

Industrielle Prozesswärme im Kontext eines treibhausgasneutralen Energiesystems

Team:

Felix Kullmann, FZ Jülich

Lilli Sophia Röder, DBFZ

Dr. Peter Kutne, DLR

Andreas Krönauer, ZAE Bayern

Dr. Georg Holtz und Clemens Schneider, Wuppertal Institut

Agenda

- ▶ **Entwicklung der industriellen Prozesswärme in Energieszenarien**
 - ▶ **Europa**
 - ▶ **Deutschland**

- ▶ **Abwärmennutzung als Schlüssel zur treibhausgasneutralen Prozesswärmebereitstellung?**

- ▶ **Integration Erneuerbarer Energien in die Prozesswärmeerzeugung**
 - ▶ **Bioraffinerien**
 - ▶ **Gasturbinen**

Entwicklung der zukünftigen Prozesswärmebereitstellung in *Energieszenarien EU*



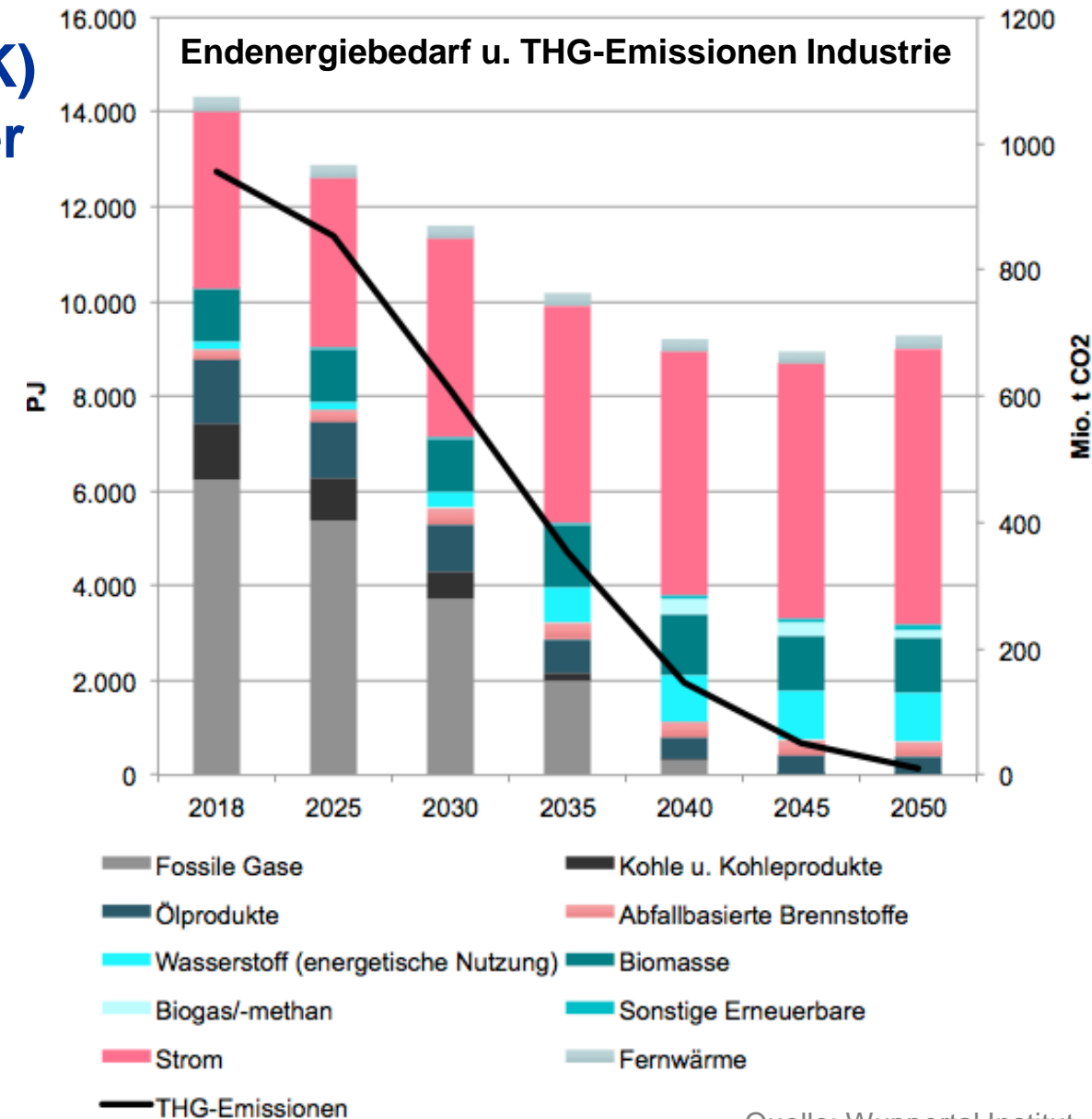
Transformation der Industrie* (EU27+UK) in einem Klimaneutralitätsszenario unter Berücksichtigung der Gaskrise

Der **Endenergiebedarf der Industrie sinkt** durch den Einsatz von Wärmepumpen, andere Energieeffizienzmaßnahmen sowie einen Rückgang der Produktion in Raffinerien bis 2040 deutlich.

Der Bedarf an **fossilen Gasen** kann **zeitnah gemindert** und bis 2045 auf nahezu Null gesenkt werden.

Langfristig erfolgt die **Wärmebereitstellung weitgehend elektrisch**, wo dies aus technischer Sicht nicht möglich ist mittels H₂ oder Biomasse bzw. Biogas-/methan.

Biogene Energieträger in Kombination mit CCS (**BECCS**) ermöglichen z.B. in der Stahlindustrie und in der mineralischen Industrie die Bereitstellung von Hochtemperaturwärme und gleichzeitig **negative Emissionen** zur Kompensation von Restemissionen.



* inkl. Raffinerien und Kokereien (o. Dampfreformierer)

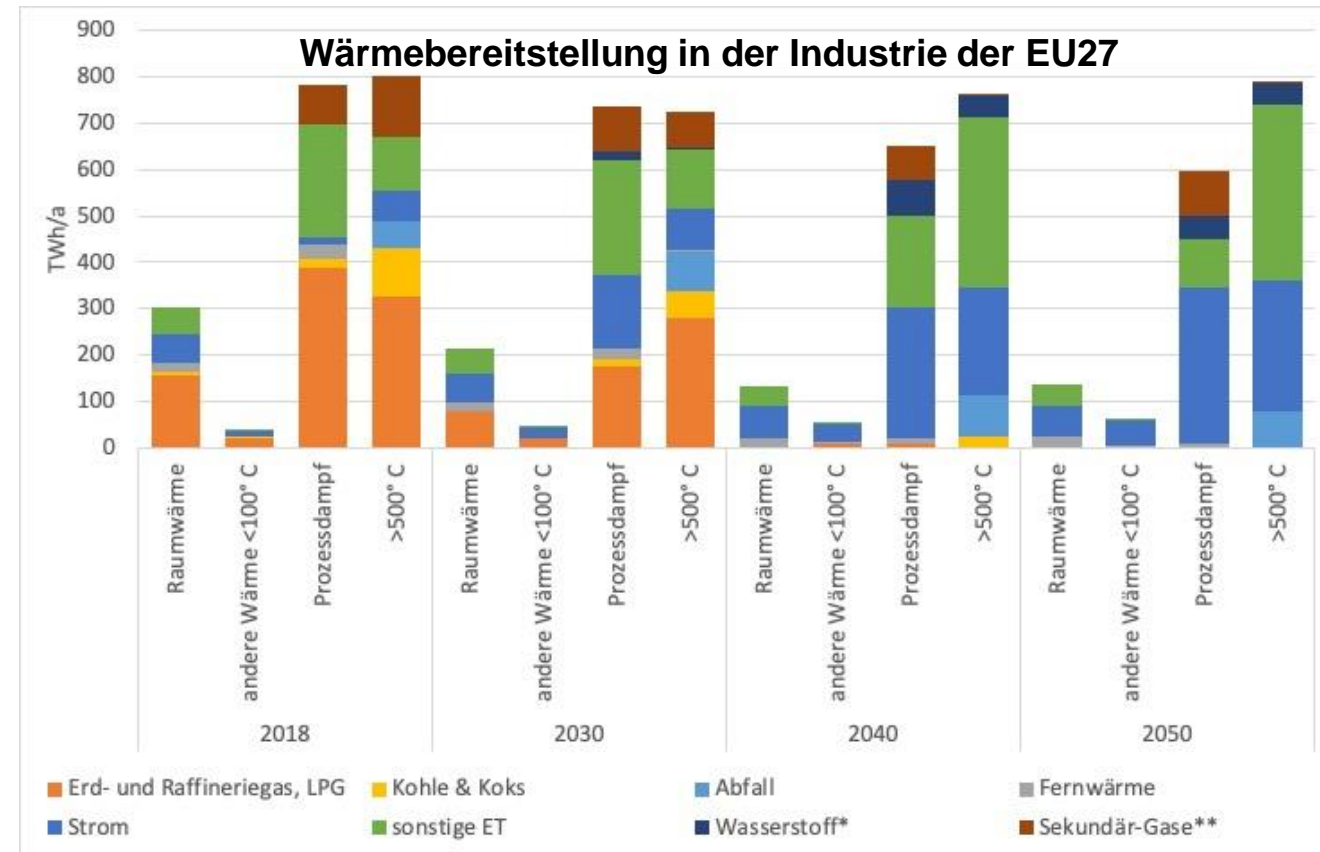
Quelle: Wuppertal Institut

Transformation der Industrie* (EU27+UK) in einem Klimaneutralitätsszenario unter Berücksichtigung der Gaskrise

Die Bereitstellung von **Niedertemperaturwärme** (< 100°C) erfolgt größtenteils über **Wärmepumpen und Fernwärme**. Solar- und Geothermie spielen eine (kleinere) Rolle.

Für die **Dampfbereitstellung** (100-500 °C) werden vielfach **hybride Strom/H₂-Kessel** eingesetzt, daneben Biomasse. In der Chemieindustrie spielen auch langfristig Reststoffe aus Steamcrackern eine wichtige Rolle.

Die Bereitstellung von **Hochtemperaturwärme** erfolgt **sektorspezifisch** (z.B. H₂ in den DRI-Anlagen und Biomasse in den Walzwerken der Stahlindustrie, abfallbasierte Brennstoffe v.a. in der Zementindustrie, Biomethan und Strom in der Glasindustrie, Strom für Primär- und Sekundäraluminium)



* nur energetische Nutzung von Wasserstoff

** Beiprodukte aus Steamcracking und Stahlerzeugung (jedoch ohne Energieeinsatz im Steam Cracker selbst)

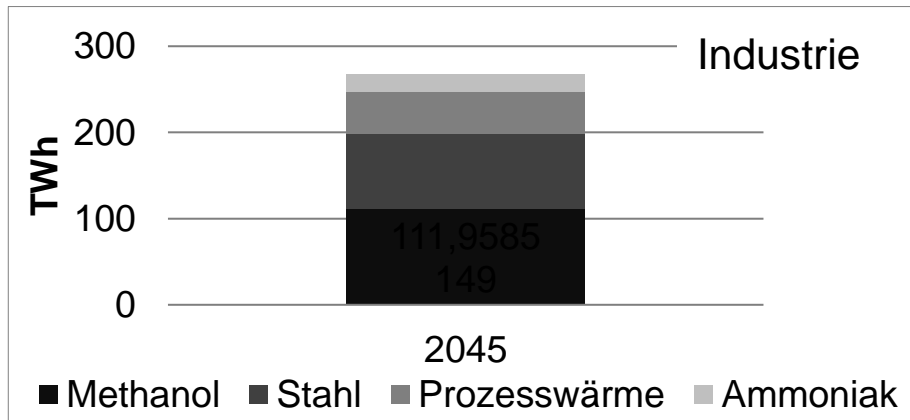
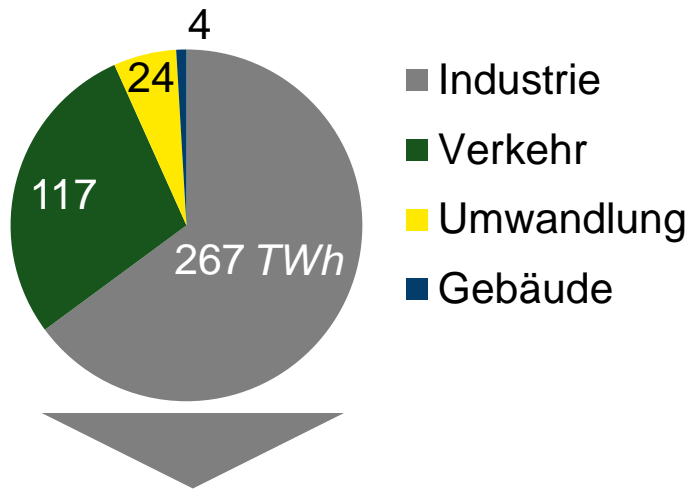
Quelle: Wuppertal Institut

Entwicklung der zukünftigen Prozesswärmebereitstellung in *Energieszenarien DE*



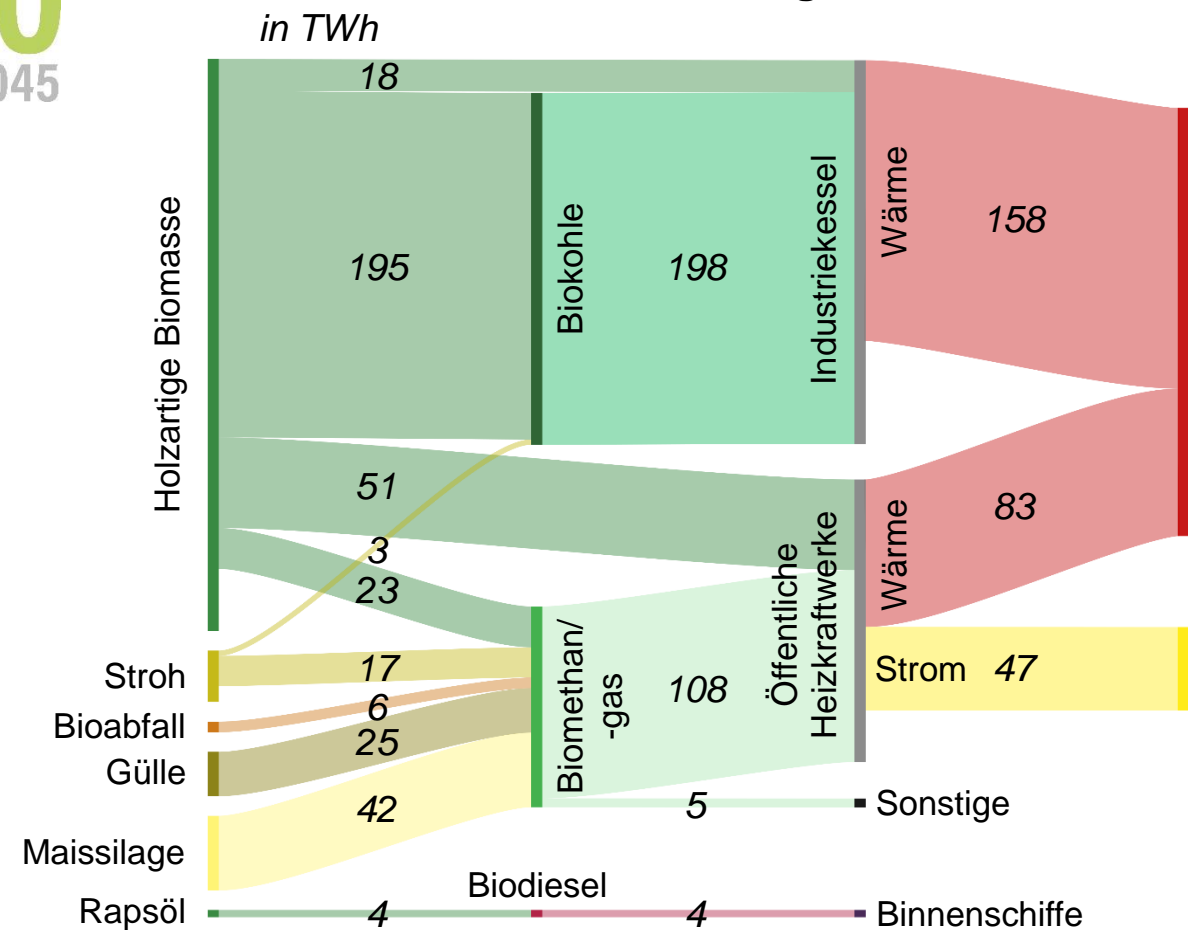
Entwicklung der Industrie im treibhausgasneutralen Energiesystem DE

Industrieller Wasserstoffbedarf in 2045 in DE



100
KSG2045

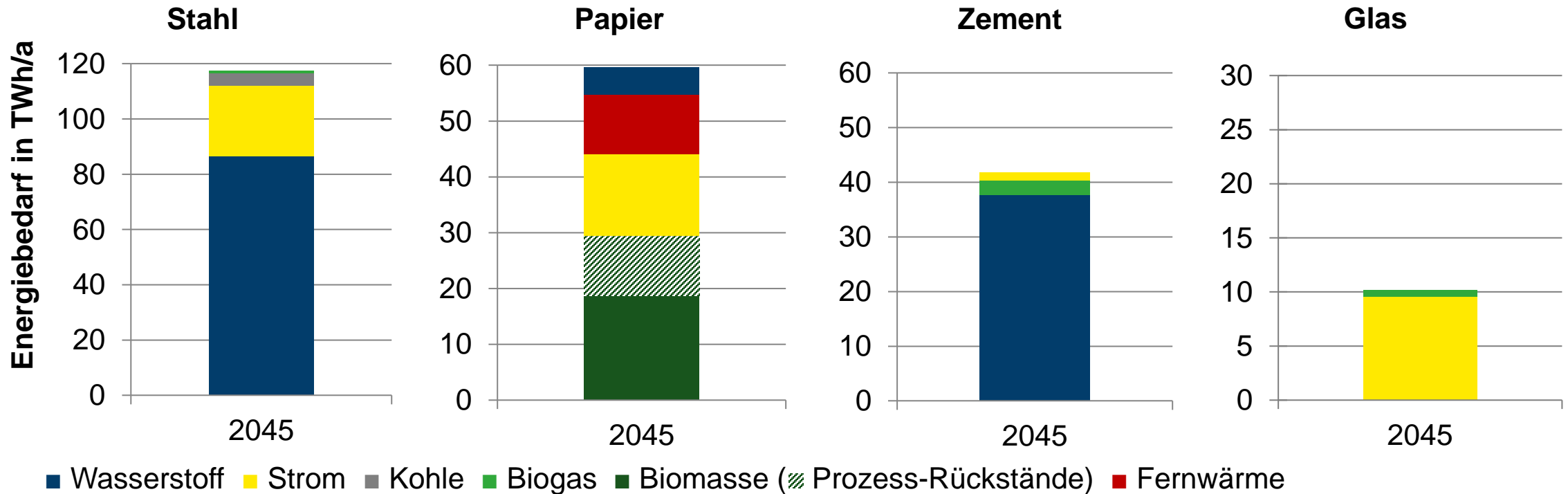
Biomasseverwendung



D. Stolten et al. (2022) Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045, Schriften des Forschungszentrums Jülich Reihe Energie & Umwelt, Volume 577, VI, 81 pp ISBN: 978-3-95806-627-4

Entwicklung der Industrie im treibhausgasneutralen Energiesystem DE

100
KSG2045



Wasserstoff und Biomasse sind Schlüssel-Energieträger für die Defossilisierung der deutschen Industrie

D. Stolten et al. (2022) Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045, Schriften des Forschungszentrums Jülich Reihe Energie & Umwelt, Volume 577, VI, 81 pp ISBN: 978-3-95806-627-4

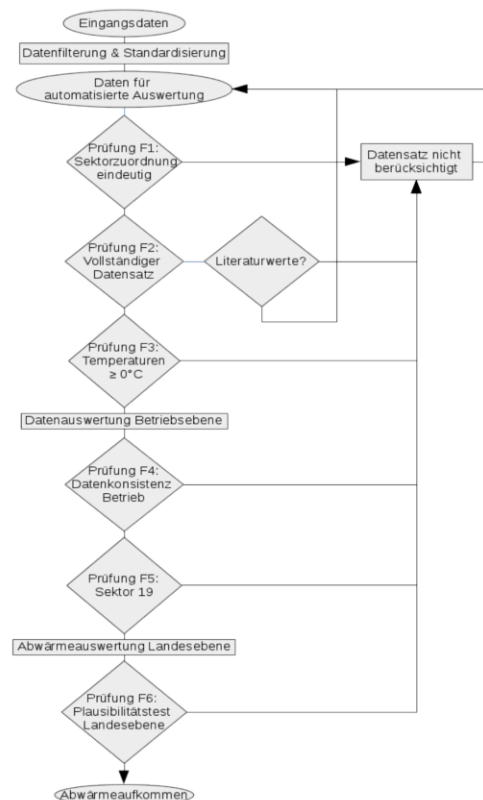
Abwärmennutzung als Schlüssel zur treibhausgasneutralen Prozesswärmebereitstellung?



Prozesswärme durch Abwärme decken?

Welches Potential hat Abwärme qualitativ und quantitativ dazu? Untersuchung durch Dissertation von Sarah Brückner: Industrielle Abwärme in Deutschland, TUM, 2016.

Erhebung der Daten zum Abwärmeaufkommen aus den Meldungen der Betriebe nach BImSCH an die Bundesländer aus dem Jahr 2008 und Prüfung der Daten auf Plausibilität.



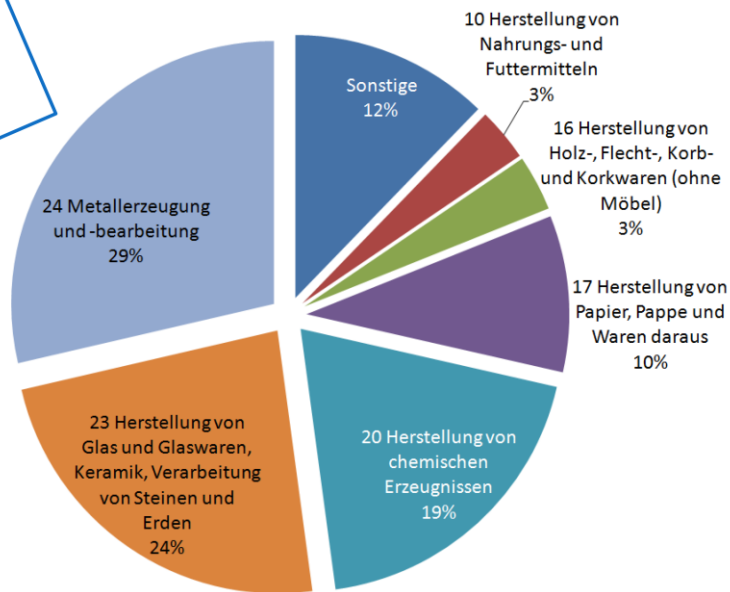
Fehlerquellen:

- 1) **Uneindeutige Zusortierung zu einem Sektor**
- 2) **Brennstoffart/ Heizwert fehlt**
- 3) **unplausible Temperaturen**
- 4) **Abwärme größer Brennstoff**
Datensatz des Betriebes inkonsistent
- 5) **Fehlende Unterscheidung Brennstoff und Produktrohstoff**
- 6) **Brennstoffmenge übersteigt Endenergieverbrauch des Landes**

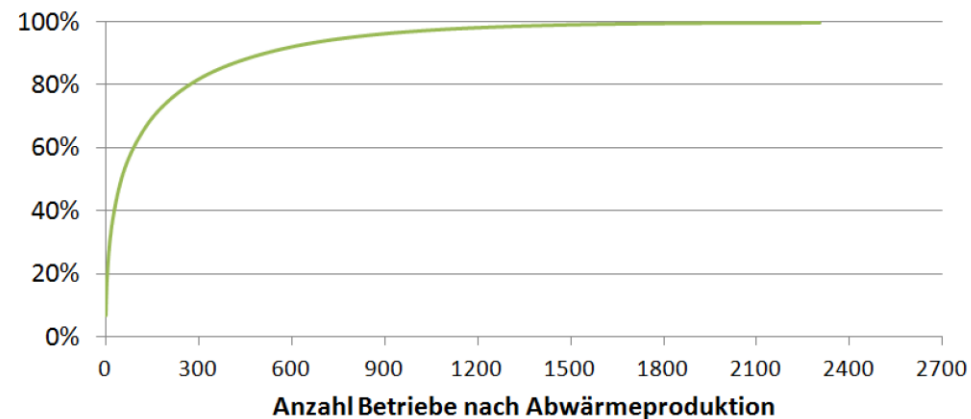
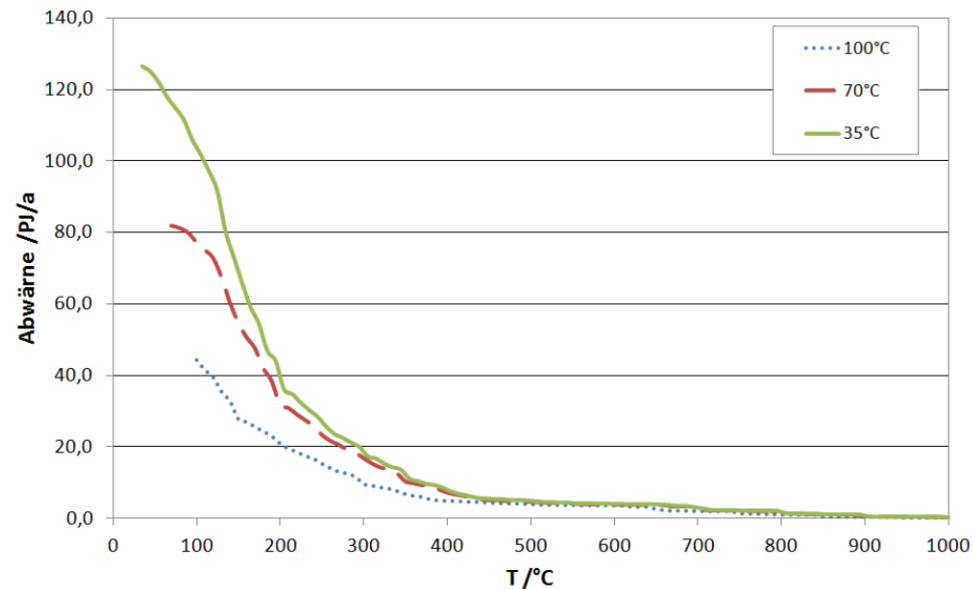
Prozesswärme durch Abwärme decken?

Ergebnisse

88% der Abwärme (111PJ/a) entsteht in 6 Sektoren



Das Potential für Temperaturen über 100°C ist auf ca. 40 PJ/a begrenzt, was ca. 1/3 des gesamten Aufkommens ausmacht. Allerdings liefern nur 10% der Betriebe 80 % der Abwärme.



95% der Abwärme stammt aus nur 784 Betrieben

Integration Erneuerbarer Energien in die Prozesswärmeerzeugung

Bioraffinerien

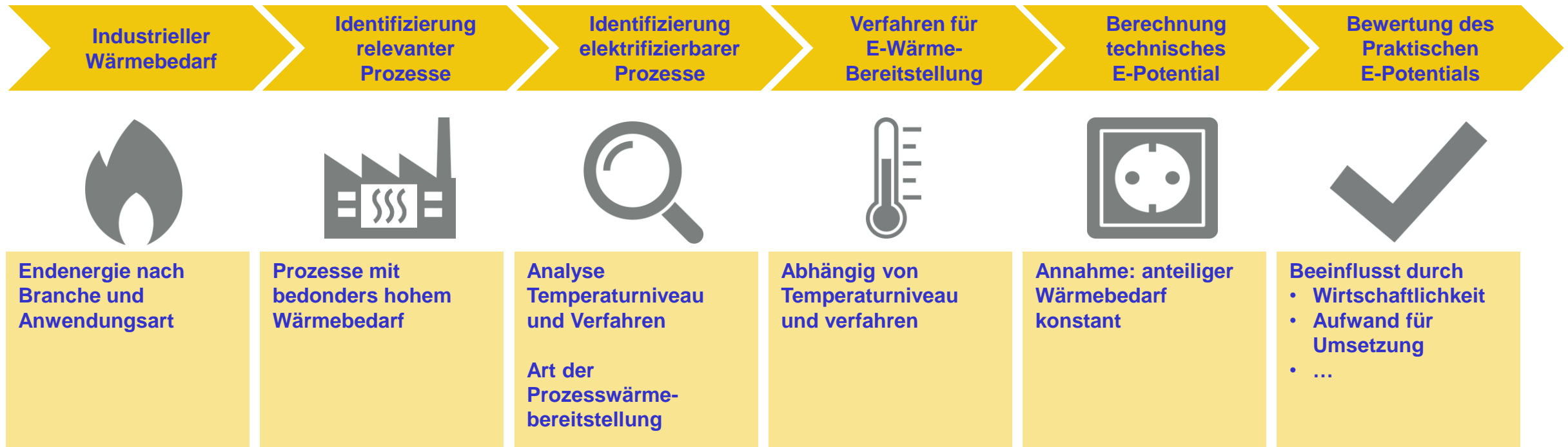


Umstellungsstrategien existierender Wärmeerzeugungsanlagen der Industrie

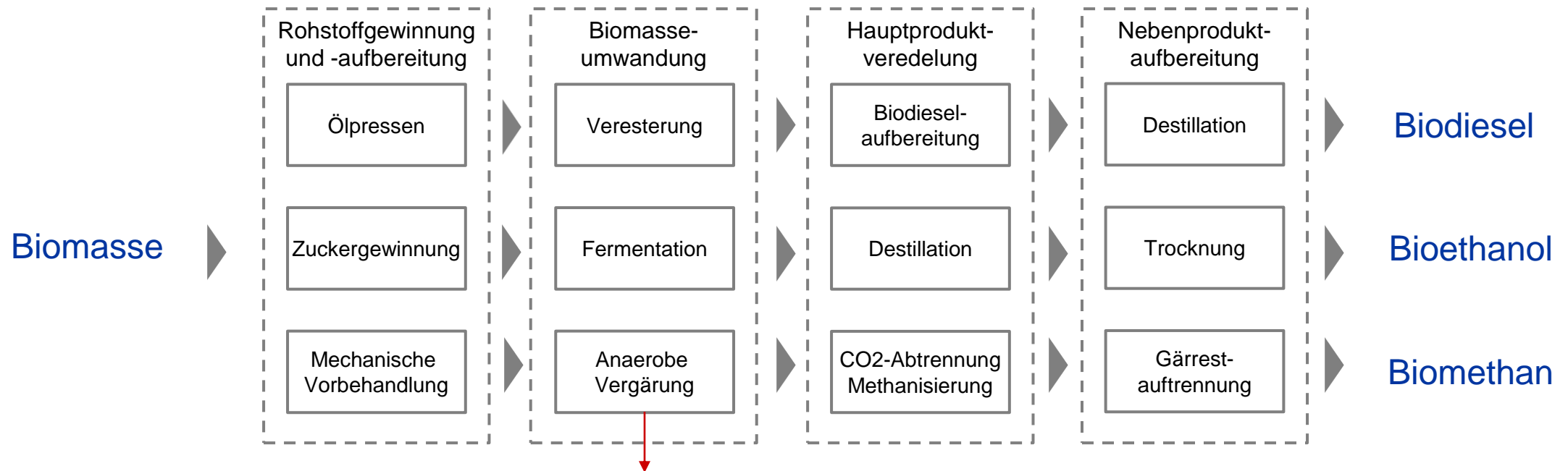
Gruber 2017, 2019 : Bereits untersuchte Prozesse mit guten Eigenschaften für Elektrifizierung (Zement, Zucker, Papier)

DBFZ: Erweiterung der Potentialanalyse
Bioraffinerien

Methodik : Quantifizierung des Elektrifizierungspotenzials basierend auf [Gruber 2017]



Beispiele für existierende Untersuchungen für umstellbare Prozesse



ERGEBNIS: ca. 2.73 TWh/a Wärme für Biomethan Herstellung werden alleine in der Anaeroben Vergärung gebraucht
 Temperaturniveau 40°C → sehr gutes und hohes Elektrifizierungspotential

TO DO: Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung in Bioraffinerien

AUSBLICK: EBA plant 5000 neue Biogas anlagen bis 2030 und existierende Biogasanlagen auf Biomethanerzeugung aufzuwerten

Integration Erneuerbarer Energien in die Prozesswärmeerzeugung *Gasturbinen*

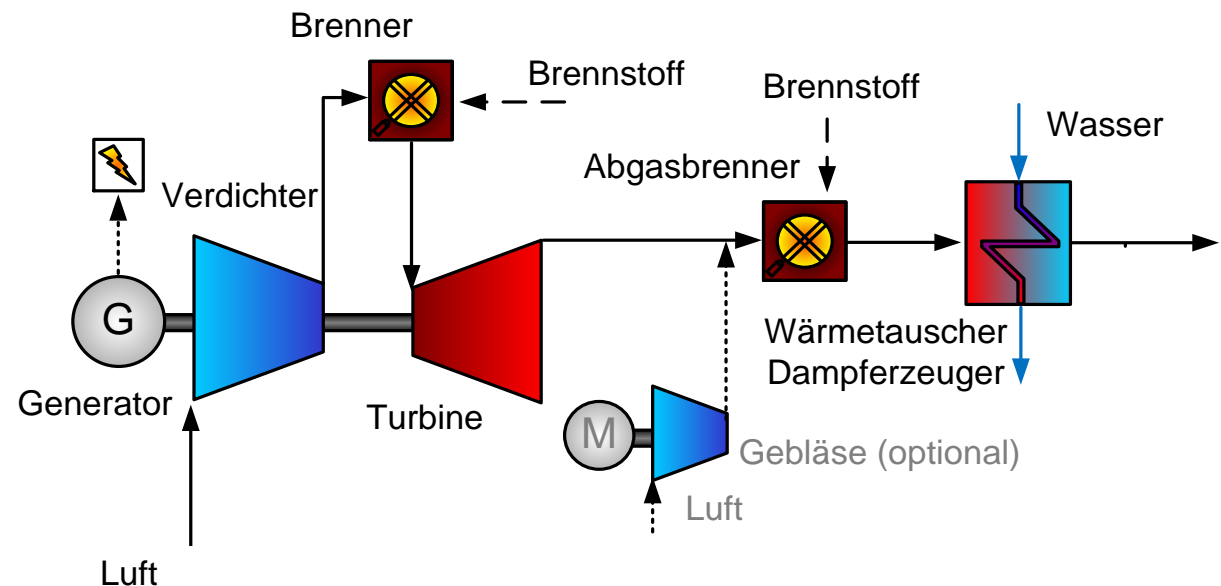
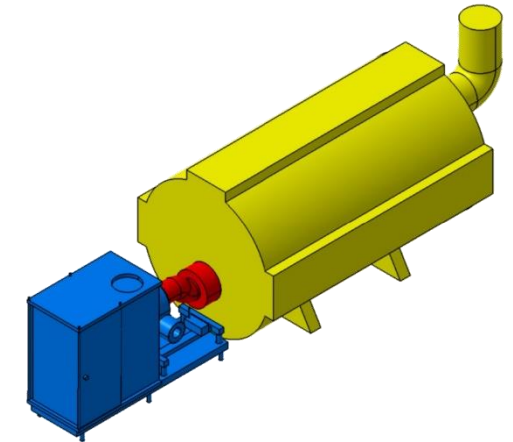


Innovative Prozesswärme-/ dampferzeuger mit H₂ und Biogas

Kopplung Mikrogasturbine & Abgasbrennersystem

Ersatz von Industriebrennern zur Erzeugung von Prozesswärme und –dampf

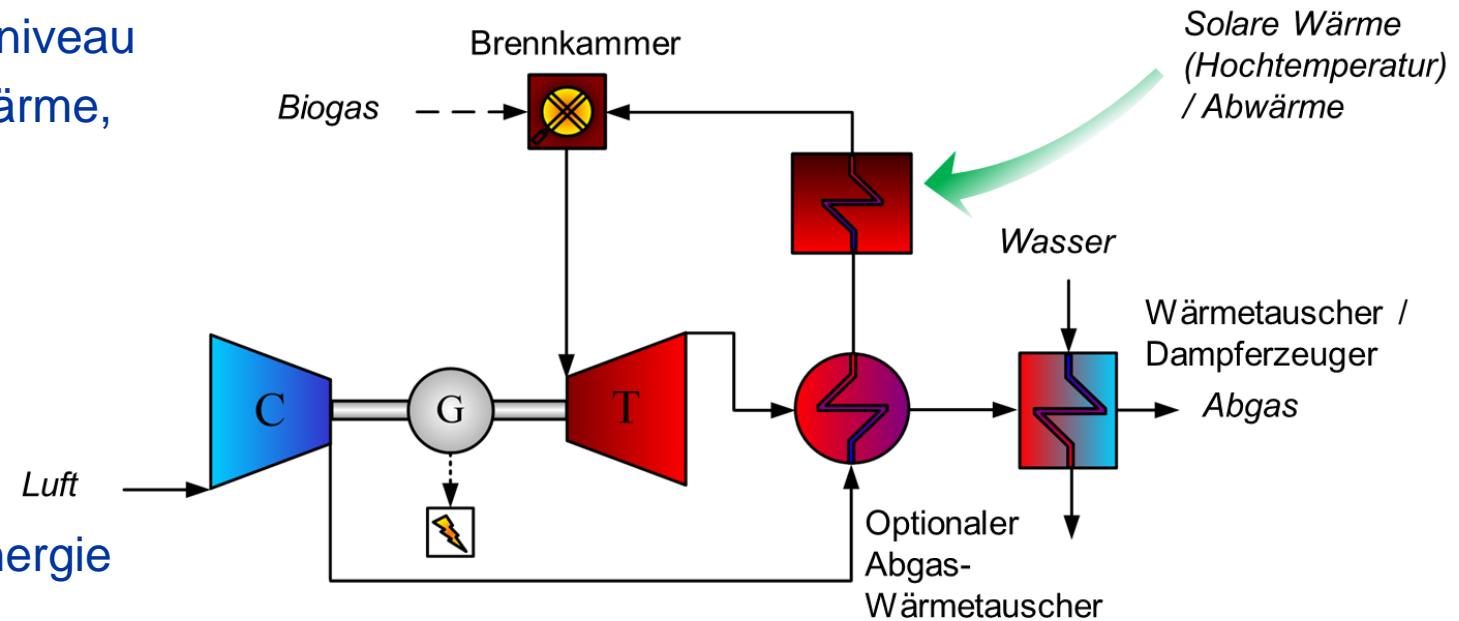
- Hohe Wirtschaftlichkeit durch reduzierten Strombedarf für Gebläse + Stromerzeugung
- Hohe thermische Lastmodulation
- Geringer Platzbedarf / einfache Einbindung („Plug & Play“)
- Geringste Schadstoffemissionen durch erhöhte Brennereintrittstemperaturen
- Hohe Brennstoffflexibilität zur Adaption an Wasserstoffverfügbarkeit



Einsatz von hybriden Technologien zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Prozesswärme

Kopplung von Gasturbinen mit solarer Wärme oder Abwärmenutzung

- Nutzung von zeitlich und im Temperaturniveau fluktuierenden Wärmequellen (solare Wärme, Abwärme)
- Bedarfsgerechte und zuverlässige Bereitstellung von Wärme und Strom
- Realisierung gleichbleibender Temperaturniveaus für die Anwendung
- Maximale Nutzung der Erneuerbaren Energie je nach Verfügbarkeit
- Uneingeschränkter Anlagenbetrieb



Zusammenfassung

- ▶ **Institutsübergreifend Ähnlichkeiten bei Energieszenarien**
 - ▶ **Bioenergie, Wasserstoff und Strom Schlüssel für treibhausgasneutrale Prozesswärme**
- ▶ **Abwärmennutzung regional sinnvoll, kein Allheilmittel**
- ▶ **Steigender Bioenergiebedarf erhöht Prozesswärmebedarf in Bioraffinerien**
 - ▶ **Einfaches Elektrifizierungspotenzial**
- ▶ **Einsatz regenerativer Energieträger in innovativen Gasturbinenkreisläufen möglich**
 - ▶ **Integration von fluktuierenden Wärmequellen, Biogas und Wasserstoff**

Kontaktdaten

Felix Kullmann, **f.kullmann@fz-juelich.de,** **015121270557**

Lilli Sophia Röder, **lilli.sophia.roeder@dbfz.de,** **0341 2434-424**

Dr. Peter Kutne, **peter.kutne@dlr.de,** **0711 6862 389**
Dr.-Ing. Martin Henke, **martin.henke@dlr.de,** **0711 6862 325**

Andreas Krönauer, **andreas.kroenauer@zae-bayern.de,** **089/329442-13**

Dr. Georg Holtz, **georg.holtz@wupperinst.org,** **0202/2492-313**
Clemens Schneider, **clemens.schneider@wupperinst.org,** **0202 2492-160**