Bioenergie in der europäischen Zeitenwende: Ein intelligenter Baustein für ein nachhaltiges Energie- und Kreislaufwirtschaftssystem als Beitrag zum European Green Deal

Dr. Peter Kornatz, Dr. Nora Szarka, Martin Dotzauer, Uta Schmieder, Harry Schindler • DBFZ

Prof. Dr. Daniela Thrän • UFZ/DBFZ

Oliver Mercker • ISFH

Dr. Patrick Matschoss, Katharina Laub, Bernhard Wern • IZES

Dr.-Ing. Sabine Fleck, Dr. Christine Rösch• KIT

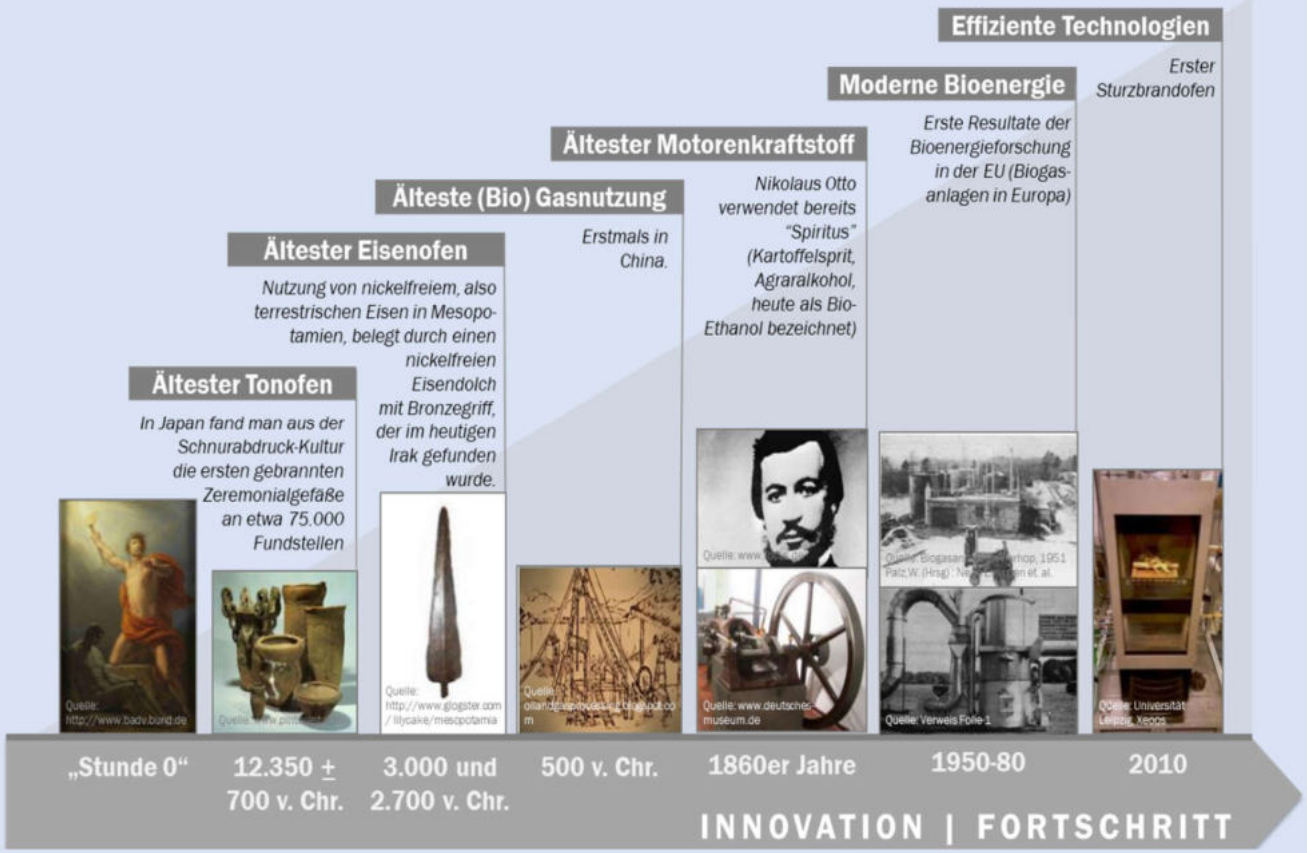
Ein intelligenter Baustein: Smart Bioenergy – Was ist das überhaupt?

Eine kleine Geschichte der Bioenergie

Seit der Entdeckung des Feuers begann die energetische Biomassenutzung

Die Geschichte der Bioenergienutzung ist eine Geschichte der stetigen Innovationen und des Fortschritts

Das Smart Bioenergy-Konzept ist die konsequente Fortführung der Entwicklung

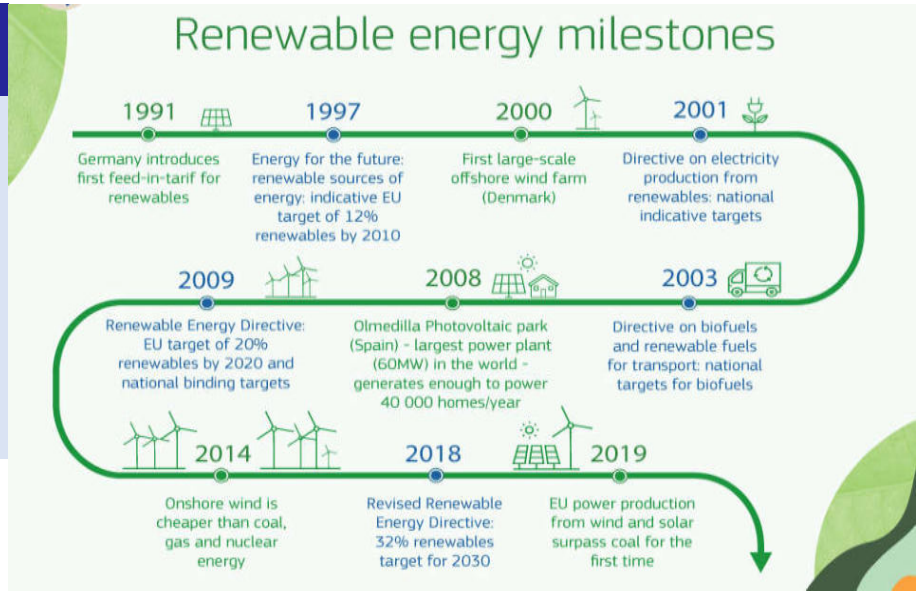


Quelle: Thrän et al. 2016 und Szarka et al. 2020

Einführung – Die Bioenergieforschung im europäischen Kontext

Kernfragen zur Europäischen Bioenergieforschung

1. **Welche Ziele verfolgt die europäische Bioenergiepolitik?**
2. **Wo stehen wir in der europäischen Bioenergieforschung?**
3. **Wie sieht die Zukunft der europäischen Energieforschung aus?**



Ziel bis 2020: 20 % Anteil Erneuerbare Energiequellen vom Bruttoenergieverbrauch

Ziel bis 2030: 32 % Anteil Erneuerbare Energiequellen

Ziel bis 2030: Reduktion der THG-Emission auf 40 % im Vergleich zu 1990 (Erhöhung auf 55-60 % in Abstimmung)

16 % des Bruttoenergiebedarf de EU-25 ist durch Biomasse abdeckbar

Quelle: Europäische Kommission
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/fs_19_6714
und https://ec.europa.eu/info/news/focus-renewable-energy-europe-2020-mar-18_de
und https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_en
und EEA (2006) https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_7

Wo stehen wir in der europäischen Bioenergieforschung? Was wird aktuell getan?

Beispiele aus Forschungsvorhaben

Naturschutzfachliches Monitoring des Ausbaus der Erneuerbaren Energien im Strombereich (EE-Monitor)

Systematisches, mehrteiliges Monitoringkonzept, das es erstmals ermöglicht, deutschlandweit bestimmte Auswirkungen des EE-Ausbaus auf Natur und Landschaft abzubilden

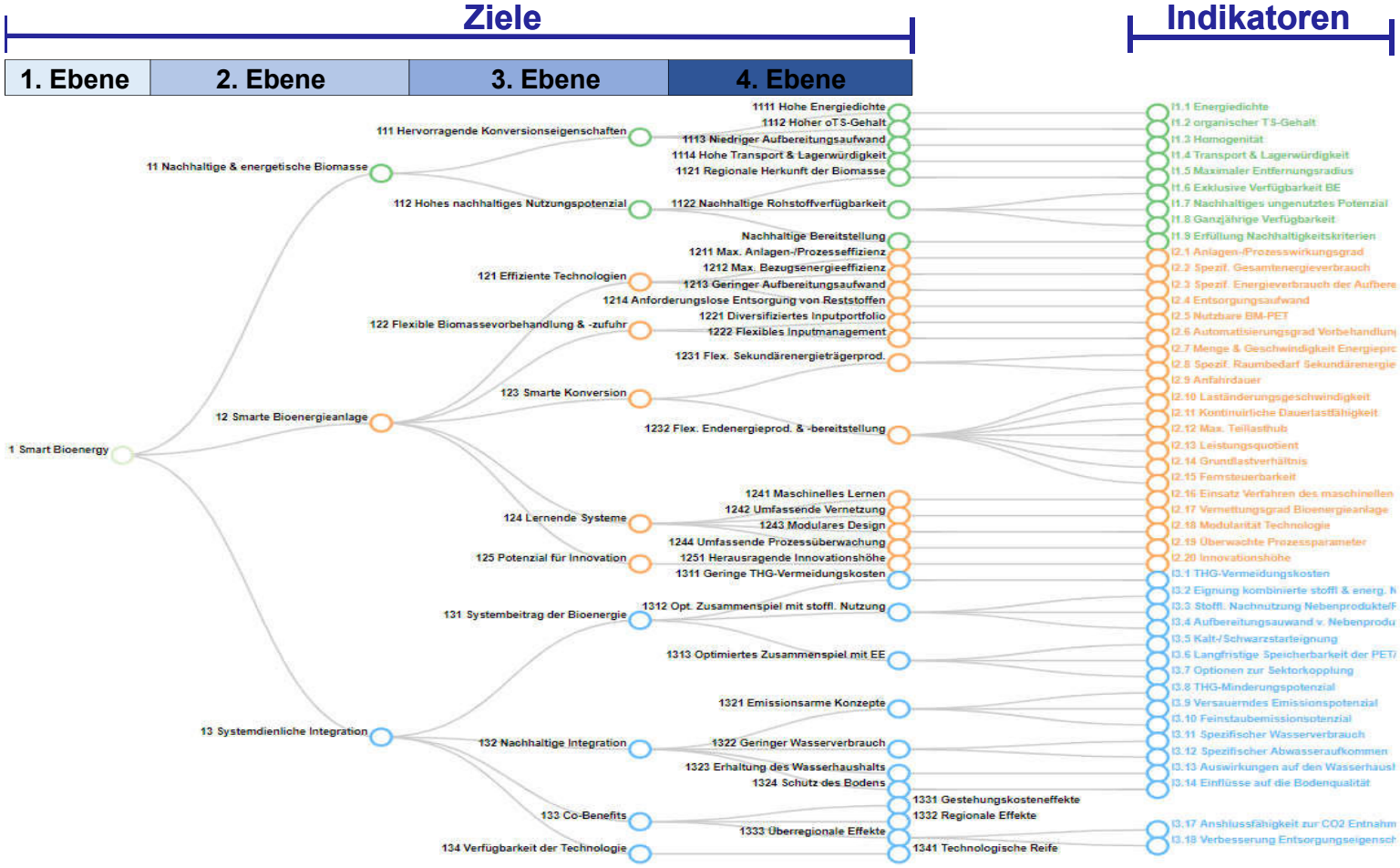
Beispiel: Zielsystem-Indikatoren einer naturverträglichen Energiewende

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Ziel 2050
Effiziente Energienutzung							
...							
Erneuerbare Energien an Gebäuden							
Anteil PV-Gebäudeanlagen an installierter PV-Gesamtleistung (%)	30	89	97	93	84	73	steigend
Flächeneffizienz der PV-Freiflächenanlagen (MW/km²)	9	13	13	31	38	47	steigend
Schonender, standortoptimierter Ausbau Windenergie							
Flächeneffizienz der WEA Offenland (MW/km²)	79	127	270	425	492	577	steigend
Flächeneffizienz der WEA Wald (MW/km²)	-	23	119	262	313	428	steigend
Windenergieanlagen (WEA) auf Flächen mit sehr hohen, sich überlagernden Konfliktrisiken (%)*	-	-	0,4	0,5	0,8	3,8	sinkend
Bioenergie aus Rest- und Abfallstoffen							
Energiebezogener Substrateinsatz von nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen (%)	-	-	-	-	80,0	78,3	sinkend
Naturverträglicher Ausbau Wasserkraft							
Anlagenanzahl der Wasserkraft <1 MW	-	-	-	-	-	6.724	nicht steigend

Quelle: Thrän, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript562.pdf

Projekt SmartKT: Das SmartKt Bewertungssystem

Bewertung des Marktpotenzials und
Systembeitrags von integrierten Bioenergiekonzepten (FKZ-Nr. 03KB130)*



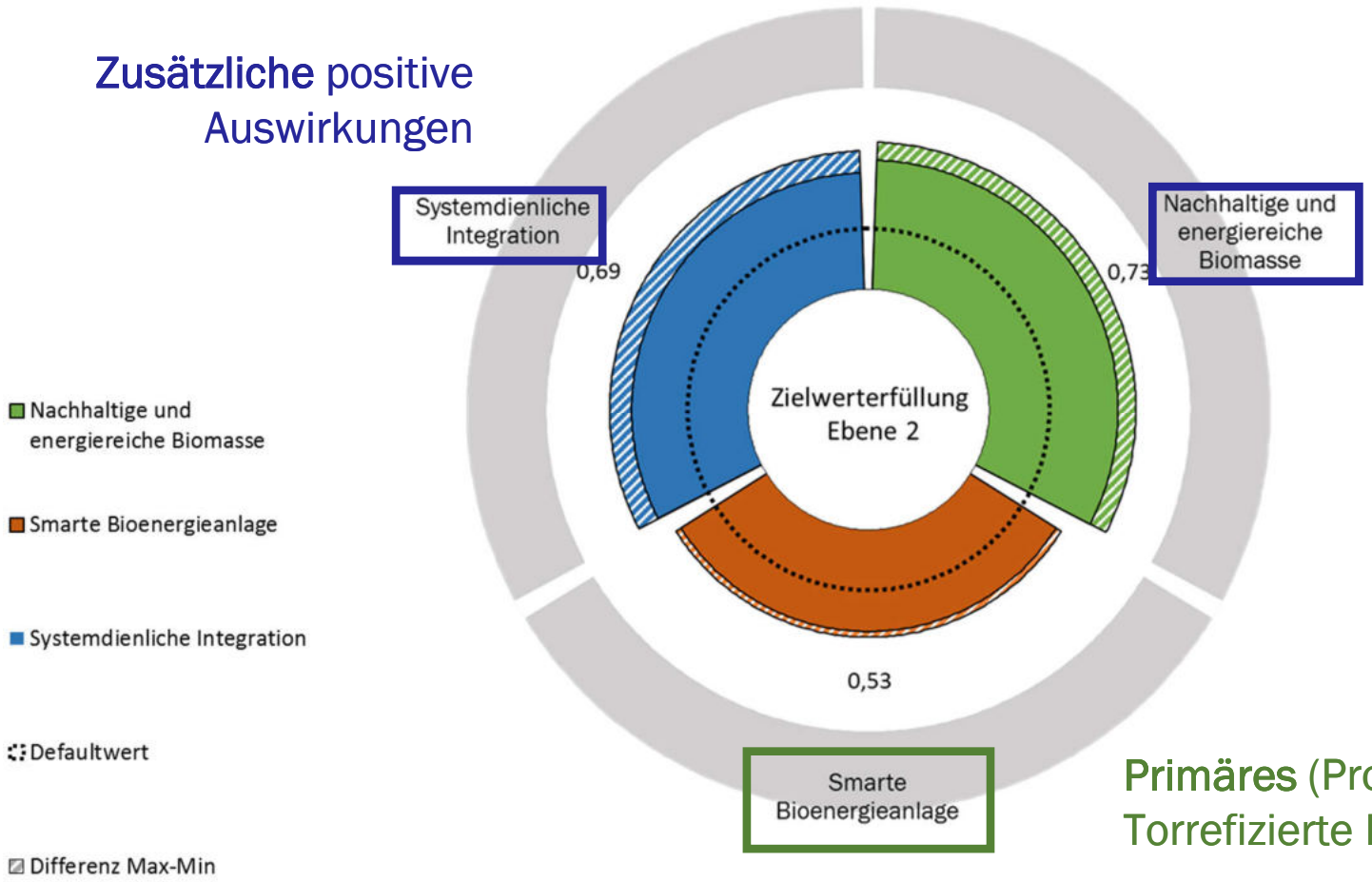
Quelle: Szarka et al. 2020

* https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/smarkt-541/

Projekt SmartKT: Das SmartKt Bewertungssystem Beispielprojekt Torrefizierung

Zielerfüllung auf der 2. Ebene

Zusätzliche positive Auswirkungen



Primäres (Projekt-) Ziel: Torrefizierte Brennstoffe

Quelle: Szarka et al. 2020

Forschungsziel des bewerteten Projektes:

Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe

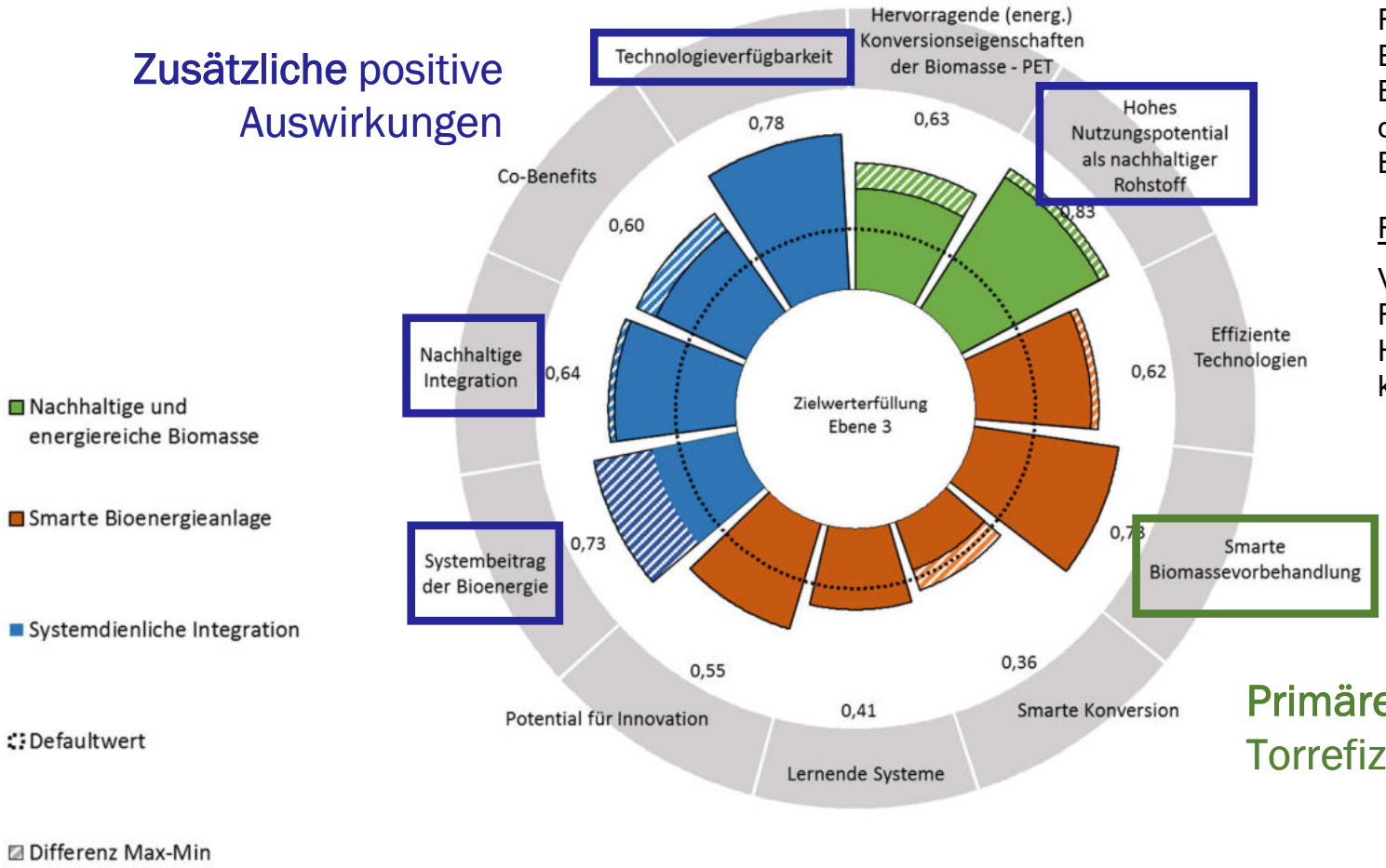
Forschungsgegenstand:

Vorbehandlung holzartige Reststoffe zur Nutzung in Holzvergasungsanlagen kleiner Leistungsbereiche

Projekt SmartKT: Das SmartKt Bewertungssystem Beispielprojekt Torrefizierung

Zielerfüllung auf der 3. Ebene

Zusätzliche positive Auswirkungen



Forschungsziel des bewerteten Projektes:

Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe

Forschungsgegenstand:

Vorbehandlung holzartige Reststoffe zur Nutzung in Holzvergasungsanlagen kleiner Leistungsbereiche

Primäres (Projekt-) Ziel: Torrefizierte Brennstoffe

Quelle: Szarka et al. 2020

Bioenergie in der Kreislaufwirtschaft: Bioabfall und Wirtschaftsdünger

EUROPEAN UNION

Bisher

- 86 Mio. t Bioabfall jährlich → nur ca. 18% in Verwertung[1]
- 1,27 Mrd. t Wirtschaftsdünger jährlich → nur ca. 3,3 % in Vergärung[2]
- Landwirtschaftliche Nutzung von Mineraldünger in NW-Europa: **5,4 Mt N** und **0,4 Mt P**
  → fast 100% Importe; ca. 5% basierend auf organisch recycelten Materialien[3]

Projekt ReNu2Farm

Alternative:
Entwicklung bedarfsangepasster Düngeprodukte verschiedener Herkunft

Herausforderung: Anpassung von Herstellprozessen (z.B. Biogas), Entwicklung vermarktungsfähiger Produkte

Einsparungen bei Substitution von 1 Tonne Mineraldünger mit Gärprodukten:
1 Tonne Öl, 108 Tonnen Wasser, 7 Tonnen CO_{2eq}[4]

[1] EEA, 2020; [2] EBA, 2015; [3] Projekt ReNu2Farm; [4] EBA, 2019

Quelle: Matschoss & Laub

THG-Vermeidung durch den Biogasanlagenbestand im Strom- und Wärmesektor

Szenarien Bestandsentwicklung & Vermeidungsleistung 2017-2035

Zwei Faktoren beeinflussen THG-Vermeidung besonders

- Bestandsentwicklung (Post-EEG!?)
  - Szenario 1: Auslaufen des Bestands
  - Szenario 4: Bestandserhalt
- Nutzung Vermeidungsfaktor (was ersetzt Biogas?):
  - allg. Strommix (Fahrweise Grundlast)
  - Gas-KW (flexible Fahrweise)

Resultierende Spannbreite der Ergebnisse

- Auslaufen d. Bestands & allg. Strommix: 117 Mt CO_2-Äq
- Bestandserhalt & Gas-KW: 210 Mt CO_2-Äq

kumulierte THG-Reduktion bis 2035 [Mt CO_2-Äq]

Referenzsystem	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 4
Strommix	117	126	131
Erdgaskraftwerk	146	173	210

Quelle: Tabelle 20, S. 143, in MakroBiogas (2018), IZES, DBFZ, UFZ. DOI: 10.13140/RG.2.2.13184.17920.

Analyse der gesamtökonomischen Effekte von Biogasanlagen
MakroBiogas
Wirkungsabschätzung des EEG
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2017 bis 31.12.2018
Endbericht

Quelle: Matschoss & Laub

Nichtenergetische THG-Vermeidung im Agrarsektor

Vermeidung von Methan- und Lachgasemissionen durch den Biogasprozess

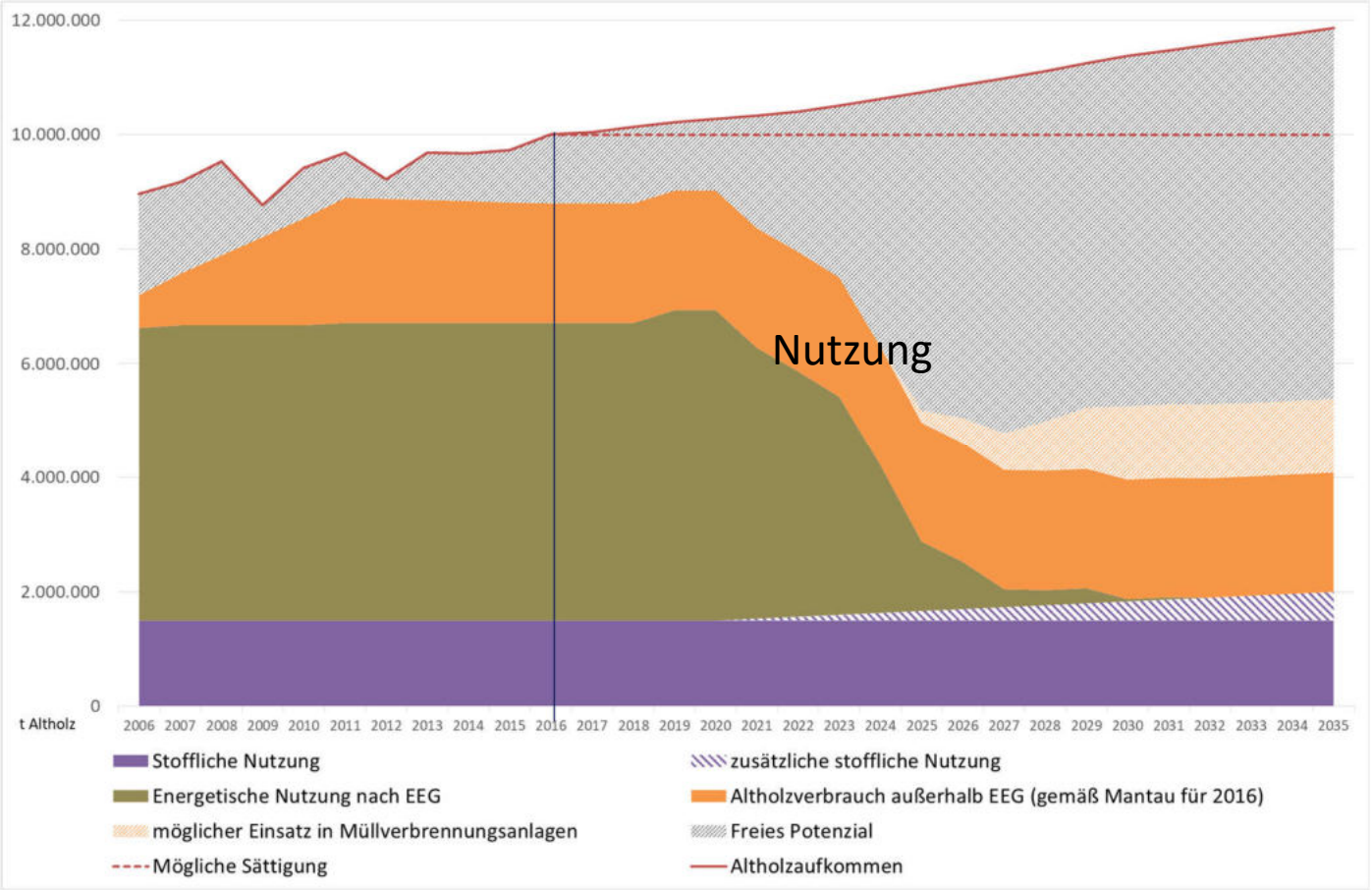
- Verarbeitung von Gülle und Festmist in Biogasanlagen (über 90 % in NawaRo-Anlagen)
- Vermeidung durch Biogasanlagen in 2017: 1,98 Mio. t CO_2-Äq
- Bewertet mit 25 €/t CO_2: 49,4 Mio. €
- Bewertet mit globalen Schadkosten nach Methodenkonvention 3.0 (unterer Wert; UBA) von 180 €/t CO_2: 356,0 Mio. €

Analyse der gesamtökonomischen Effekte von Biogasanlagen
MakroBiogas
Wirkungsabschätzung des EEG
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2017 bis 31.12.2018
Endbericht

Quelle: Matschoss & Laub

Bioenergie in der Kreislaufwirtschaft: Altholzverwertung

- Altholz findet nur in der Energieerzeugung genügend Abnehmer
- Es ist Bestandteil einer europaweiten Holznutzung am Ende einer Nutzungskaskade



Hier Lösungen durch Energie erforderlich!

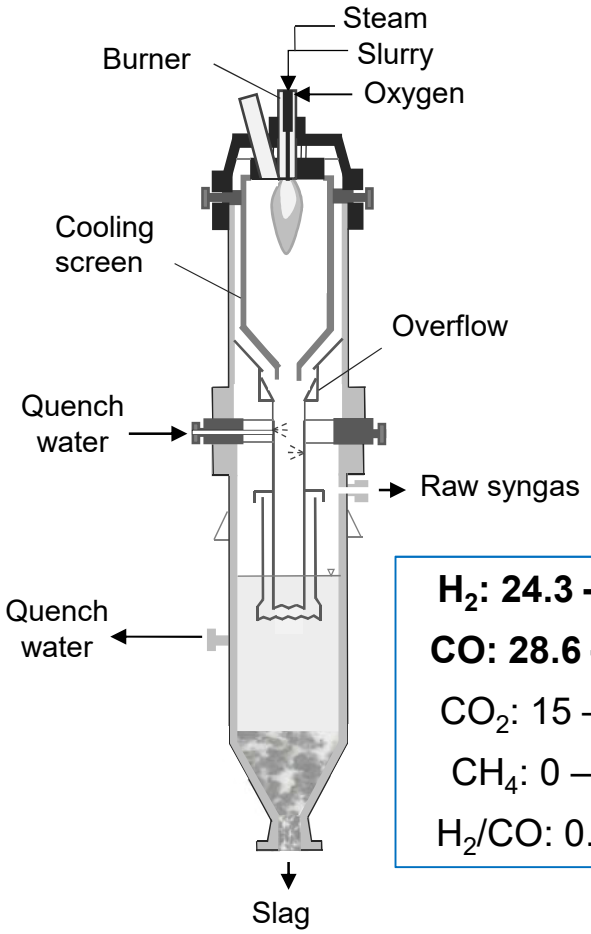
Evtl. mit MDF

Quelle: Vogler et al. (2020): Altholz – Quo Vadis? Abschlussbericht 30.06.20. IZES & STEAG

Quelle: Wern

Hochdruck-Flugstromvergaser(HP-EFG) als Schlüsselprozess für den Kohlenstoffkreislauf

- Brennstoff-Flexibilität:
  Nutzung eines breiten Spektrums biogener und anthropogener Reststoffe
- Herstellung eines teerfreien Synthesegases bestehend aus H_2 und CO mit geringem CH_4-Gehalt aus komplexen Molekülen
- Bereitstellung von Synthesegas unter hohem Druck (bis zu 80 bar), wie es für die anschließende Synthese erforderlich ist
- Produktflexibilität:
  - Synthese von erneuerbaren Chemikalien und Produkten
  - Synthese von erneuerbaren Brennstoffe für Langstreckentransport und langfristige Energiespeicherung
  - Bedarfsgesteuerte Erzeugung von elektrischer Energie zur Netzstützung in Kombination mit einem Kombikraftwerk



H_2: 24.3 – 33.4 v%

CO: 28.6 – 37.8 v%

CO_2: 15 – 29.1 v%

CH_4: 0 – 2.87 v%

H_2/CO: 0.78 – 0.91

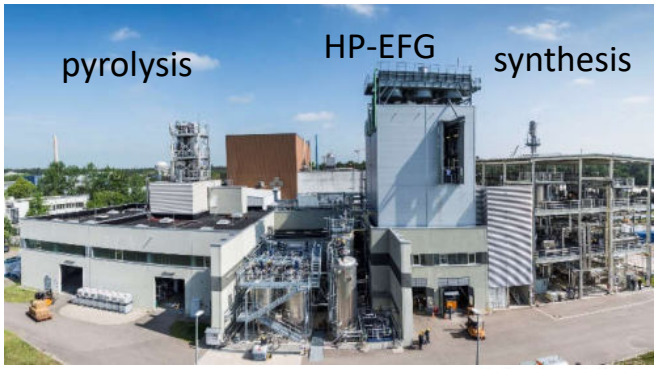
Quelle: Fleck

Herstellung von erneuerbaren Kraftstoffen unter Verwendung von HP-EFG in der bioliq®-Prozesskette

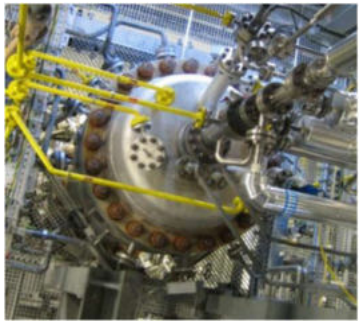
Forschungsinitiative reFuels – Kraftstoffe neu denken

Konsortium bestehend aus KIT, Verkehrsministerium Baden-Württemberg und Partnern aus der Automobil-, Automobilzuliefer- und Mineralstoffindustrie

- Bereitstellung, Test und Evaluierung von reFuels hergestellt in der Syngas-Plattform des KIT
- Praktische Lösungen finden, um die CO2-Reduzierung um mindestens 20 % bis 2030 mit Drop-in-Komponenten zu realisieren, die verfügbar sind oder kurzfristig eingeführt werden können
- Verschiedene Kraftstoffpfade, z. B. Benzin aus bioliq methanol-to-gasoline Verfahren, bei dem Biomasse als Ausgangsmaterial verwendet wird
  - Drop-in aromatenreiches Destillat
  - Veredelte Schwerölfraktion
- Herstellung von 2 t Benzin für Motor- und Flottentests



bioliq®



High pressure EFG

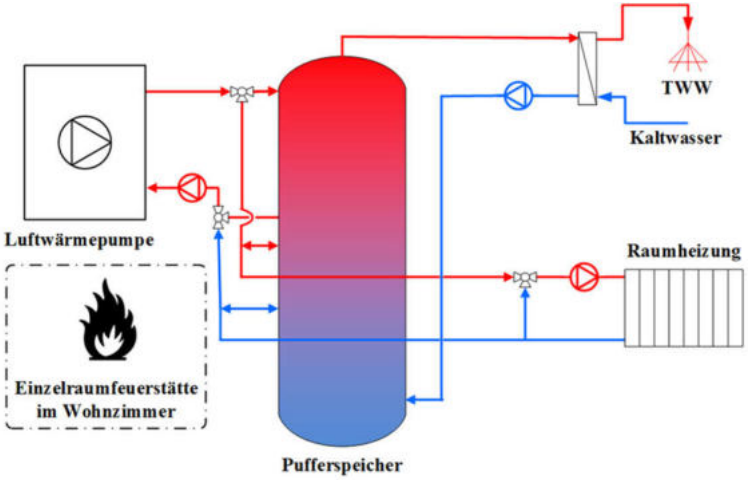
- $P_{fuel,\ in}$ = 5 MW, 1 t/h
- 40 / 80 bar

Quelle: Fleck

Verbundprojekt 03KB138: OptDienE – Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten

Projektziele & Methode

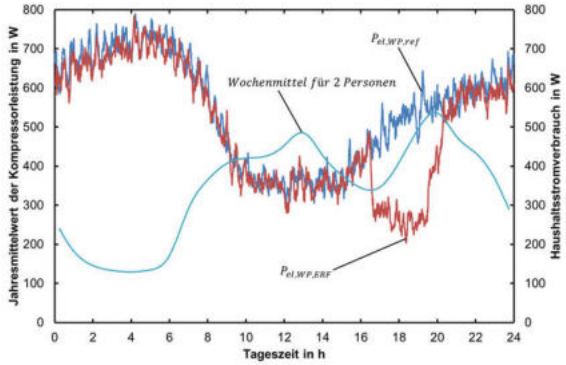
- Potenzial zur Vermeidung von Strom- und/oder Gasbedarfsspitzen durch ERF-Einsatz quantifizieren
- ➢ 80 GW_{th} netzdienlich einsetzbar?
- Simulationsstudie mit/ohne ERF in TRNSYS



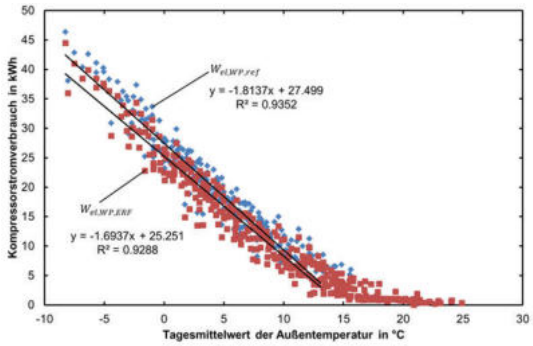
Prinzipschaltbild der Wärmeversorgung

Stromgeführte Betriebsweise

➢ Kompressorleistung zur Abendspitze: -40,4 % (im Jahresmittel)



➢ -6,7 % Thermosensibilität des Tageskompressorstromverbrauchs



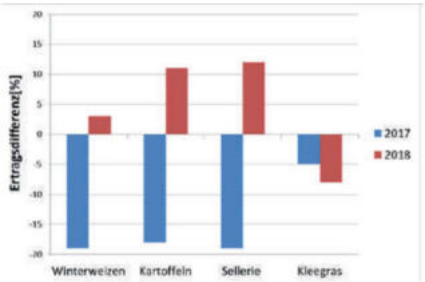
Quelle: Mercker

AGRAR-PHOTOVOLTAIK: Flächenneutrale Technologie der Energiewende und Klimaschutzmaßnahme für die Biomasseproduktion (Projekt APV-RESOLA)

Projektziele & Methode

- Verringerung Flächennutzungskonkurrenz zw. Landwirtschaft und Energiewirtschaft
- Test APV-Anlage unter Realbedingungen: Forschung zum Energie-/Biomasseertrag, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Akzeptanz

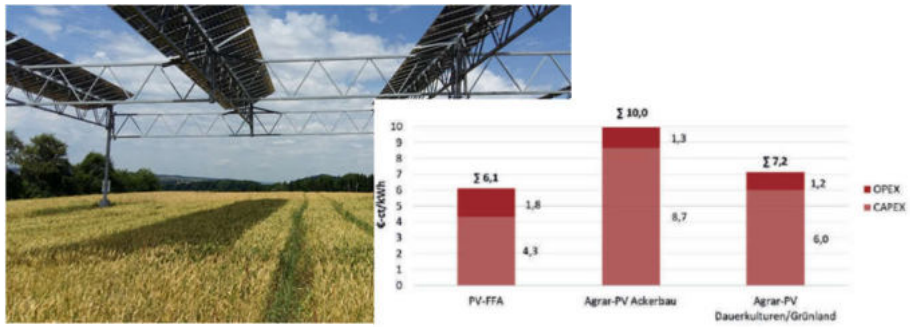
Ergebnisse Ertrag und Regelung



Referenzflächen 2017 (blau) und 2018 (rot) in Heggelbach (ohne Flächenverluste durch Stützen). Daten: Universität Hohenheim.© Uni Hohenheim

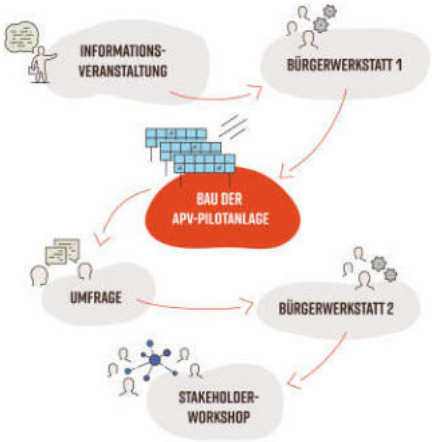
- Ertragsunterschiede unter APV abhängig von Kultur und Witterung
- Anpassung Regelrahmen: EEG-Sonderausschreibung APV, Erhalt Flächenprämien, privilegiertes Bauen von APV-Anlagen

Kosten der Doppelnutzung der Fläche



CAPEX und OPEX von PV-FFA und APV © Fraunhofer ISE

Einbindung der Bürger und Stakeholder



Mehrstufiger transdisziplinärer Agrar-PV-Forschungsansatz. © ITAS

- Erst Dach-, dann Ackerflächen belegen
- Kein APV-Wildwuchs, keine APV-Pseudo-LW
- Zwischenstreifen für Biodiversität nutzen
- APV-Betrieb durch Landwirte, Energiegenossenschaften

Quelle: Rösch

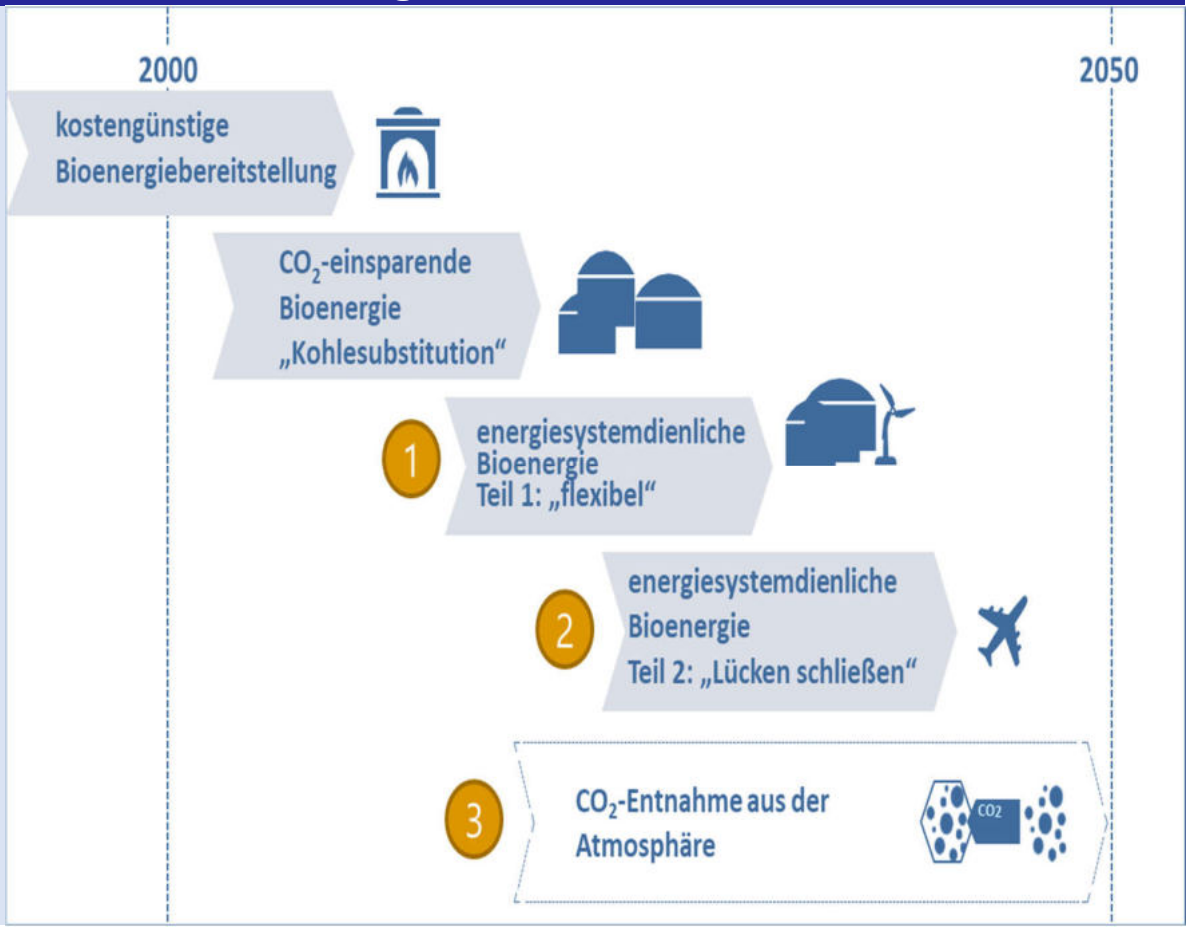
Wie sieht die Zukunft der europäischen Bioenergieforschung aus?

Wie muss die Bioenergieforschung und die Bioenergiepolitik in Zukunft ausgerichtet sein

Zukünftige Rolle und Ausrichtung der Bioenergieforschung und Bioenergiepolitik

Phasen der Bioenergiewende

1. **Technologien optimieren und Infrastrukturen ausbauen**
2. **Geschäftsmodelle entwickeln**
3. **Klimaoption: Negative Emissionen**



Quelle: Thrän (2019) https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/media/3_Veranstaltungen/8_SK/Programm_Anfahrt_Hotels/Plenum_Vortr%C3%A4ge/Thr%C3%A4n_DBFZ_8SK2019_web.pdf

Zukünftige Rolle und Ausrichtung der Bioenergieforschung und Bioenergiepolitik

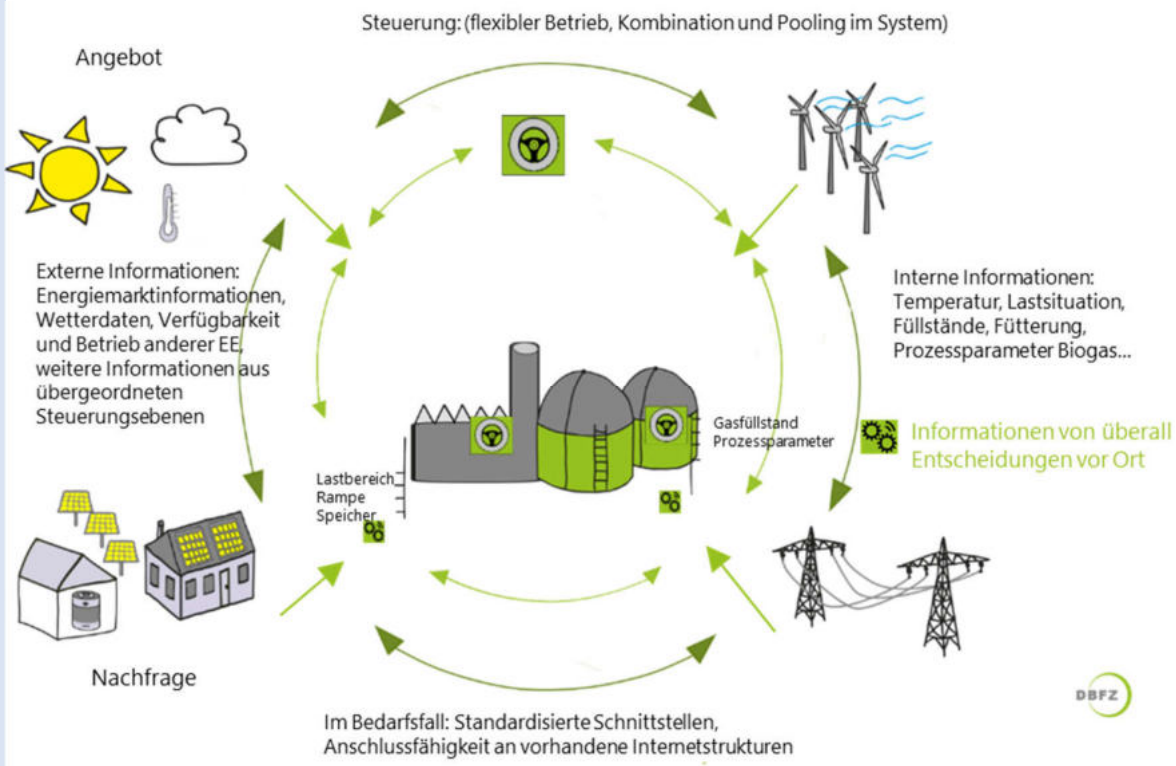
Beispiel Digitalisierung & Geschäftsmodelle entwickeln

Moderne IKT-Elemente für den flexiblen Einsatz von KWK, BHKW und Biogas-Anlagen umfassen

- Etablierung von Schnittstellen und Datenverbindungen
- Modellprädiktive Regelungen (MPC) für Erzeugungsanlagen, Einzelabnehmer (Gebäude) bis hin zu Regionen
- Erprobung hierarchischer/autonomer Entscheidungskonzepte

Basis für die Entwicklung zu KWK 4.0

Der flexible Einsatz von KWK, BHKW und Biogasanlagen wird in neue Netzstrukturen / smart demand integriert

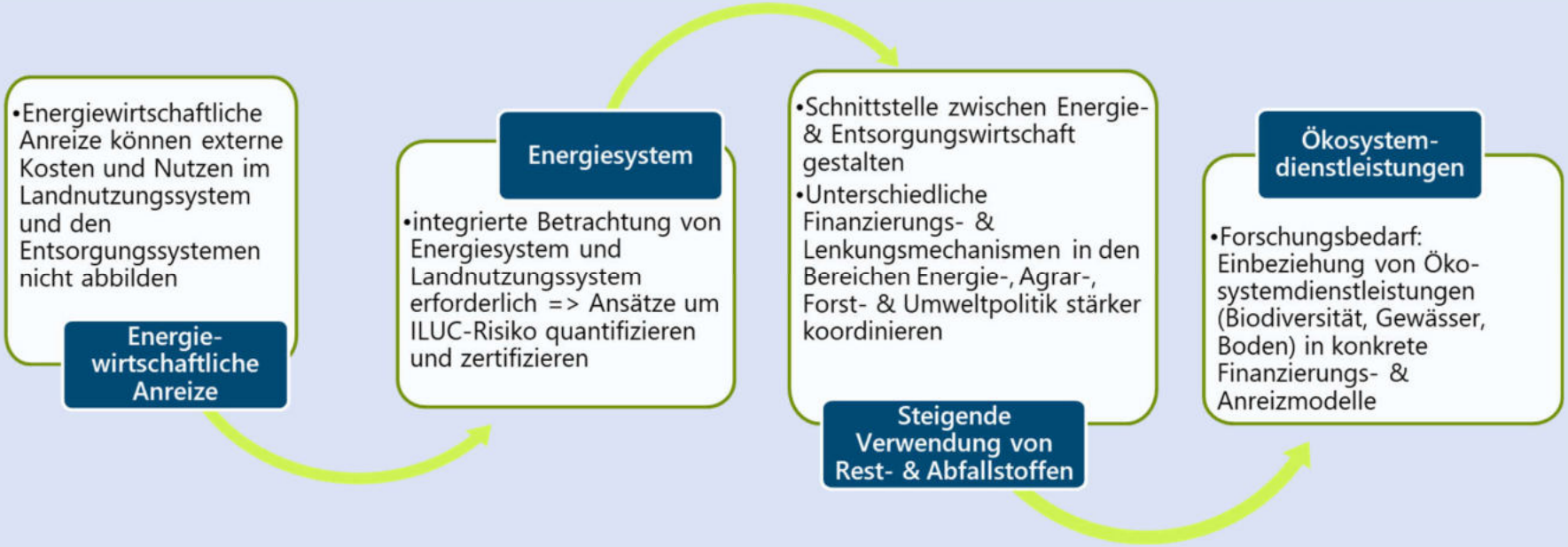


Quelle: Thrän (2019) https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/media/3_Veranstaltungen/8_SK/Programm_Anfahrt_Hotels/Plenum_Vortr%C3%A4ge/Thr%C3%A4n_DBFZ_8SK2019_web.pdf

Zukünftige Rolle und Ausrichtung der Bioenergieforschung und Bioenergiepolitik

Beispiel Digitalisierung & Geschäftsmodelle entwickeln

Energie- und Agrar-, Forst und Umweltpolitik als Teil einer integrierten Bioenergiepolitik



Quelle: Thrän (2019) https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/media/3_Veranstaltungen/8_SK/Programm_Anfahrt_Hotels/Plenum_Vortr%C3%A4ge/Thr%C3%A4n_DBFZ_8SK2019_web.pdf

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Dr. Peter Kornatz, Dr. Nora Szarka, Martin Dotzauer, Uta Schmieder, Harry Schindler • DBFZ

Prof. Dr. Daniela Thrän • UFZ/DBFZ

Oliver Mercker • ISFH

Dr. Patrick Matschoss, Katharina Laub, Bernhard Wern • IZES

Dr.-Ing. Sabine Fleck, Dr. Christine Rösch• KIT