

Systemdienliche Wärmeversorgung aus Biomasse

Dr. Nora Szarka | DBFZ

Dr. Volker Lenz | DBFZ

Prof. Dr. Ingo Hartmann | DBFZ

Dr. Peter Kutne | DLR

Oliver Mercker | ISFH

Bernhard Wern | IZES

Dr. Matthias Jordan | UFZ

Status Biomasse

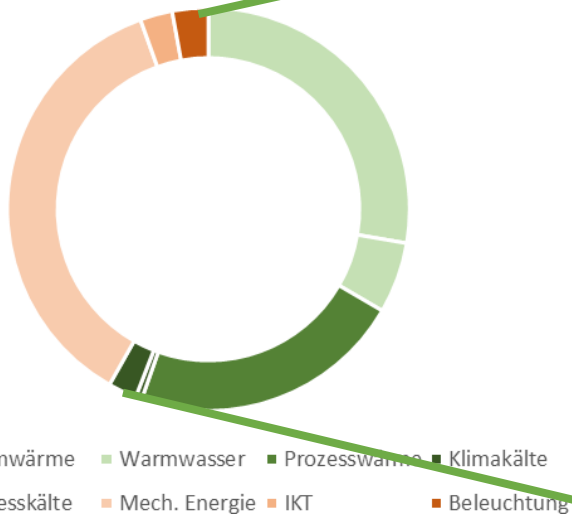


Wärme im Endenergieverbrauch (~Hälfte)

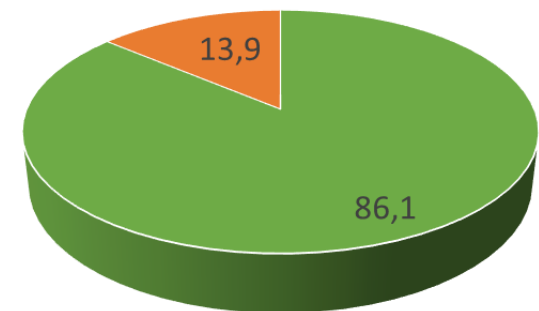
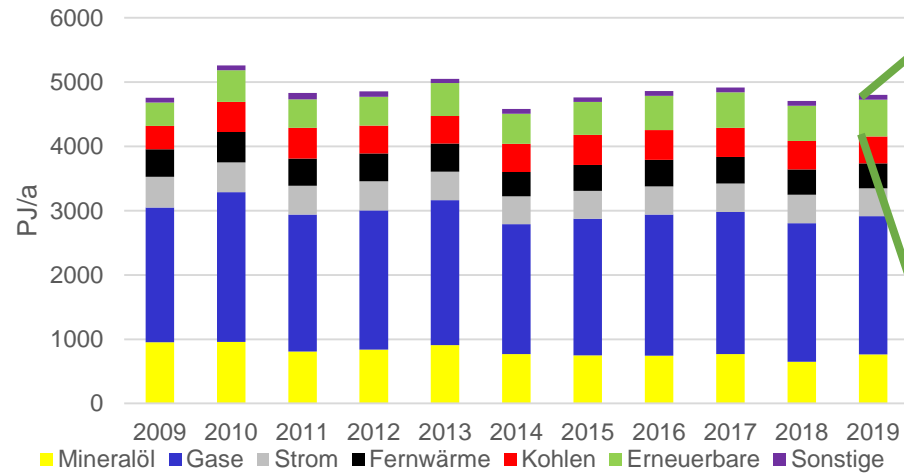
Erneuerbare in der Wärme (~16,5%)

Biomasse in Erneuerbaren (~86%)

Endenergieverbrauch 2020 (%)



EEV-Wärme nach Energieträgern

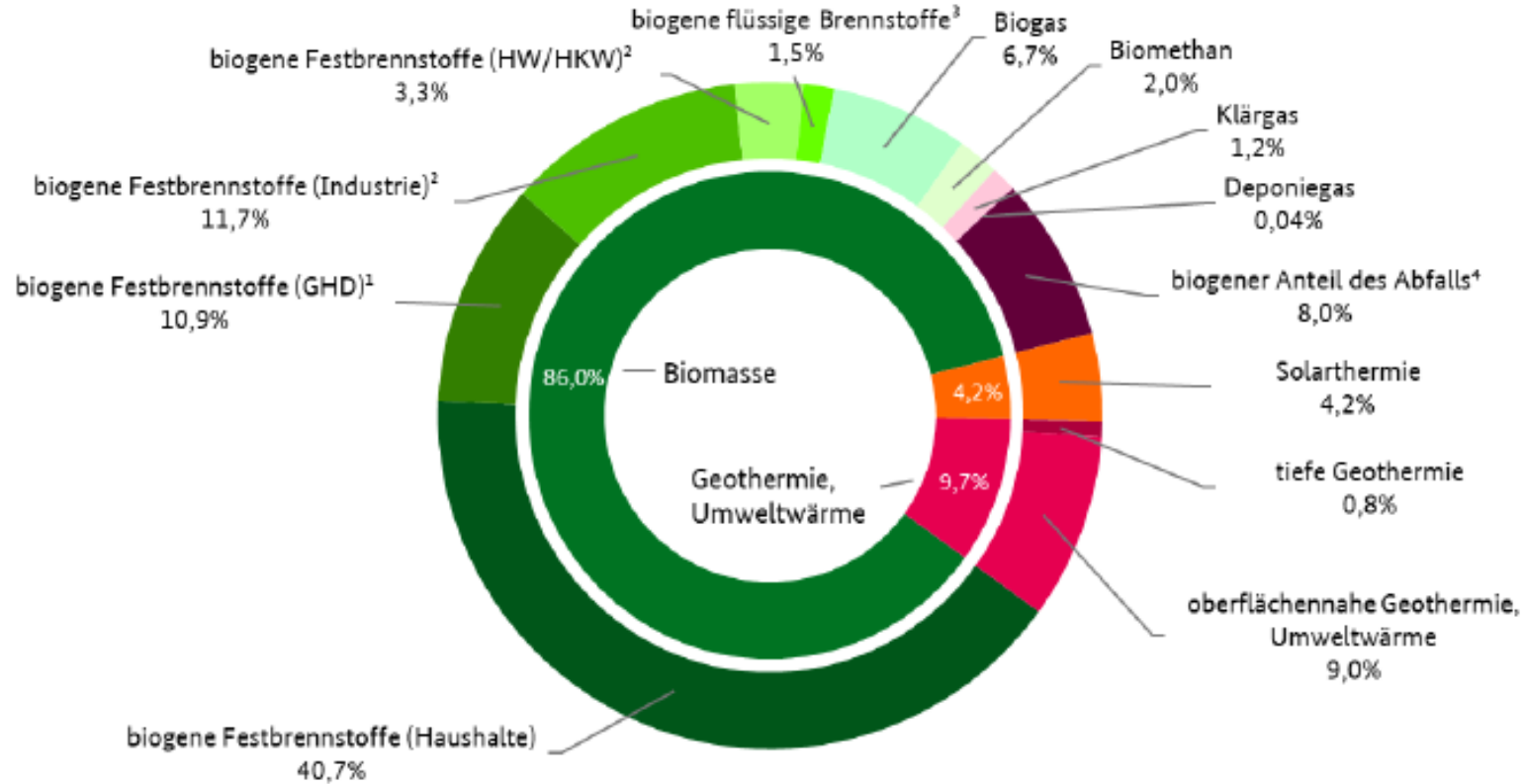


https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf
https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_19_v3.pdf

Status Wärmeversorgung aus Biomasse

Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte in Deutschland im Jahr 2021

Gesamt: 199,4 Mrd. Kilowattstunden



¹ GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen; ² inkl. Klärschlamm und Holzkohle; ³ inkl. Biokraftstoffverbrauch für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär;

⁴ biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt

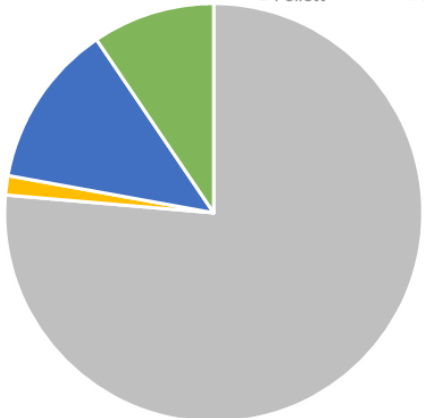
BMWK auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2022

Biomasse



■ Scheitholz ■ Brikett
■ Pellett ■ Hackschnitzel

- Scheitholz
- Pellett
- Brikett
- Hackschnitzel



■ Biogene Festbrennstoffe ■ Biogene Flüssigbrennstoffe
■ Biogene Gasbrennstoffe ■ Biogener Anteil des Abfalls

- Biogas (NaWaro, Exkrememente)
- Biomethan
- Klärgas, Deponiegas
- Biogener Anteil des Abfalls
- Biogene Flüssigbrennstoffe



■ Biogas ■ Biomethan ■ Klärgas, Deponiegas

Bioenergieanlagen



- Einzelraumfeuerstätten (11 Mio.)
- Biomassekessel (0,9 Mio.)
- grundlastorientierte Kessel

- Biogas/Biomethan Anlagen
- monovalente Konzepte (EEG-optimiert)

- Ölspitzenlastkessel
- Pflanzenöl BHKW

Integration

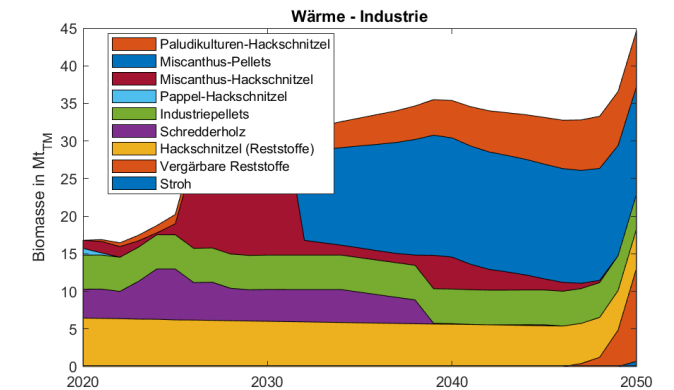
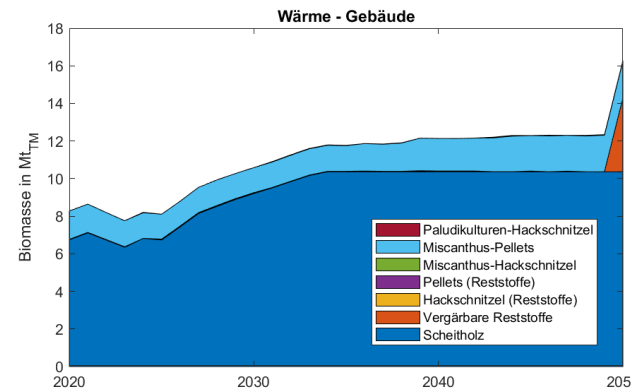
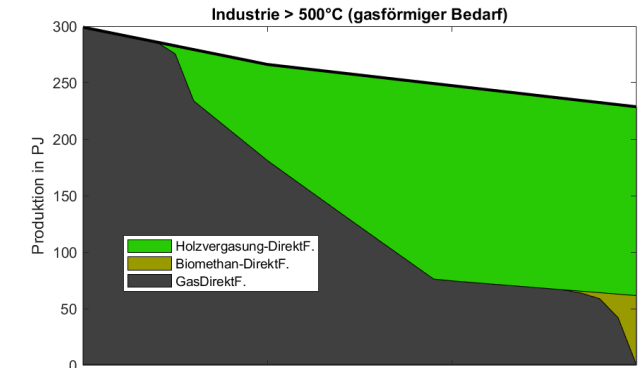
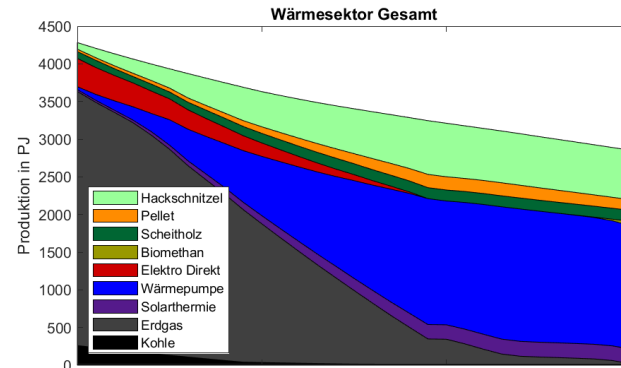


- Reine energetische Nutzung auf Spitzenlast und Lückenschließen anpassen
- Emissionen mindern für Gesundheitsschutz und Akzeptanz
- Zusatznutzen generieren -> stoffliche Nutzung, neg. Emissionen
- Faktor Mensch berücksichtigen

Rolle Biomasse in Szenarien

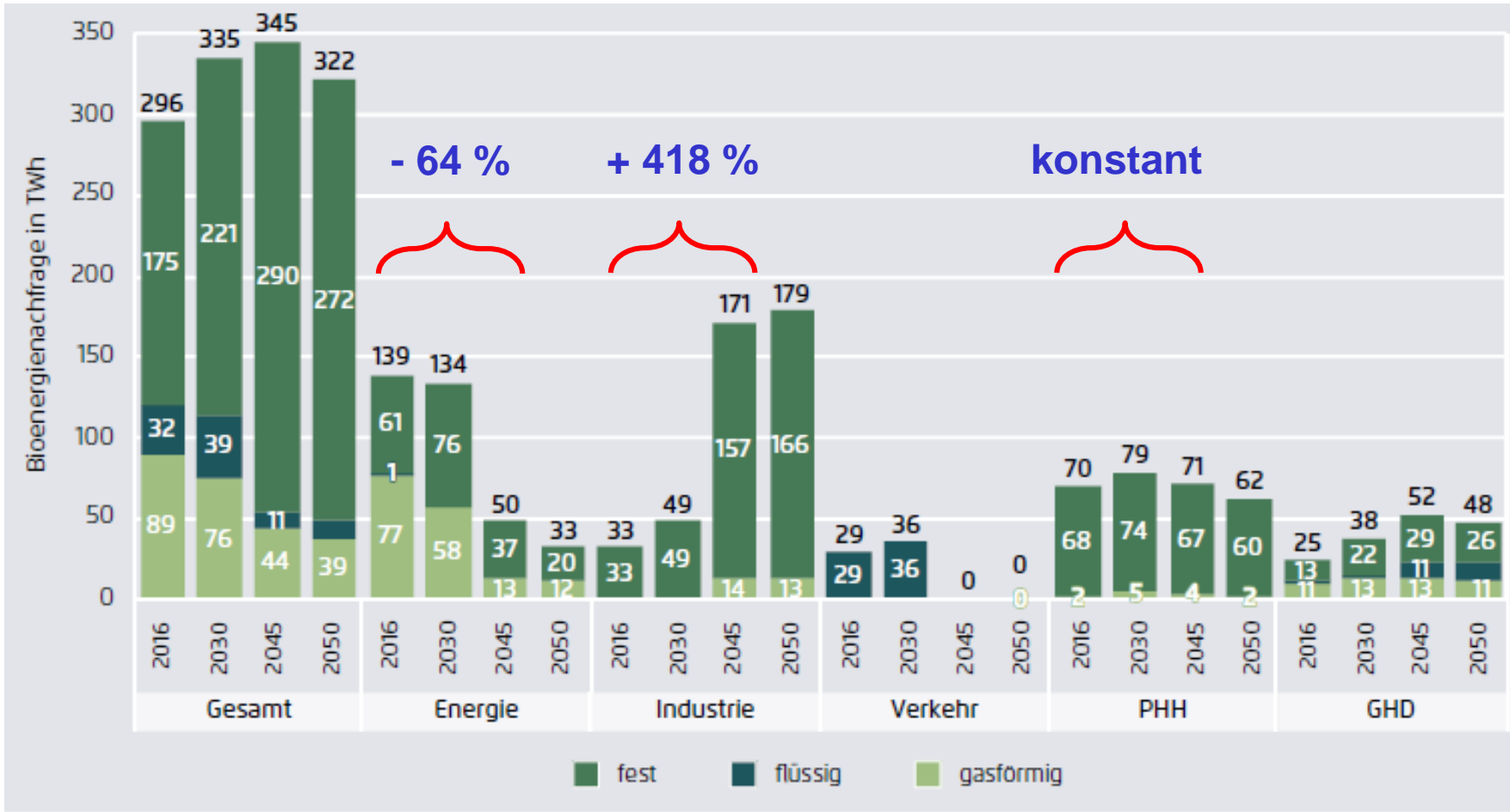
Robuste Erkenntnisse zur langfristigen, kosten-optimalen Nutzung von Biomasse über eine Vielzahl an Szenarien bis 2050*

- Holzige Reststoffe in Hochtemperatur-Wärme Anwendungen in der Industrie
- Vergärbare Reststoffe langfristig als Biomethan flexibel in verschiedenen schwer zu dekarbonisierenden Wärmeanwendungen, z.B. Hochtemperaturindustrie, Fernwärme, ggf. Gebäude (Gasthermen)
- Anbaubiomasse zur Flexibilisierung im Stromsektor, sowie ergänzend in Hochtemperatur-Wärme Anwendungen



*DBFZ/ UFZ Projekt SoBio: Strategie für die optimale energetische Nutzung von Biomasse im zukünftigen dt. Energiesystem: Eine Energiesystemmodellierung mit dem Modell BenOpt
Annahmen: 47 Mt_{DM} Reststoffe + 2,3 Mio ha Anbaufläche

Rolle Biomasse in Szenarien



Entwicklung der Biomassennutzung in verschiedenen Sektoren, Auswertung durch IZES (2022)
 Dann kann ich weiter Holz verbrennen?



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021)

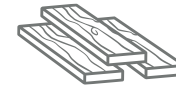
Bildquelle: Wern (2021)

Systemdienliche Wärmeversorgung aus Biomasse

1 Smart Bioenergy

11

Nachhaltige & energetische Biomasse



12

Smarte Bioenergieanlage



13

Systemdienliche Integration



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

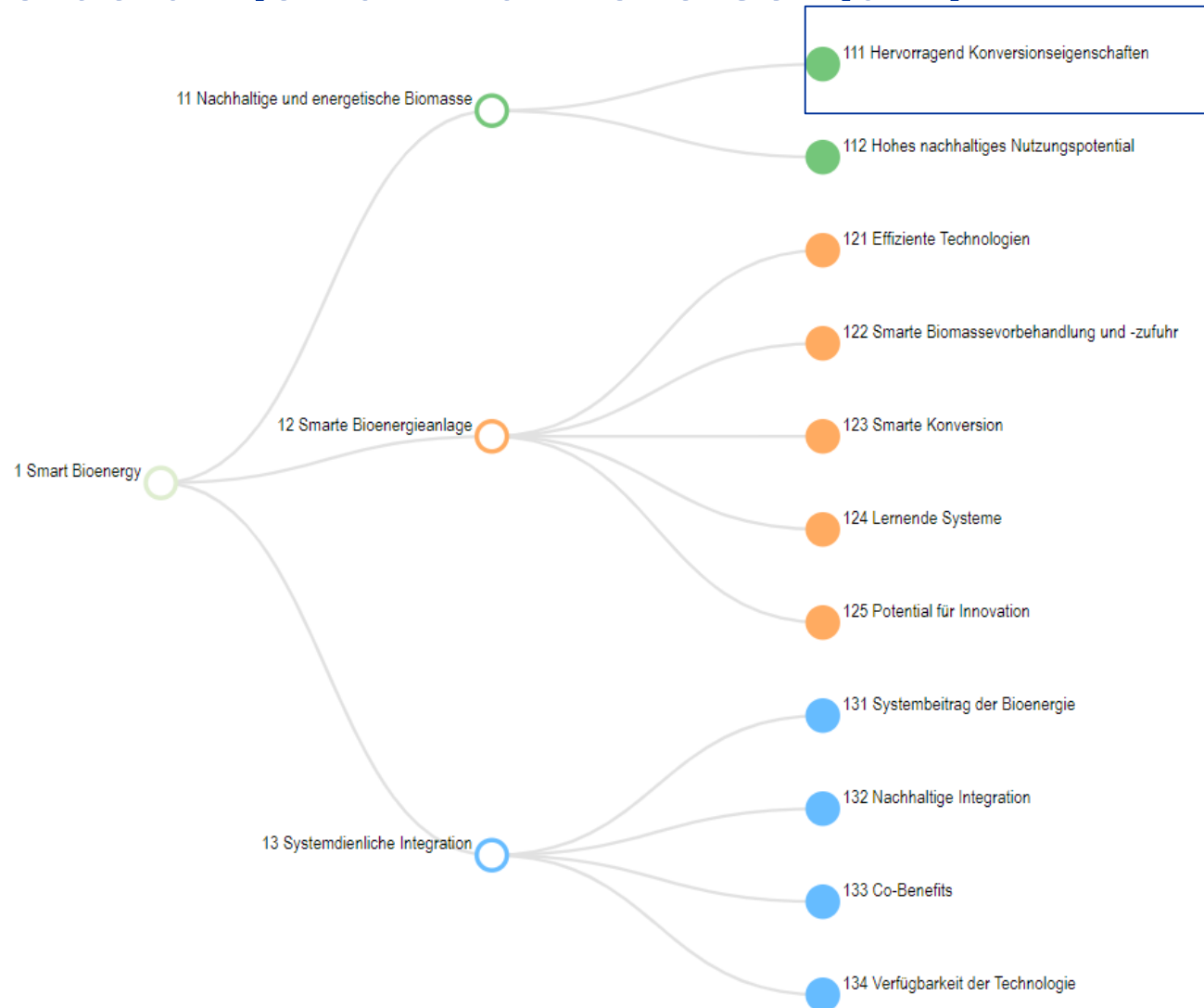
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekt: SmarKt FKZ BMWK 03KB130
<https://www.dbfz.de/projektseiten/smarkt>

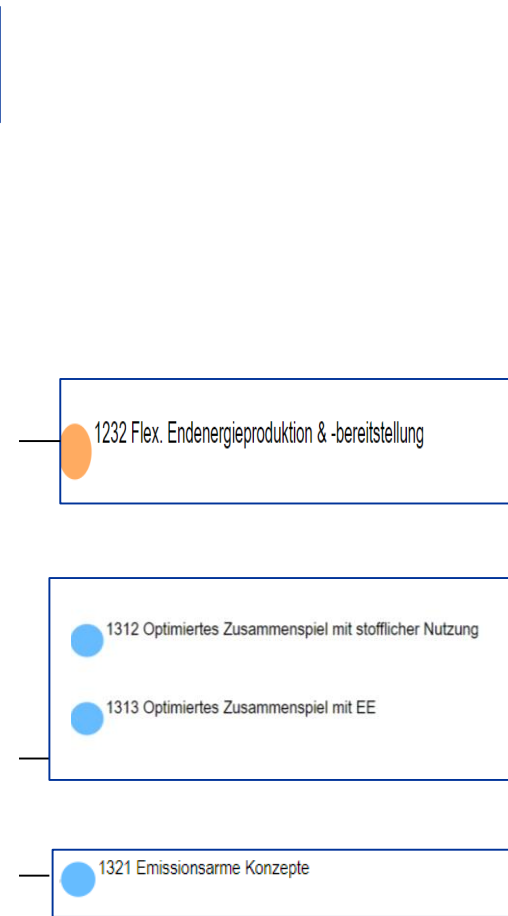
Trends und Anforderungen an Wärmeversorgung



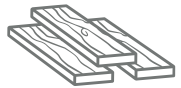
- Klimaneutralität
- negative Emissionen
- erneuerbare Energien
- Bioökonomie, stoffliche Nutzung
- schwer dekarbonisierbare Sektoren
- Nutzungskonkurrenzen
- Politik. RED III
 - sehr begrenzte Biomassearten
 - veränderte Qualitäten
 - stark zurückgehende Mengen
 - stärkere Nutzungskonkurrenz
 - Unsicherheiten



<https://www.dbfz.de/projektseiten/smarkt>



Lösungsvorschläge der biomassebasierten Wärmeversorgung



- Heterogene Brennstoffe
- Kaskadennutzung

1. Brennstoffaufbereitung



111 Hervorragend Konversionseigenschaften



- grundlastorientierte HHS Kessel

2. Flexibilität



1232 Flex. Endenergieproduktion & -bereitstellung



- monovalente Konzepte
- reine energetische Nutzung
- Emissionen

3. Hybrid Konzepte

4. Stofflich-energetische Konzepte

5. Emissionsminderung

6. Negative Emissionen

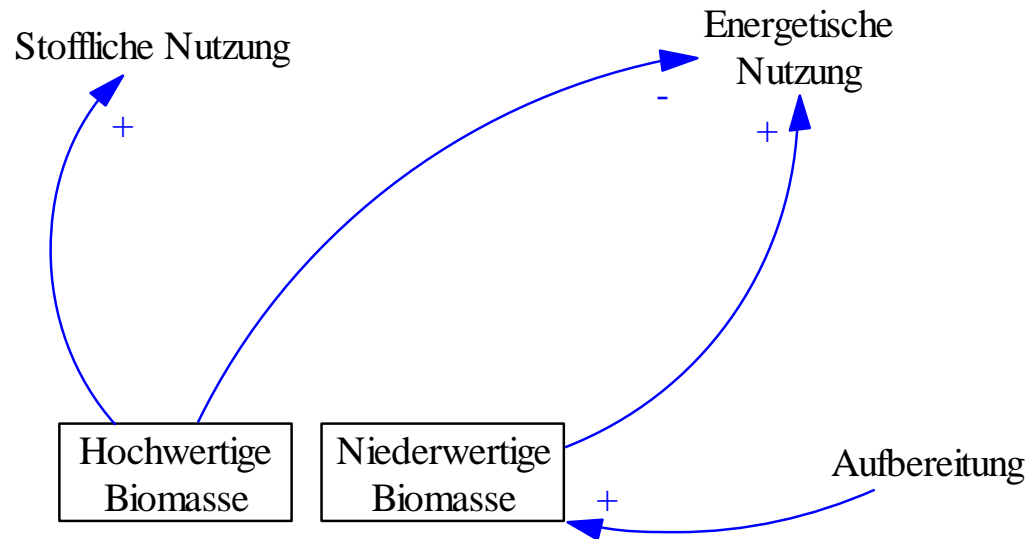


1312 Optimiertes Zusammenspiel mit stofflicher Nutzung

1313 Optimiertes Zusammenspiel mit EE

1321 Emissionsarme Konzepte

1. Brennstoffaufbereitung



Relevanz

- Aufbereitung von Biomasse mit niedrigen Qualität kann zu mehr erneuerbare Wärme beitragen

Lösungsoption

- Laub, Paludikulturen, Schwarzlauge, Bagasse
- Aufbereitung von Rinde und Landschafts- und Waldpflegeholz

Beispielkonzept: Laubaufbereitung



Florafuel AG Anlage



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

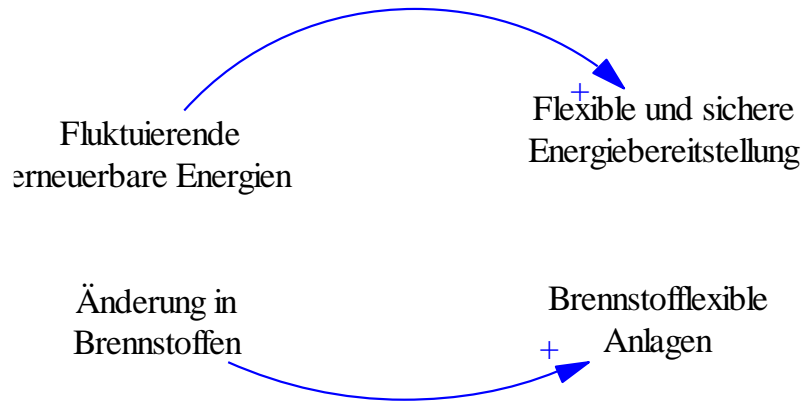
Waschen – Trocknen - Pelletieren

- ggf. mit Additivierung
- ggf. als Brennstoffmischung

Projekte Mobifuels (BMWK 03KB136A) und Abfallende (BMWK 03KB160A)

- Laub-Holz-Mischpellets als Nr. 13 Brennstoff der 1.BImSchV
- Entwurf einer Abfallendeverordnung für Altholz

2. Flexibilität

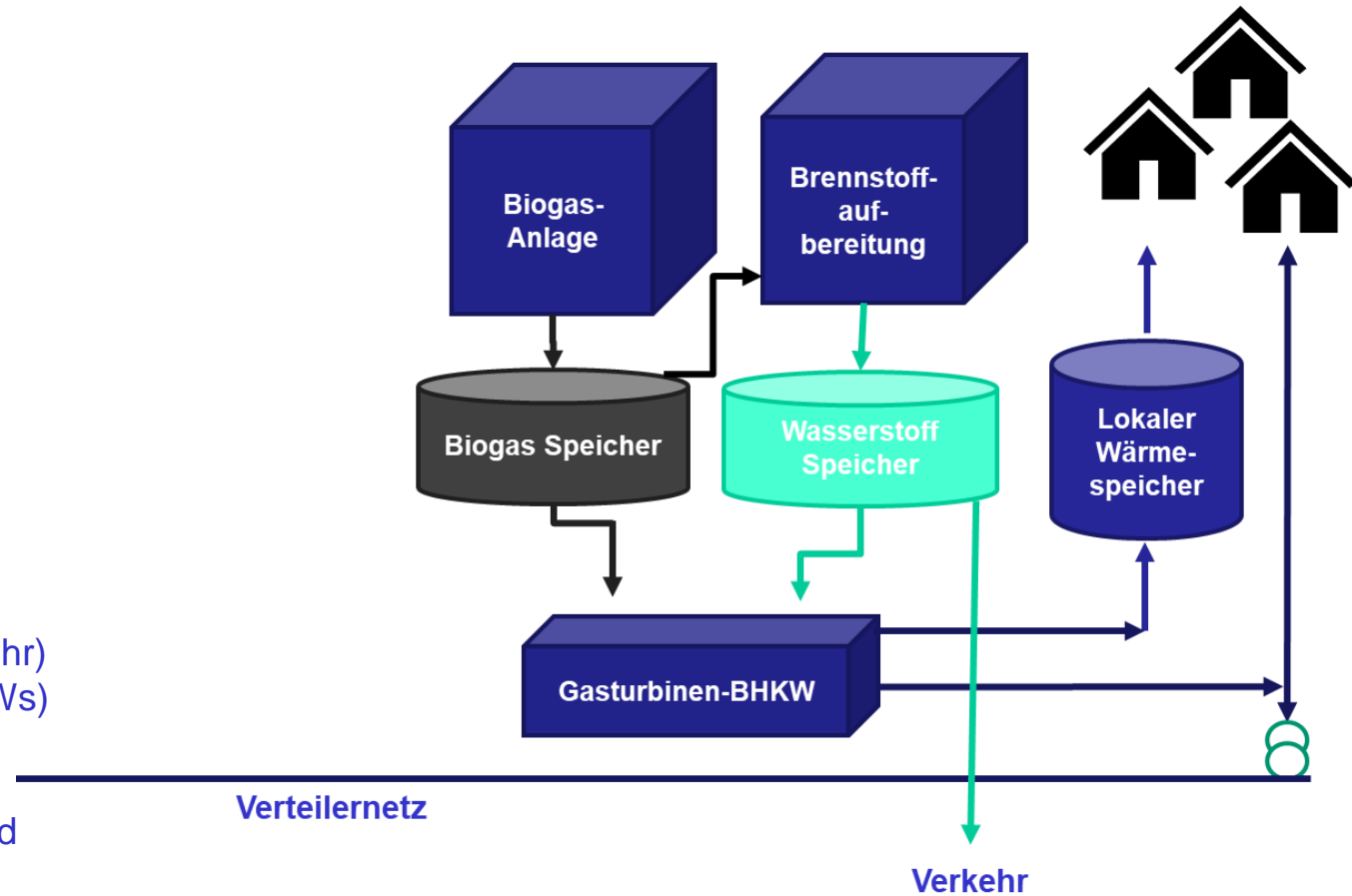


Relevanz

- Verbindung von verschiedenen Sektoren (Wärme, Strom, Verkehr)
- Netzstabilisierung des Stromnetzes (gezielter Einsatz der BHKWs)
- Neue Produkte (z.B. Wasserstoff): schneller und kostengünstiger Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft
- Lokale Produktion, Vermeidung von großen Transportwegen und Leitungsverlusten

Lösungsoptionen

- Flexible Bereitstellung von Strom
- Flexible Erzeugung von Endprodukten (Strom, Wärme, Produkte)



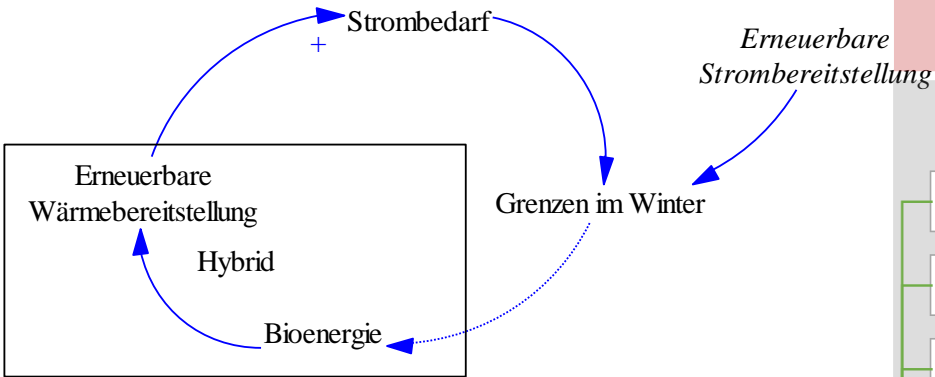
Beispielkonzept: flexible Erzeugung von Wärme, Strom und Wasserstoff aus Biomasse
 Kombination der Biogas-Erzeugung mit

- Brennstoffaufbereitung zu Wasserstoff
- Brennstoffflexiblem Gasturbinen-BHKW

3. Hybrid Konzepte



Projekt Heizöl Fade Out Luxemburg, AG clima agence

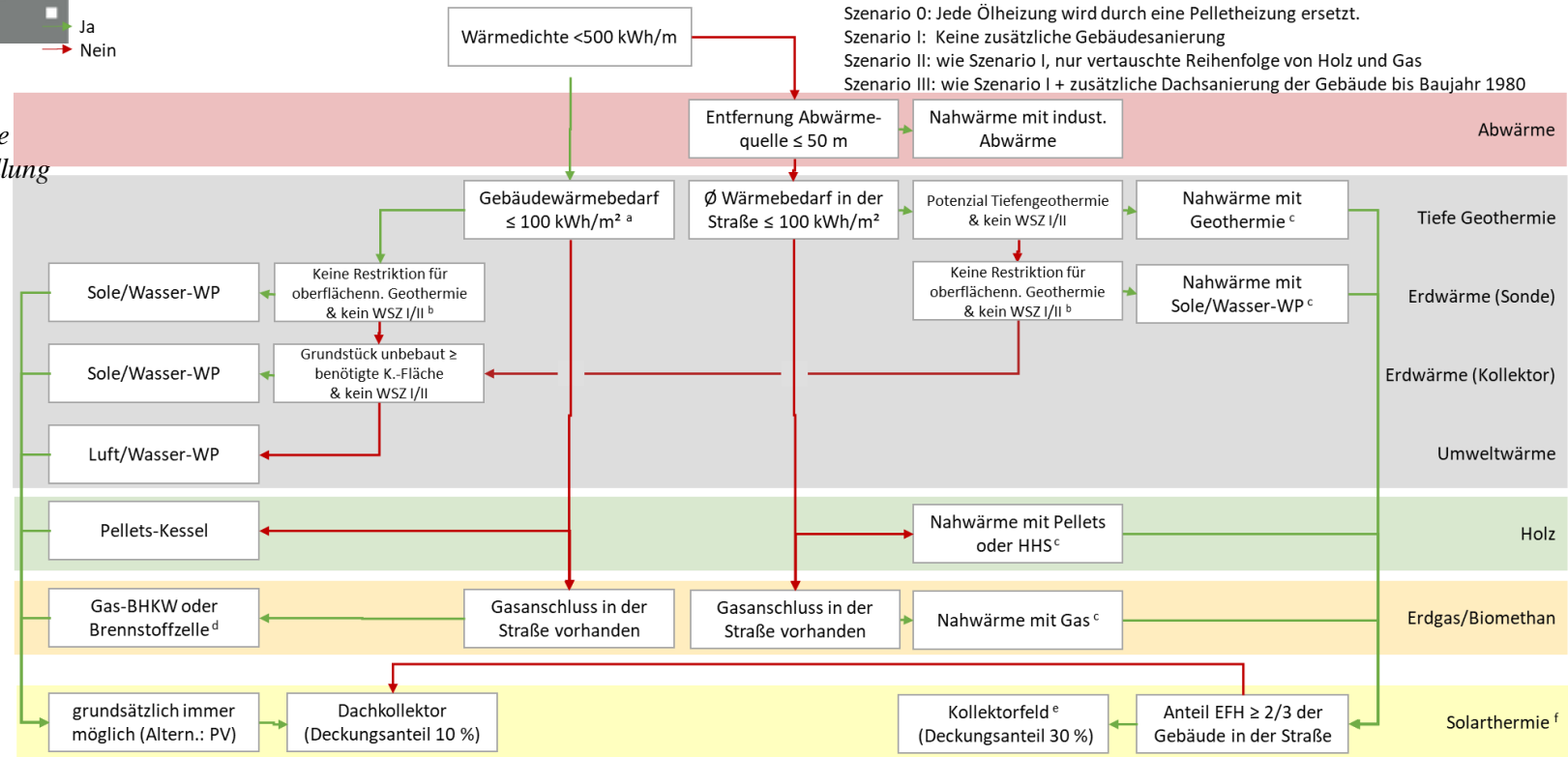


Relevanz

- Direkte Einbindung und Entlastung von fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen
- Hohe Versorgungssicherheit durch den Einsatz von flexiblen Bioenergie im Bedarfsfall; Komfort
- Erweiterung des klassischen Einsatzbereichs von erneuerbaren Energien durch zum Beispiel Erweiterung des Temperaturbereichs

Lösungsoptionen

- Mit WP: Biomasse-Kaminofen mit Wassertasche oder Biomassekessel oder in Wärmenetzen mit Biomassevergaser-BHKW
- Mit WP und Solarthermie; WP und Gas



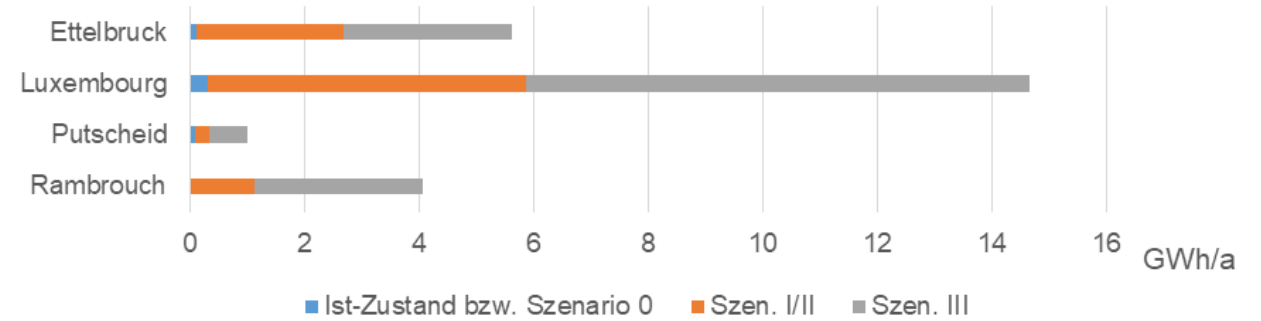
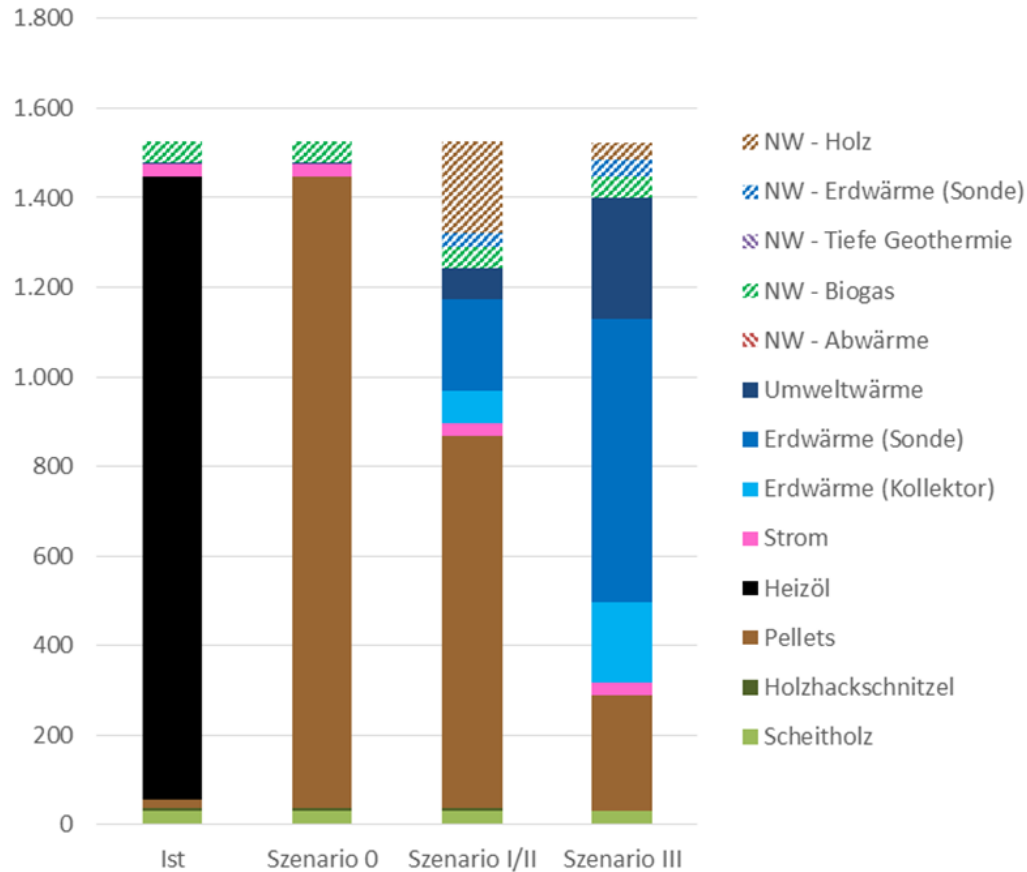
^a Gebäude mit Baujahr nach 1980 sowie bereits sanierte Gebäude
^b Mindestabstand zwischen den Bohrlöchern von 6 m.
^c als primärer Energieträger, d.h. es sind auch Kombinationen unterschiedlicher Energieträger möglich. Insbesondere Solarthermie wird als Kombinationstechnologie gesehen.
^d Brennstoffzelle im Ein- und Zweifamilienhaus möglich.
^e Typischerweise aufgelockerte Bauweise mit überwiegend EFH, eher im ländlichen Raum; auch verdichtete Neubaugebiete mit freien Flächen für Solarthermiefelder.
^f Alternativ zu Solarthermie ist auch die Kombination, z.B. von Biomasse, mit Fotovoltaik denkbar (Heizstab mit Pufferspeicher), um Warmwasser bereitzustellen.

3. Hybrid Konzepte



Projekt Heizöl Fade Out Luxemburg, AG clima agence

Anzahl der Gebäude nach Hauptenergieträger in den Szenarien in Rambrouch



Zusätzlicher Stromverbrauch von Wärmepumpen in den Szenarien

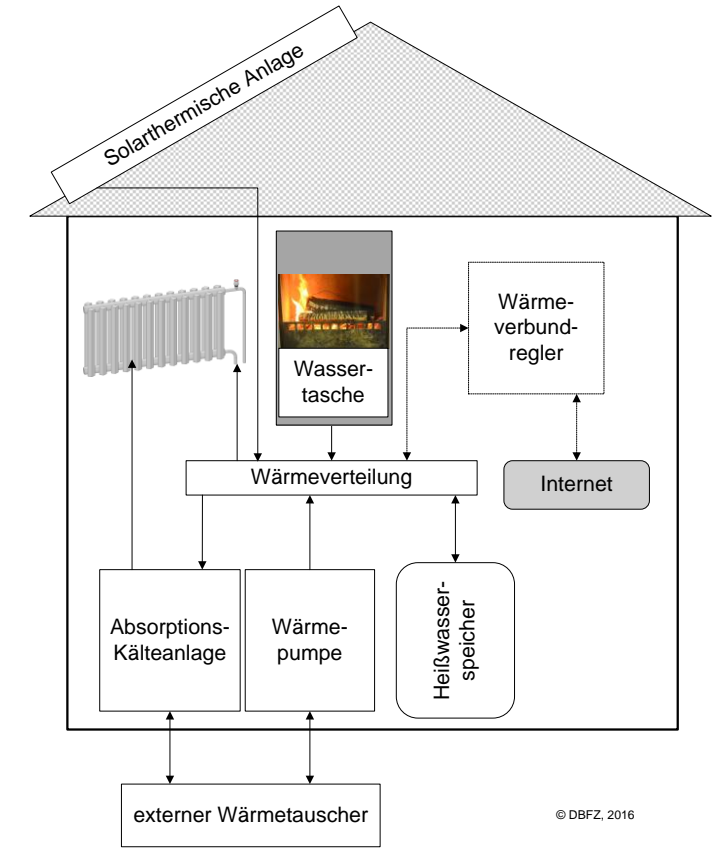
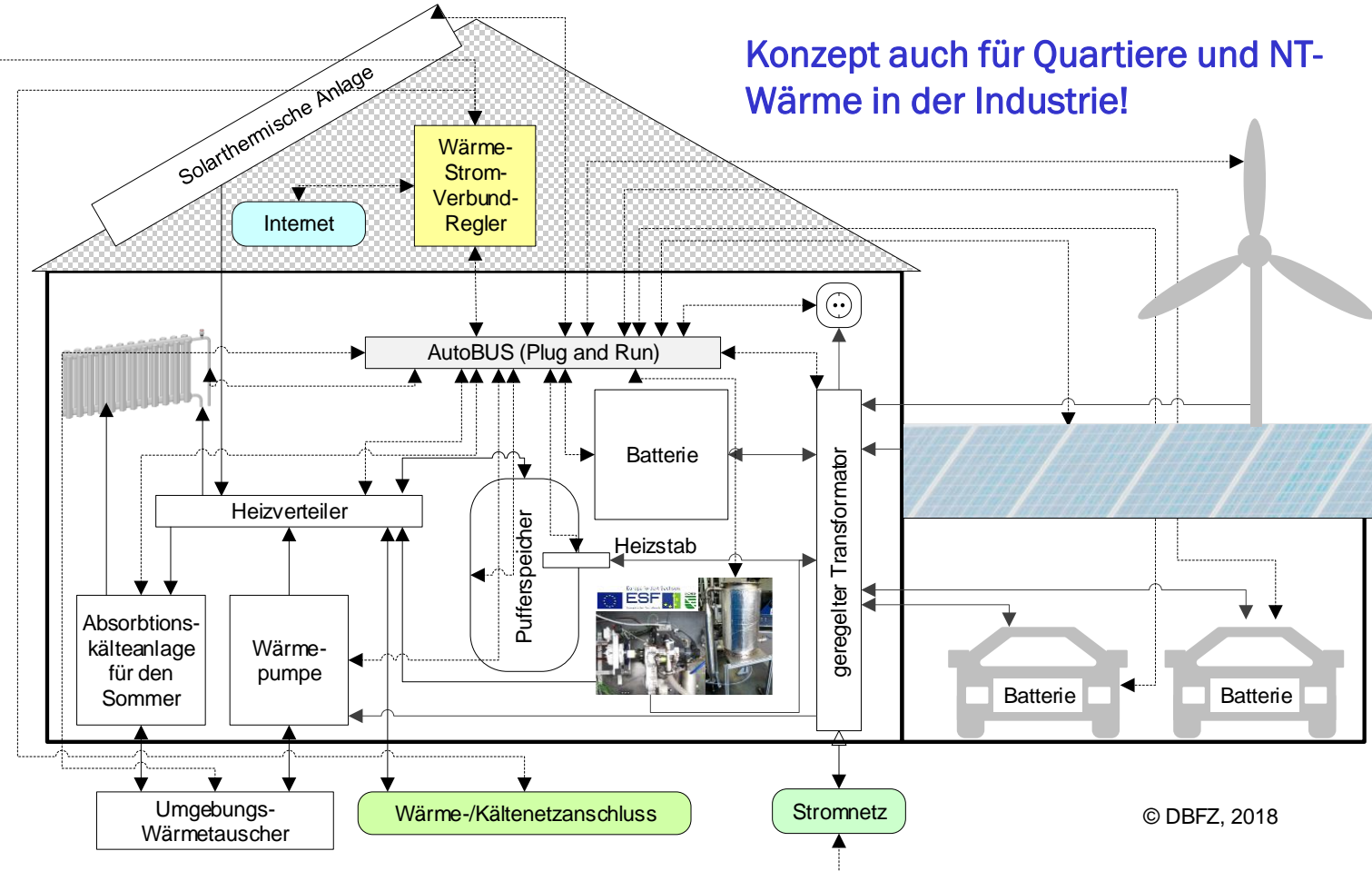
Hohe Sanierung → ermöglicht hohen Anteil von Wärmepumpen (an Stelle von Biomasse) → deutlich erhöhter Stromverbrauch = kommunizierende Röhren
 Biomasse - Sanierung - Wärmepumpen - Stromnetzauslastung
 IZES (2021)

3. Hybrid Konzepte



Konzept auch für Quartiere und NT-
Wärme in der Industrie!

Konzept für gut gedämmte
Einfamilienhäuser mit Luft-Wasser-WP



BEG fördert 2,5 mg/m³ bei 13% O₂

© DBFZ, 2018

© DBFZ, 2016

3. Hybrid Konzepte



Methode

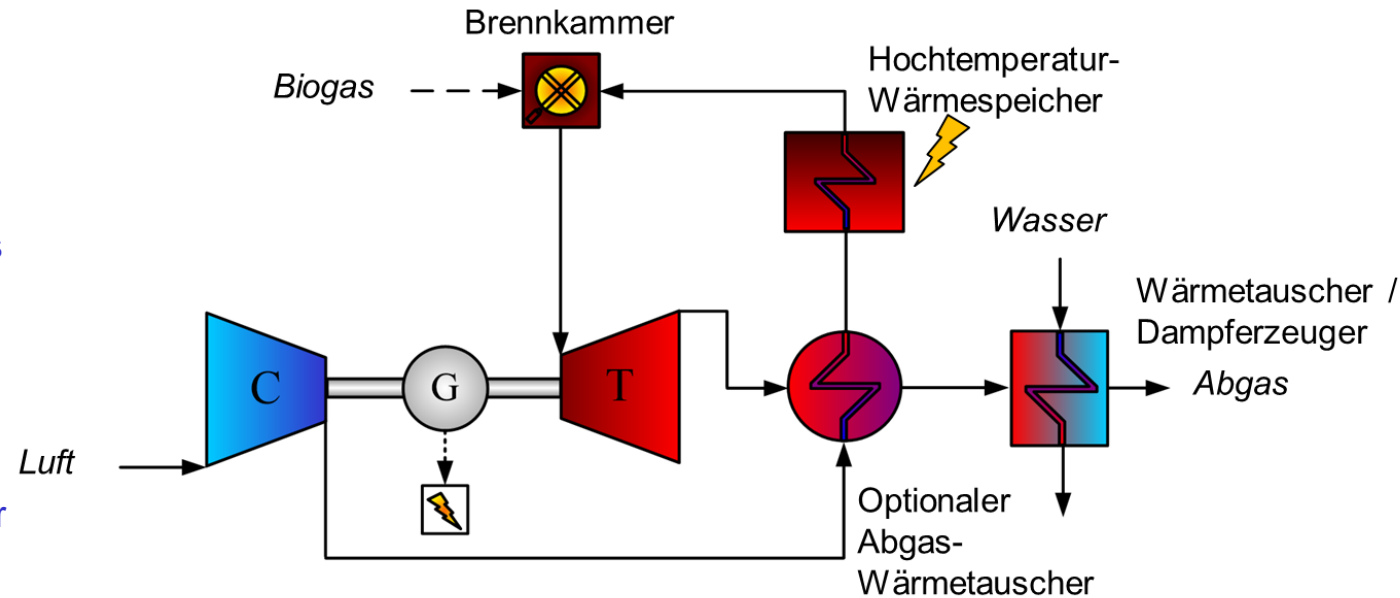
- Erneuerbarer Strom wird bei Verfügbarkeit dazu genutzt einen Hochtemperaturwärmespeicher zu laden
- Bei Bedarf an Wärme und Strom wird die komprimierte Luft der Gasturbine vor der Brennkammer erwärmt
- Die Vorwärmung der Luft durch den Wärmespeicher reduziert die notwendige Brennstoffmenge
 - Vollständig bei ausreichender Verfügbarkeit und ausreichendem Temperaturniveau
 - Teilweise unter Nutzung von variablen Anteilen Biogas für die weitere Erwärmung

Nutzen für das Energiesystem

- Zuverlässige und bedarfsgerechte Versorgung mit Wärme und Strom unabhängig von der Speicherbeladung
- Bereitstellung eines gleichbleibenden Temperaturniveaus für die Anwendung
- Lokale Speichermöglichkeit für Stromüberproduktion

Beispielkonzept: Integration eines elektrischen Hochtemperaturwärmespeichers in eine mit Biogas befeuerte Gasturbine

(C=Kompressor, G=Generator, T=Turbine)



3. Hybrid Konzepte



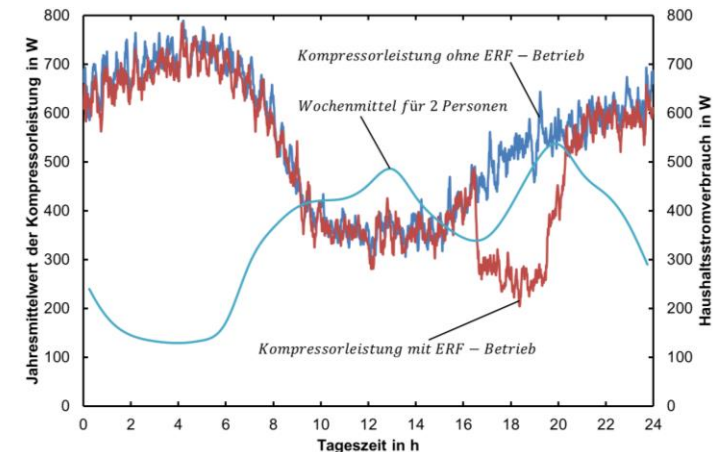
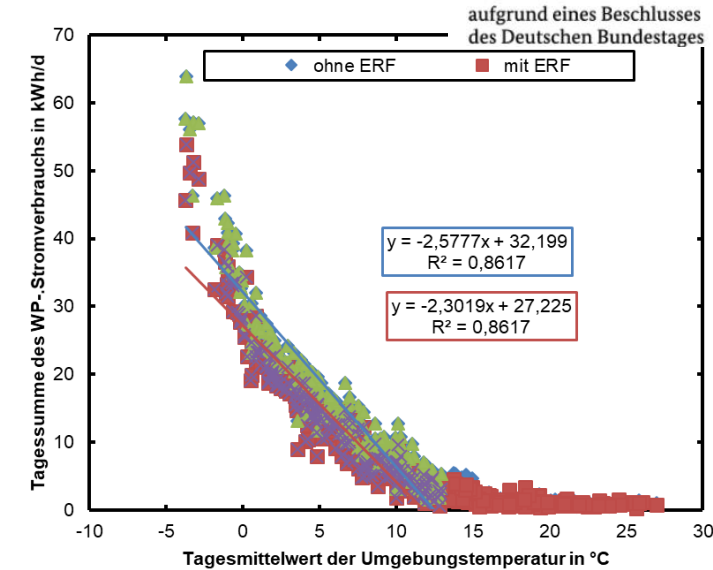
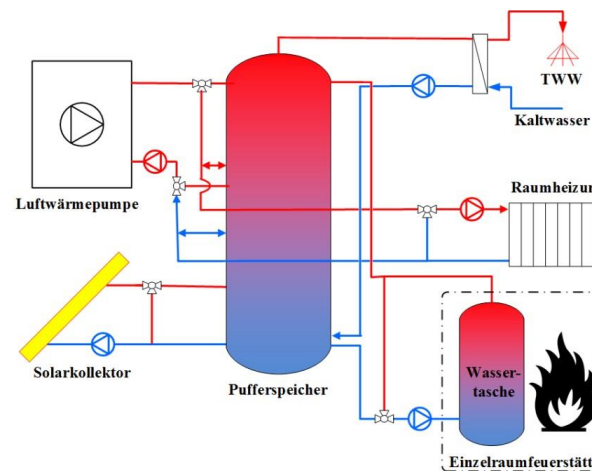
- Zentrale Frage:**
 - Kann ERF-Betrieb zur Vermeidung von Lastspitzen im Stromnetz beitragen?
- Methoden:**
 - TRNSYS-Simulationsstudie (ISFH) bildet Grundlage für Prognose auf Gesamtsystemebene (DBFZ)
 - EFH-Bungalow mit XY m² und vier Dämmstandards
 - WP als zentraler Wärmeversorger und Solarthermie als optionale Effizienzmaßnahme
 - ERF mit/ohne Wassertasche
- Ergebnisse:**
 - Signifikante Reduktion des Jahresstromverbrauchs zur Abendspitze des Standardlastprofils von bis zu 70 % zwischen 18 und 21 Uhr
 - Deutliche Steigerung der Nutzbarkeit der ERF-Wärmelieferung durch Wassertasche
 - Thermosensibilität des Wärmeversorgungssystems um bis zu 40 % reduziert

Beispielkonzept: Optionen zum netzdienlichen Betrieb von Einzelraumfeuerstätten (OptDienE FKZ 03KB138 A/B)

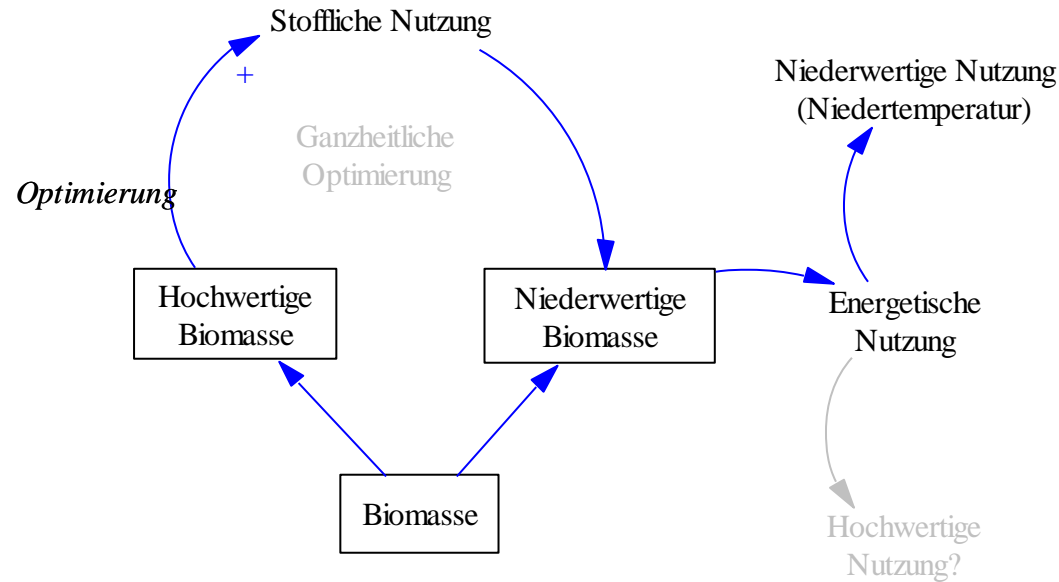
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



4. Stofflich-energetische Nutzung



Relevanz:

- Wärmeanwendungen mit fester Biomasse in der Industrie meist als „Entsorgungsaufgabe“ bzw. zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme genutzt - (Trocknung) hier wären auch alternative EE (wie Wärmepumpen zumindest zu langen Phasen des Jahres einsetzbar) => es fehlt die Biomasse für die Hochtemperaturanwendungen bzw. die Spitzenlastabdeckung im Winter oder bei Produktionsspitzen; Pfad b: vielfach wird bei der thermischen Nutzung von Reststoffen nur auf die Wärmebereitstellung geachtet und nicht auf die Weiternutzbarkeit der Aschen (z.B. im Zement oder als biogenes Silica)

Beispielkonzept: BioBeton (AiF KK5045102K10) – Biomasseasche als Ersatz von Kohleaschen

RH: rice husk ash.

F: foliage ash (produced in laboratory).

SH: ash of spelt husk with 1 db wt.% kaolinite.

R-FF: post-treated FF ash at 800 °C for 2 h.

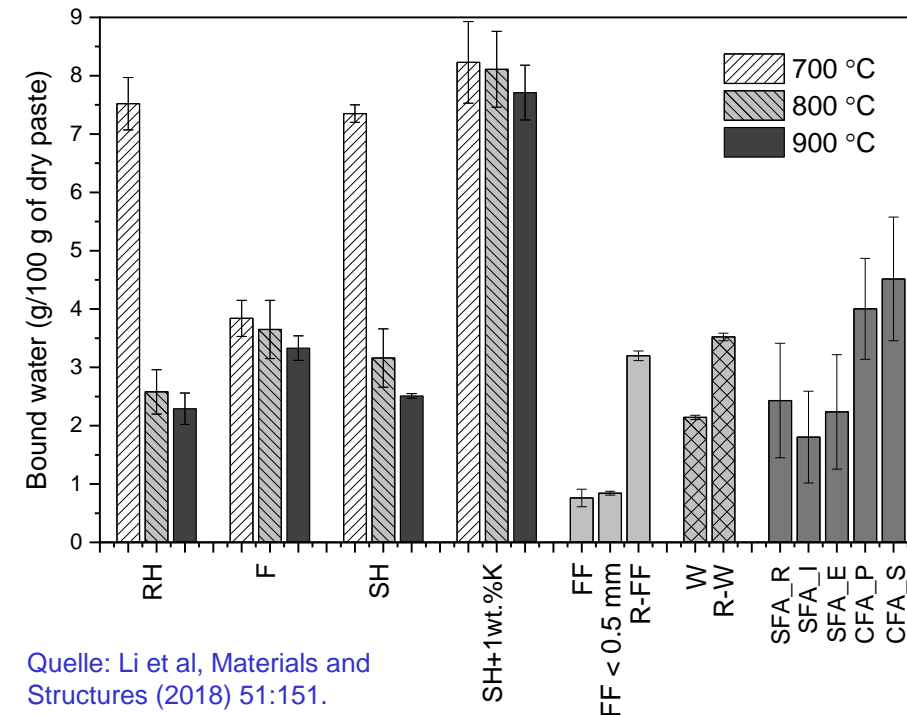
R-W: post-treated W ash at 800 °C for 2 h.

SH: spelt husk ash.

FF: foliage ash (produced at FloraFuel).

W: wood ash (produced at a power-plant)

SFA and CFA: coal fly ashes from literature¹.



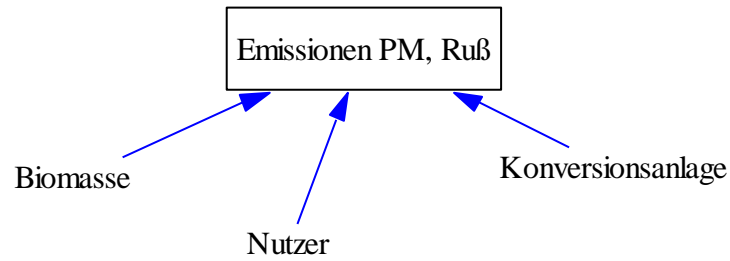
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Quelle: Li et al, Materials and Structures (2018) 51:151.

5. Emissionsminderung



Relevanz: Wärmeanlagen sollen möglichst keine umweltschädliche Emissionen verursachen.

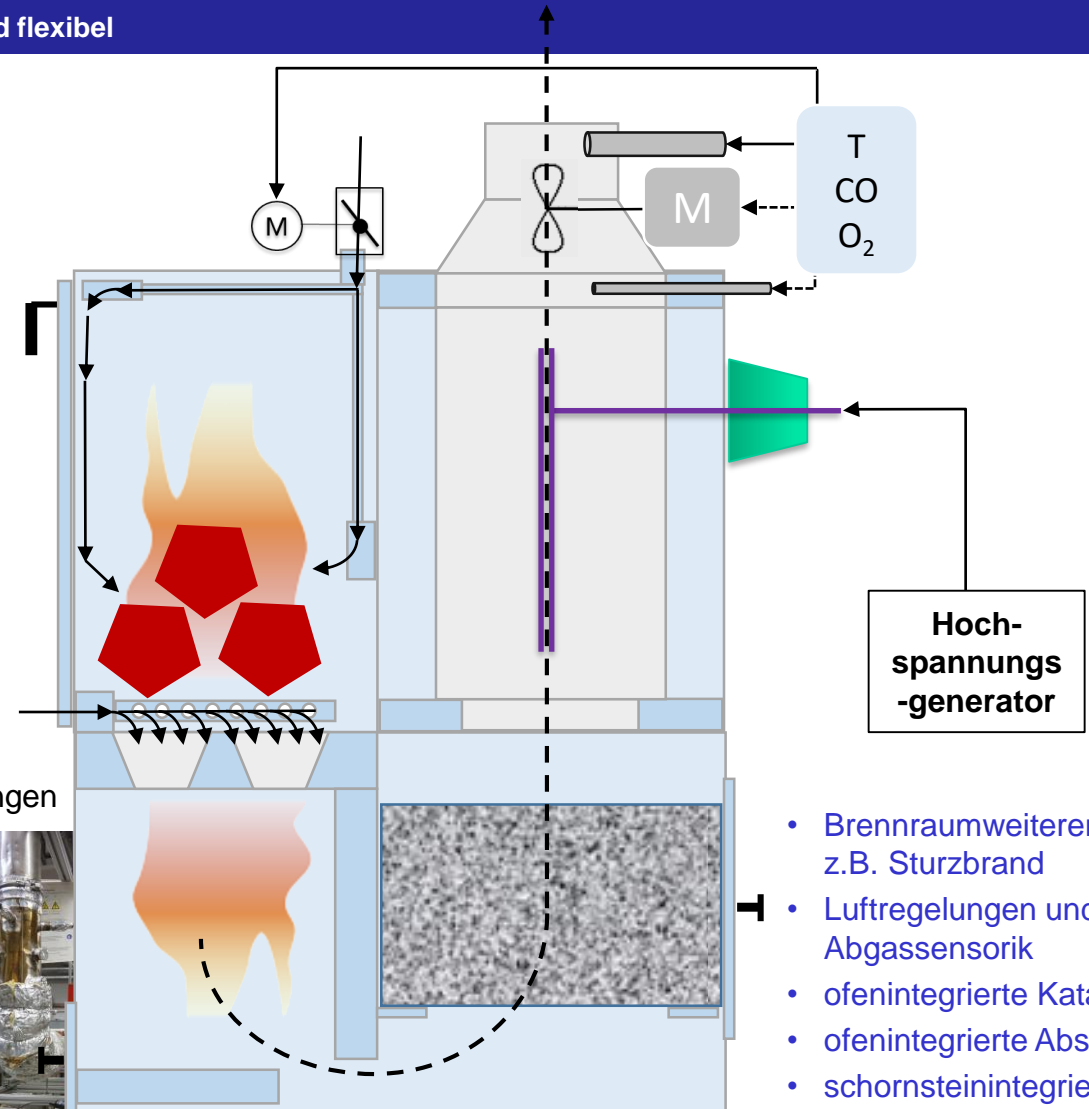
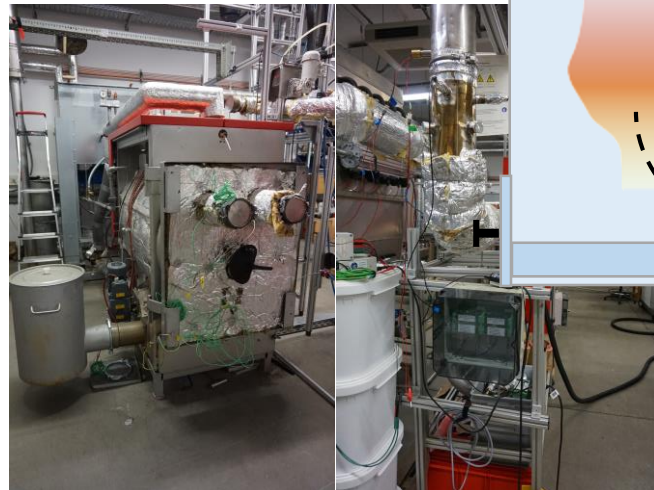
Umweltverträgliche Verbrennung: Kessel mit SPS, E-Abscheider, Katalysator



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

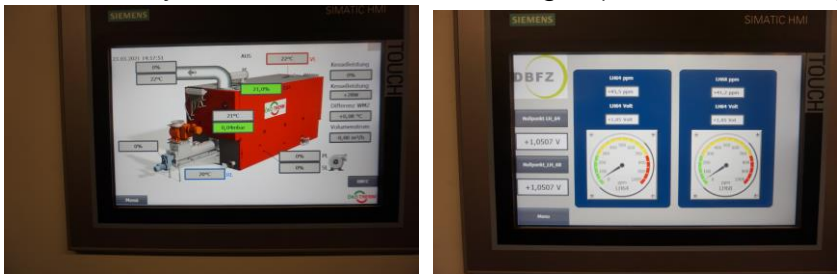
Reststoffverbrennung: Kesselanlage für kleine Wärmenetze für Ersatz von Einzelraumfeuerungen

- Ökotherm C0 49 kW (A.P. Bioenergietechnik GmbH)
- SPS (ETF Solutions GmbH)
- E-Abscheider (A.P. Bioenergietechnik GmbH)
- CO/HC-Sensoren (Lamtec, Universität Bayreuth)
- Katalysatoren im Wärmeübertrager (Blue Fire GmbH)



- Brennraumweiterentwicklung, z.B. Sturzbrand
- Luftregelungen und Abgassensoren
- ofenintegrierte Katalysatoren
- ofenintegrierte Abscheider
- schornsteinintegrierte Abscheider
- Blauer Engel/ Emissionsprüfungen für Heizfeuerstätten
- Praxismessungen

Bilder: DBFZ

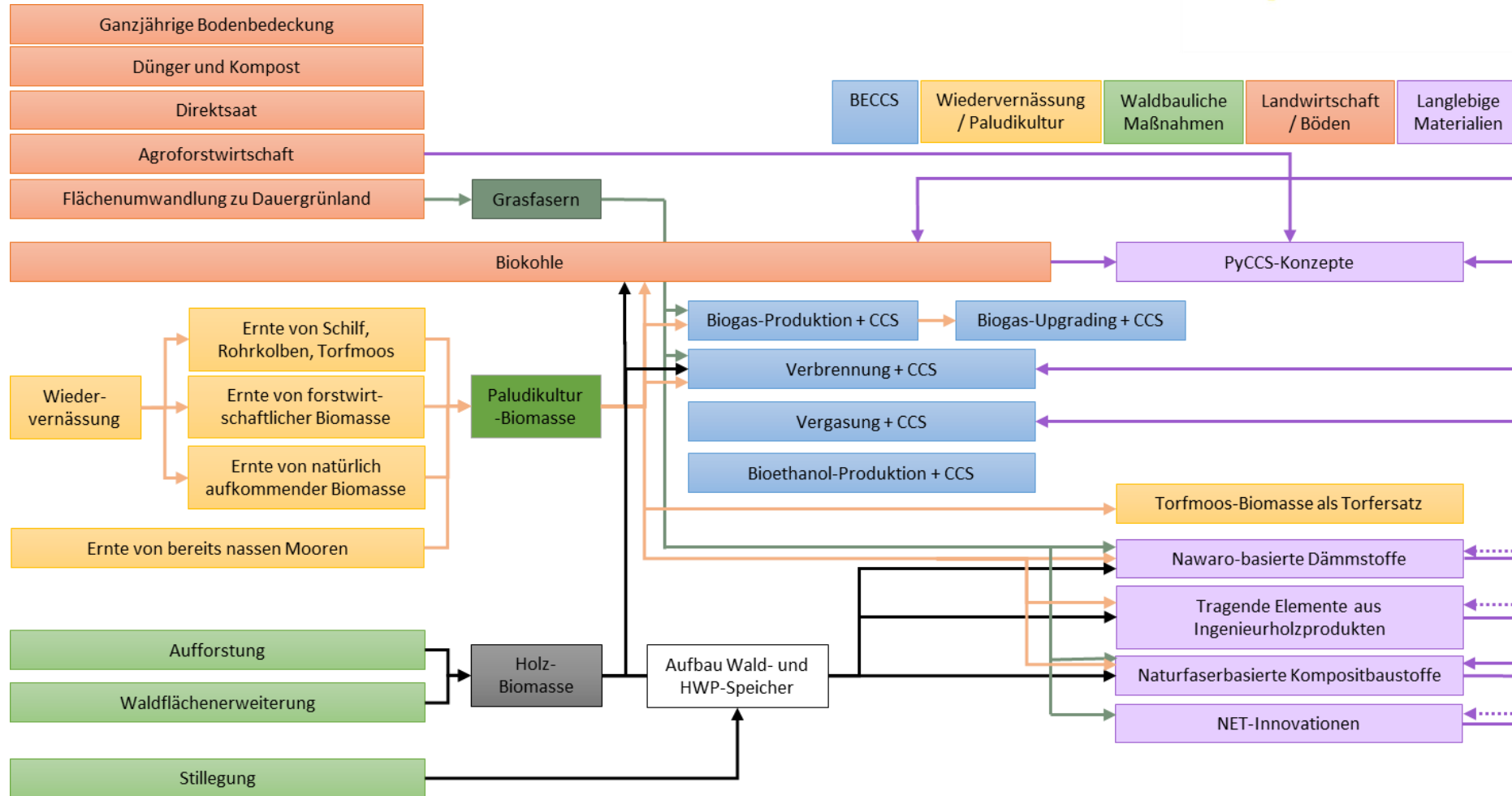


6. Negative Emissionen

GEFÖRDERT VOM



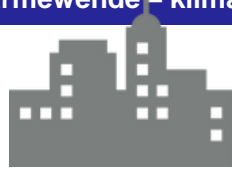
Erderwärmung begrenzen
 Nicht defossilisierbare Sektoren
 Biomassebasierte NETs
 Weitere NETs



Projekt BioNET FKZ BMBF 01LS2107B
 Quelle: Projekt BioNET

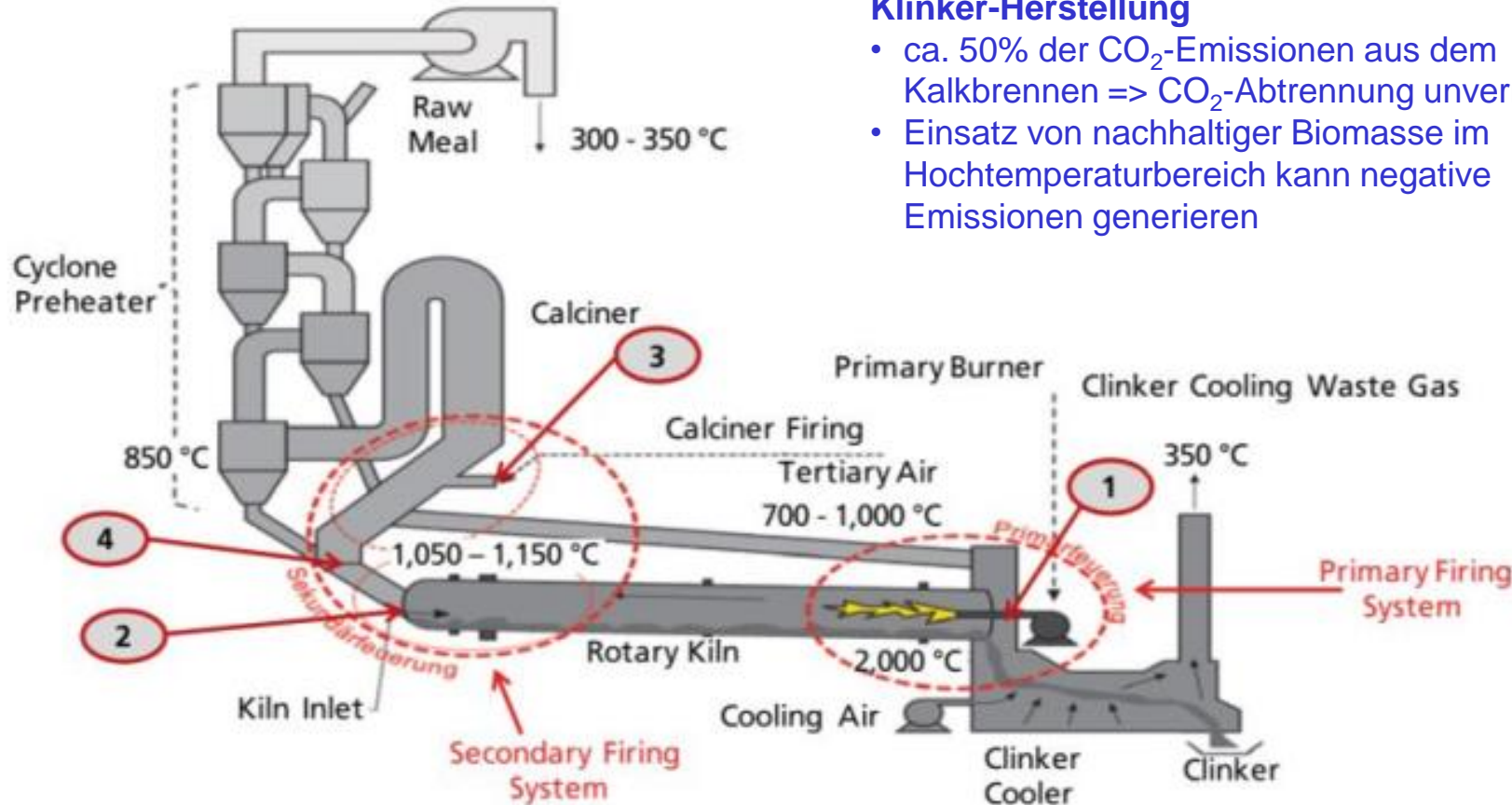


6. Negative Emissionen



Klinker-Herstellung

- ca. 50% der CO₂-Emissionen aus dem Kalkbrennen => CO₂-Abtrennung unvermeidbar
- Einsatz von nachhaltiger Biomasse im Hochtemperaturbereich kann negative Emissionen generieren



Pyrolyse-Feuerungen

- Wärmebereitstellung mit Biokohlenbereitstellung aus Biomasse koppeln
- Biokohle mit Kompost oder Gärsubstrat animpfen und als Dünger und Bodenwasserspeicher in den Boden einbringen

Abbildung: Sarc R, Pomberger R, Lorber KE. Innovative Technical Solutions for Reduction of Waste Fuel Specific Emissions in Cement Plants. In: Thomé-Kozmiensky KJ, Thiel S, Thomé-Kozmiensky E, Winter F, Juchelková D, editors. Waste Management. Neuruppin, Germany: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky; 2017, 475–497

Zusammenfassung

- Bioenergie hat einen hohen Anteil an der regenerativen Wärmeversorgung (86%) v.a. Festbrennstoffe (Scheitholz und Pellet) im Gebäudesektor, bisher vor allem als monovalente und grundlastorientierte Lösungen.
- Insbesondere der Einsatz von Primärholz als alleinige Wärmequelle im Temperaturbereich unter 150°C muss und wird zurückgehen (Biodiversität – Bioökonomie).
- Eine künftige Wärmeversorgung benötigt smarte und systemdienliche Integration der Bioenergie. Szenarien zeigen einen Wechsel in Sektoren und der eingesetzten Biomassen.
- Durch neue Lösungsansätze kann Biomasse auch zukünftig einen intelligenten Baustein in der Wärmeversorgung bieten:
 - Biomasseaufbereitung von Rest- und Abfallstoffen, sowie Minderqualitäten an Biomassen
 - Hybride Lösungen mit Biomasse als Spitzenbedarfsdeckung
 - Flexible Bioenergie zur Systemstabilisierung
 - Stoffliche-energetische Nutzung mit hoher stofflicher Wertschöpfung
 - Negative Emissionen ggf. verbunden mit Bodenverbesserung

