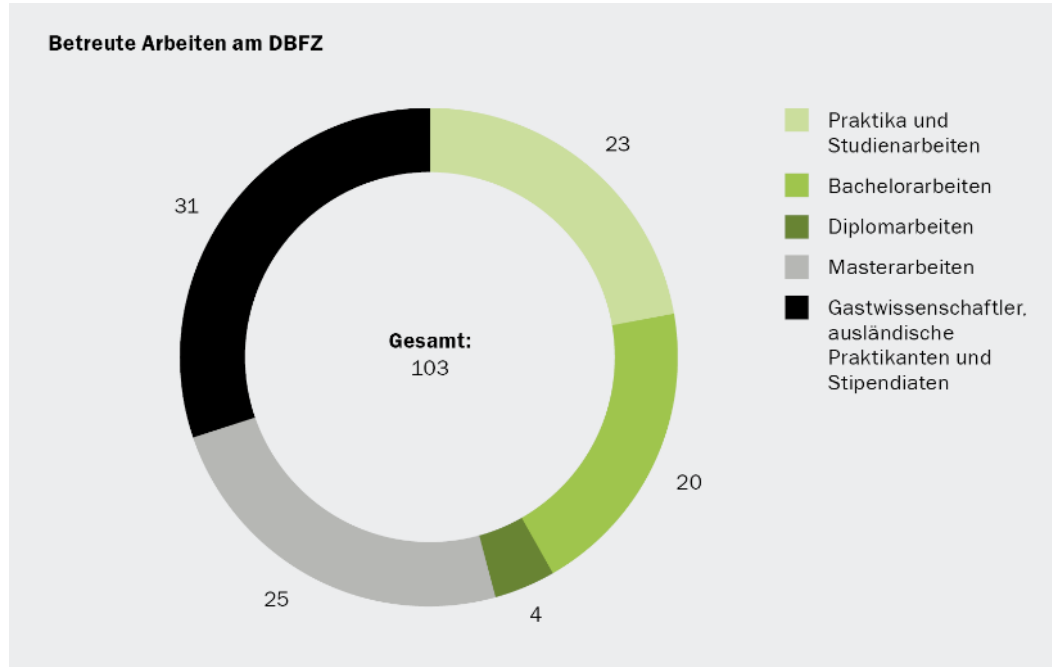
# Personalentwicklung (2017 - 2021)



**265 Mitarbeitende**  
Stand: 31.12.2021



# Betreute Arbeiten am DBFZ (2021)



**Über 100 Studienarbeiten  
wurden vom DBFZ betreut!**  
Stand: 31.12.2021

# Das DBFZ-Gelände (2022)



## Bauliche Entwicklung Neubau seit 2021



# Forschungsbedingungen in neuem Maßstab



Stand: August 2020

**Neue Technikumshalle (Part TK)**  
Auf knapp 4.700m<sup>2</sup> Nutzfläche ist angewandte Forschung seit 2020 in neuem Maßstab möglich!



# Angewandte Forschung am DBFZ



Angewandte Bioenergieforschung in Laboren und Prüfständen



# Technische Prüfstände und Labore

Forschungsbiogasanlage



Verbrennungstechnik



Kompaktierungstechnik



Kraftstofftechnikum



HTP-Labor



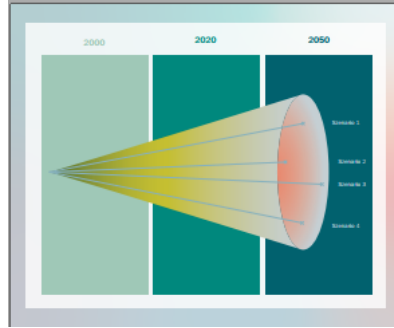
Analytiklabor

# Tools, Datenbanken und Methoden

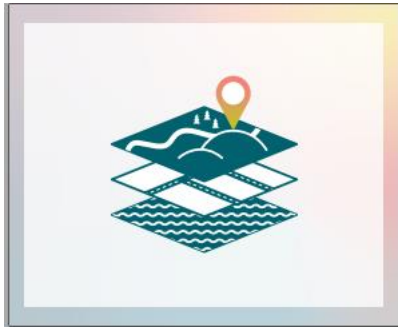
Bewertungsverfahren



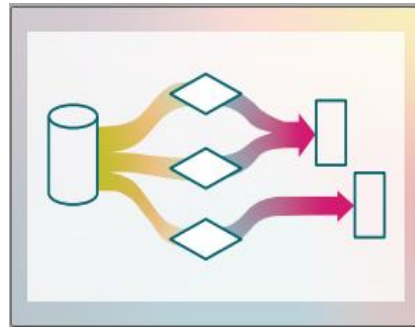
Szenario Tool



Ressourcendaten



Regionalisierte Informationen



Bioenergiemodelle



Wissenstransfer

# Das können wir für Sie leisten



- Angewandte Forschung und Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- nationale und internationale Vernetzung der vielschichtigen Forschungslandschaft
- Erarbeitung wissenschaftlich fundierter Entscheidungshilfen für die Politik, Wirtschaft und andere Institutionen
- **Kurz:** wir sind die zentrale Bundesforschungseinrichtung für energetische und integrierte stoffliche Verwendung von Biomasse



## **Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft**

### **Kontakt:**

Prof. Dr. mont. Michael Nelles

Dr. Christoph Krukenkamp

Dr. 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

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

E-Mail: [info@dbfz.de](mailto:info@dbfz.de)

[www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)