



Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors mittels Solar- und Windenergie – Was gilt es zu beachten?

Richard Hanke-Rauschenbach

Institut für elektrische Energiesysteme, Leibniz Universität Hannover

Oliver Kastner

Institut für Solarenergieforschung Hameln

Thomas Turek

Institut für chemische und elektrochemische Verfahrenstechnik, TU Clausthal

Karsten von Maydell

DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme

Hannover, den 7. September 2018



1

Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.

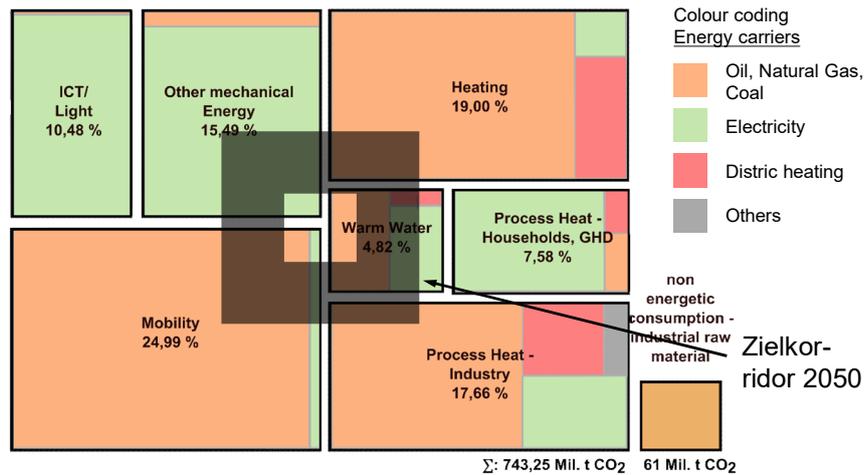


2

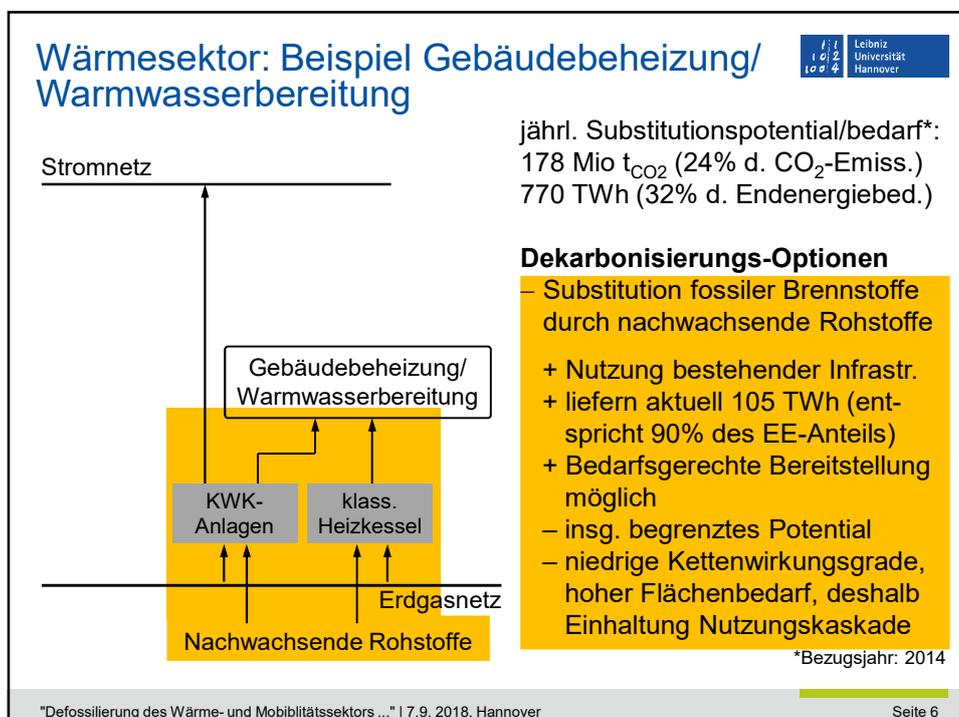
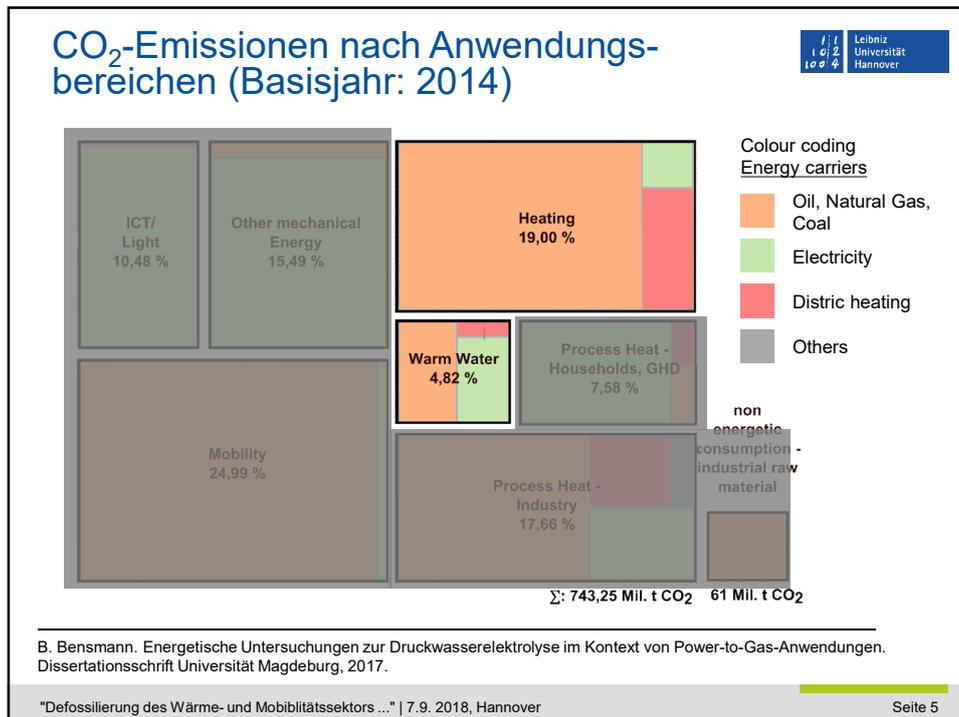
Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.

CO₂-Emissionen nach Anwendungsbereichen (Basisjahr: 2014)



B. Bensmann. Energetische Untersuchungen zur Druckwasserelektrolyse im Kontext von Power-to-Gas-Anwendungen. Dissertationsschrift Universität Magdeburg, 2017.



Wärmesektor: Beispiel Gebäudebeheizung/ Warmwasserbereitung



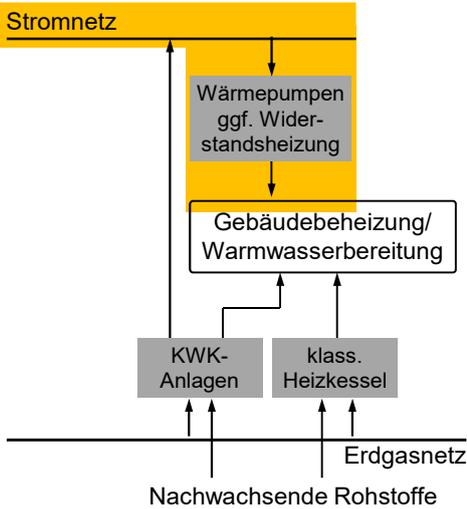
jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
178 Mio t_{CO2} (24% d. CO₂-Emiss.)
770 TWh (32% d. Endenergiebed.)

Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Power-to-Heat

mittels Wärmepumpenanlagen
1 kWh elekt. → >3 kWh therm.

mittels Widerstandsheizung
1 kWh elekt. → ≈1 kWh therm.



*Bezugsjahr: 2014

"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover Seite 7

Wärmesektor: Beispiel Gebäudebeheizung/ Warmwasserbereitung



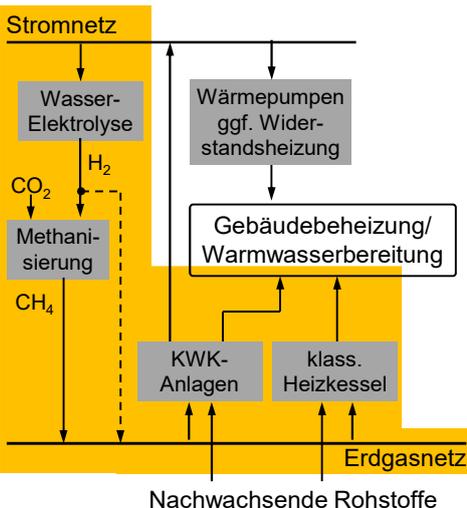
jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
178 Mio t_{CO2} (24% d. CO₂-Emiss.)
770 TWh (32% d. Endenergiebed.)

Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Power-to-Heat
- Power-to-Gas-to-Heat

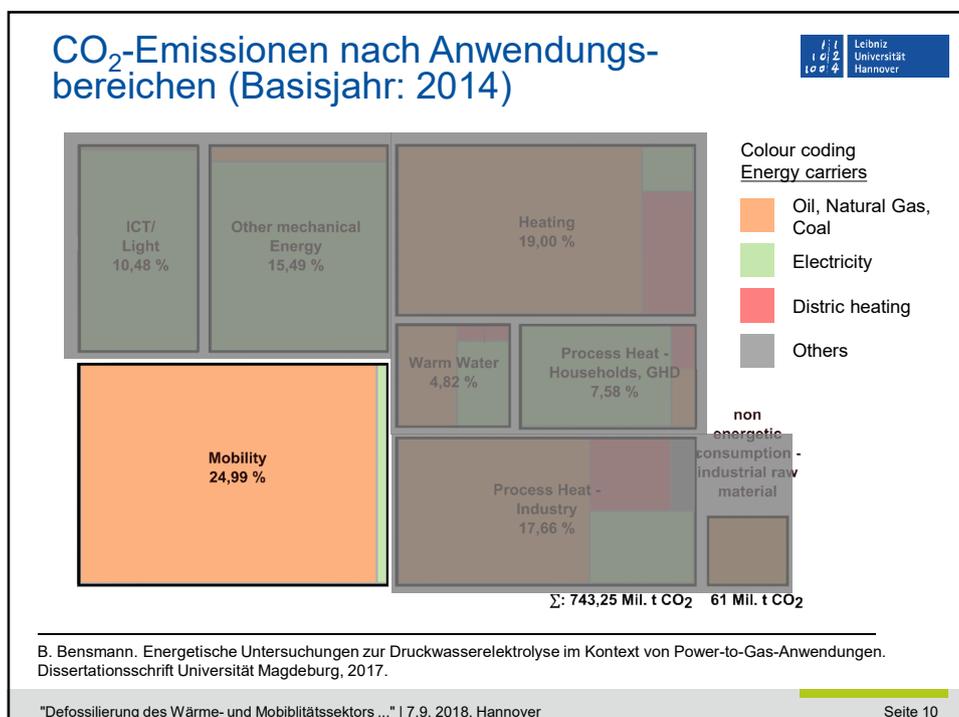
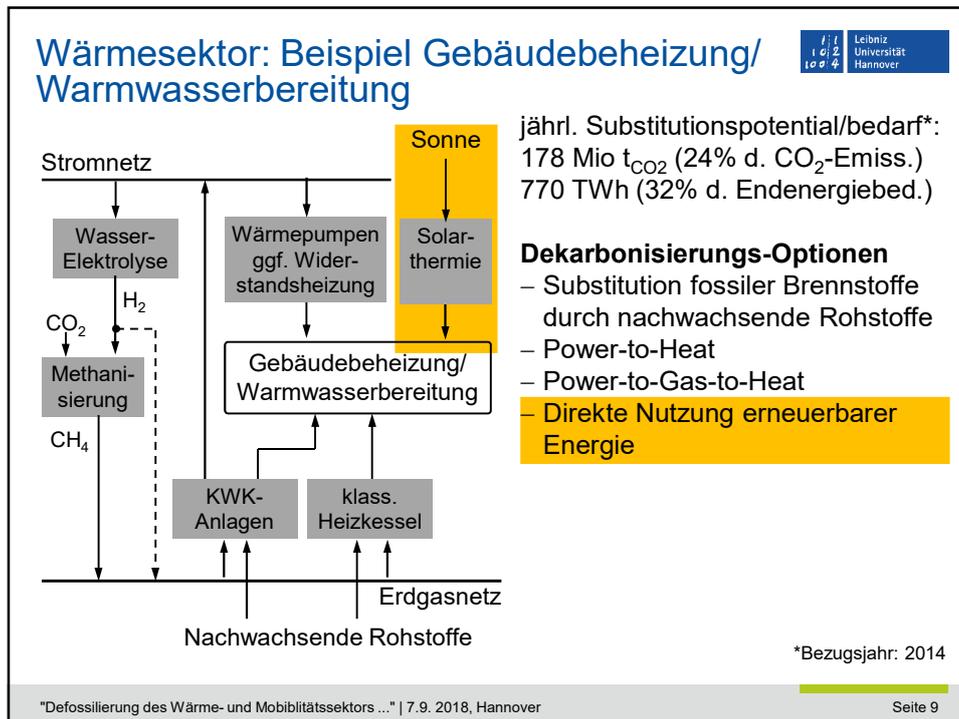
+ Ausnutzung bestehender Infrastruktur

- schlechter Kettenwirkungsgrad
1 kWh el. → ≈ 0,6 kWh therm.



*Bezugsjahr: 2014

"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover Seite 8

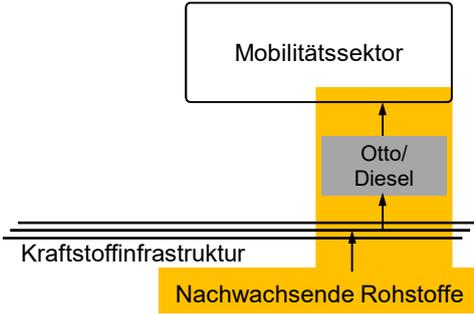


Mobilitätssektor

Stromnetz



jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
185 Mio t_{CO2} (25% d. CO₂-Emiss.)
720 TWh (30% d. Endenergiebed.)



Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- + Nutzung bestehender Infrastr.
- + liefern aktuell 35 TWh (entspricht 99% des EE-Anteils)
- insg. begrenztes Potential
- niedrige Kettenwirkungsgrade, hoher Flächenbedarf

*Bezugsjahr: 2014

"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover

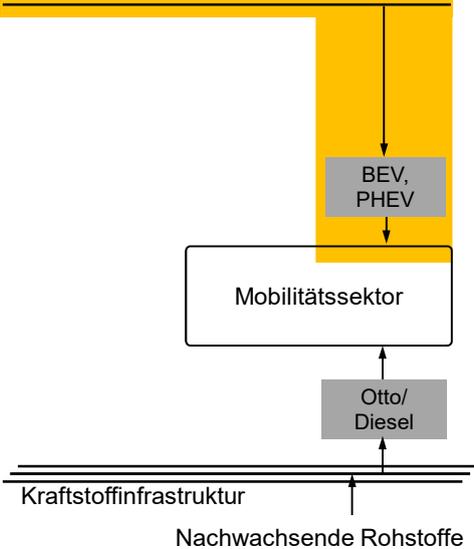
Seite 11

Mobilitätssektor

Stromnetz



jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
185 Mio t_{CO2} (25% d. CO₂-Emiss.)
720 TWh (30% d. Endenergiebed.)



Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Batterieelektrische Mobilität (Power-to-Mobility)
- + sehr guter Kettenwirkungsgrad
- gegenwärtig häufig mit Komforteinschränkungen verbunden
- eingeschränkte Option für Nutzfahrzeuge

*Bezugsjahr: 2014

"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover

Seite 12

Mobilitätssektor

jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
 185 Mio t_{CO2} (25% d. CO₂-Emiss.)
 720 TWh (30% d. Endenergiebed.)

Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Batterieelektrische Mobilität
- Wasserstoff-Mobilität (Power-to-Gas-to-Mobility)

- * weniger starke Komforteinschränkungen
- * mäßiger Kettenwirkungsgrad

*Bezugsjahr: 2014

"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover

Seite 13

Mobilitätssektor

jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
 185 Mio t_{CO2} (25% d. CO₂-Emiss.)
 720 TWh (30% d. Endenergiebed.)

Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Batterieelektrische Mobilität
- Wasserstoff-Mobilität
- Synthetische Kraftstoffe (Power-to-Gas-to-Mobility bzw. Power-to-Fuels-to-Mobility)

- + keine Komforteinschränkungen
- + Ausnutzung bestehender Infrastruktur
- geringer Kettenwirkungsgrad

*Bezugsjahr: 2014

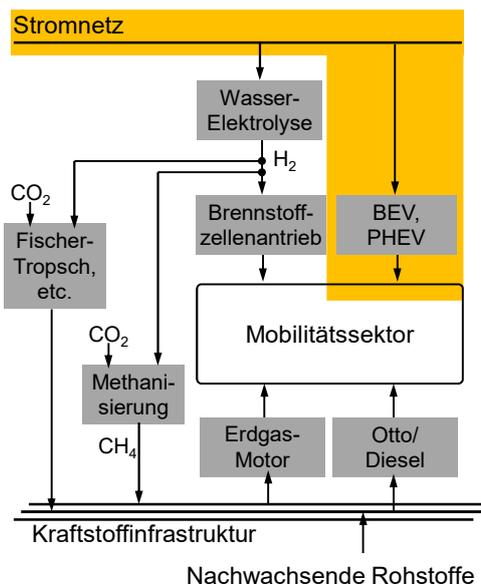
"Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors ..." | 7.9. 2018, Hannover

Seite 14

Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.

Zu These 2 – Beispiel Mobilitätssektor

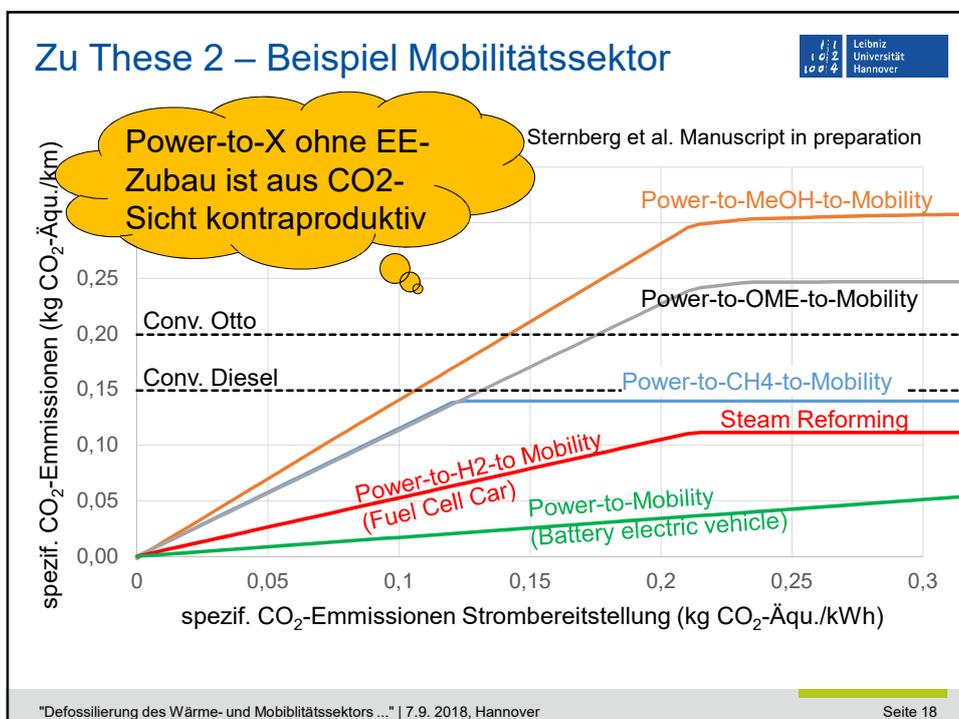
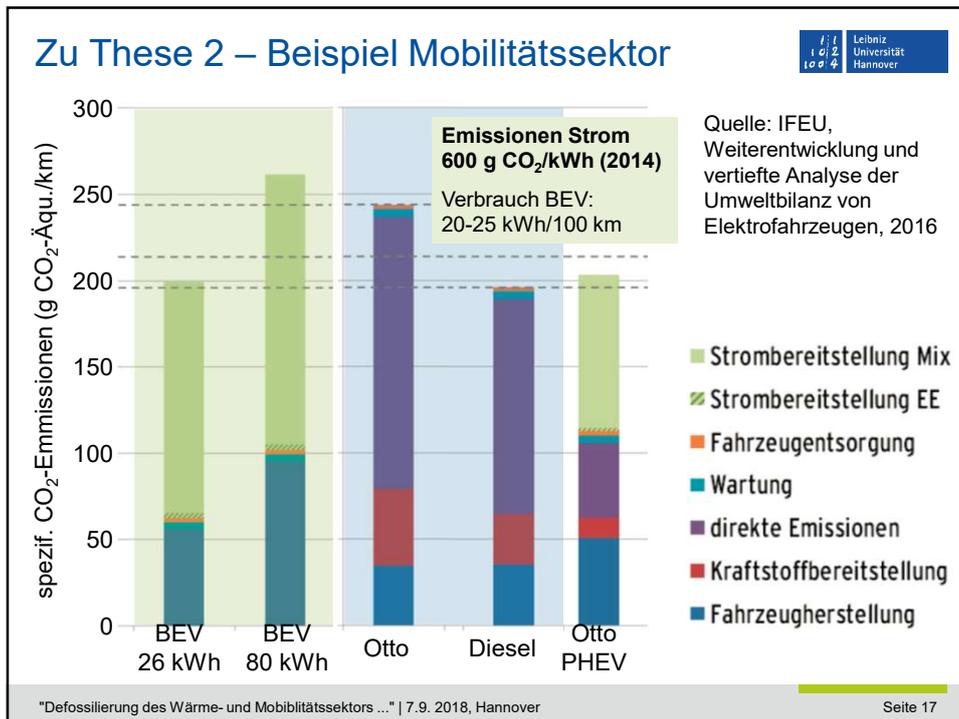


jährl. Substitutionspotential/bedarf*:
185 Mio t_{CO2} (25% d. CO₂-Emiss.)
720 TWh (30% d. Endenergiebed.)

Dekarbonisierungs-Optionen

- Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe
- Batterieelektrische Mobilität
- Wasserstoff-Mobilität
- Synthetische Kraftstoffe

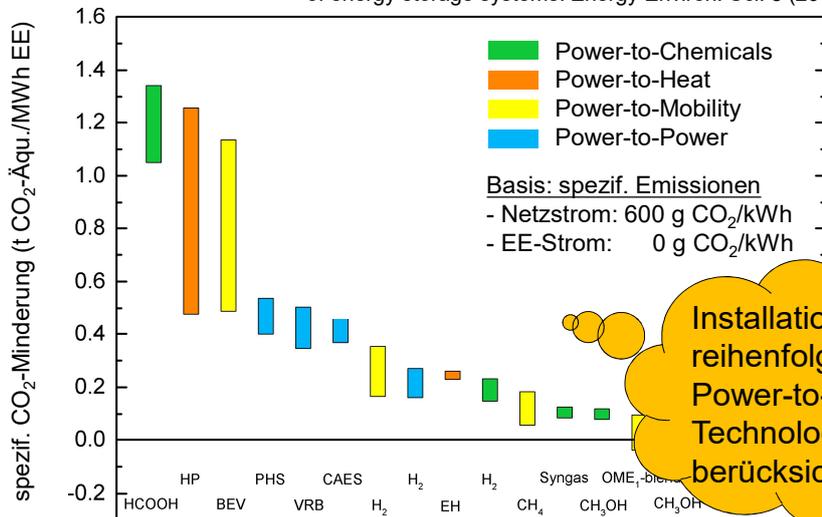
*Bezugsjahr: 2014



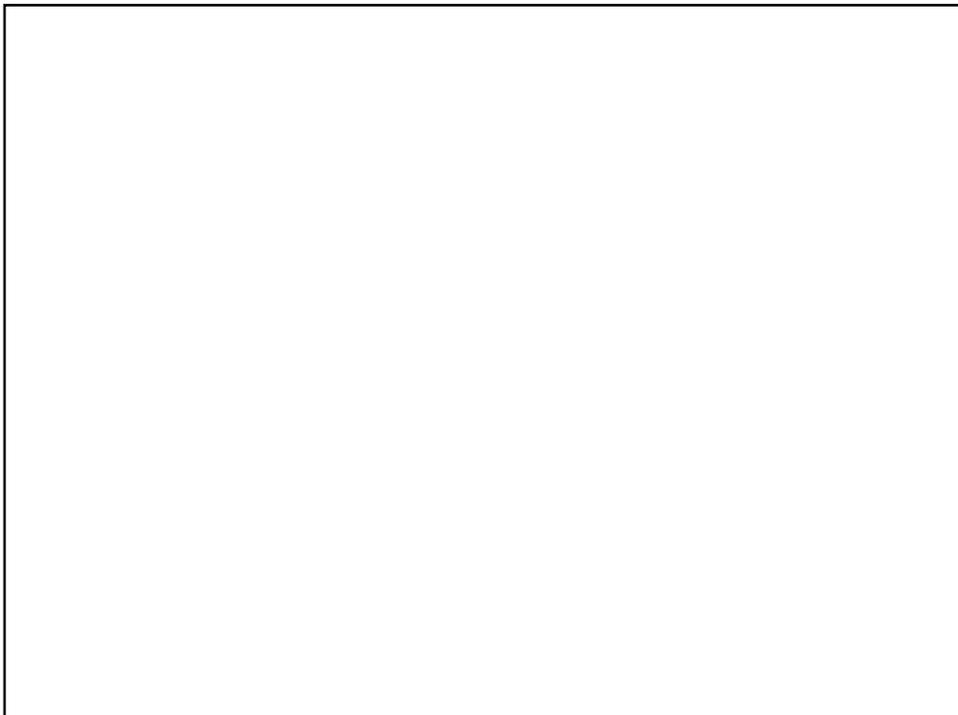
Zu These 2 – Merit Order für Power-to-X



Quelle: Sternberg und Bardow: Power-to-What? – Environmental assessment of energy storage systems. Energy Environ. Sci. 8 (2015), 389



Installationsreihenfolge der Power-to-X-Technologie berücksichtigen



Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.

enera – Die Region

Das Projekt:

- Konsortialführer: EWE AG
- Laufzeit: 01.01.2017 – 31.12.2020
- Gefördert im SINTEG Programm:

*Schaufenster Intelligente Energie –
Digitale Agenda für die Energiewende*

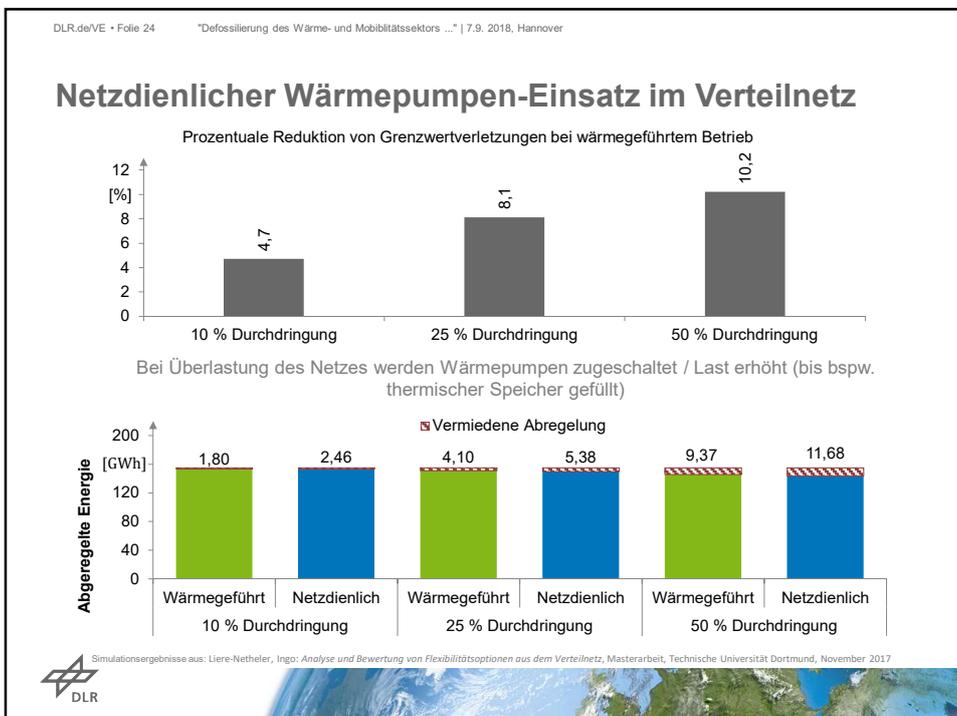
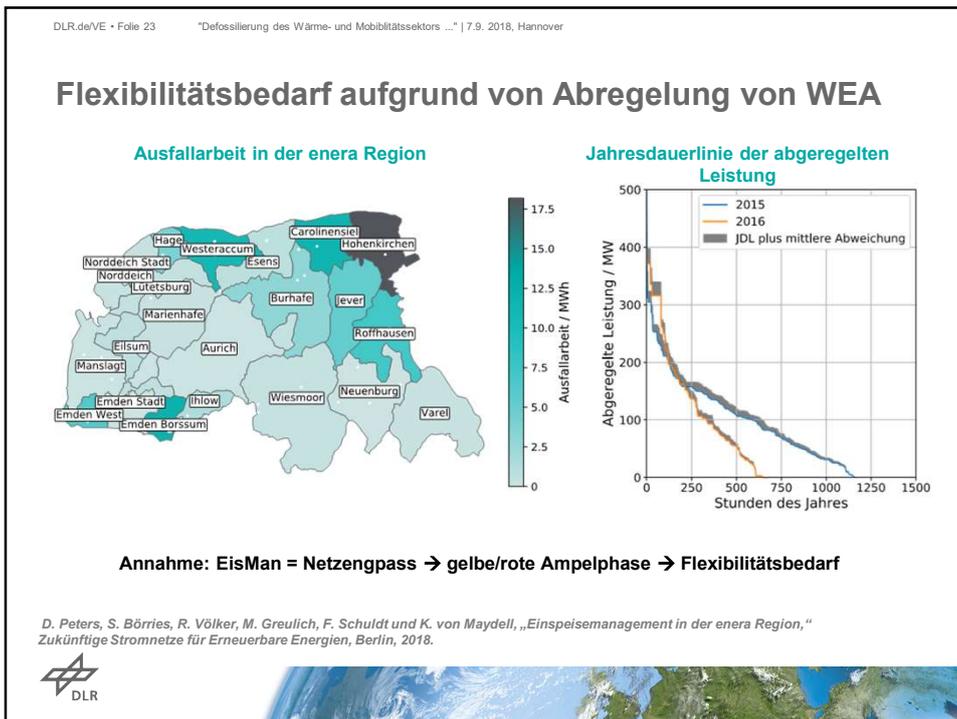
Die Region:

- Nord-West Deutschland
 - Dominiertes Ausbau von EE
 - WEA, PV und Biogas: großes regeneratives Stromerzeugungsportfolio
- Bilanzieller EE-Anteil in 2016 in der ENERA Region betrug 235 % *

* A. Schönrock, Erzeugungssituation in der enera Region 2016. EWE NETZ GmbH, 2016.

www.energie-verbinden.de





Zu These 3 – Unterscheidung verschiedener Anwendungsparadigmen – ein erster Versuch



Bedarfsnahe Installation der Power-to-X-Anlage



Dargebotsnahe Installation der Power-to-X-Anlage

- Ziel: Deckung lokaler Bedarfe im betreffenden Zielsektor
- Beispiele
 - * Power-to-Heat (Wärmepumpen)
 - * Power-to-Mobility (Batterie-elektrische Mobilität)
- Aus Netzsicht
 - * Versorgungsauftrag für Zielsektor
 - * Anlage muss (n-1)-sicher angeschlossen werden

→ Ausbaubedarf im Niederspannungs-Netz mit zu berücksichtigen

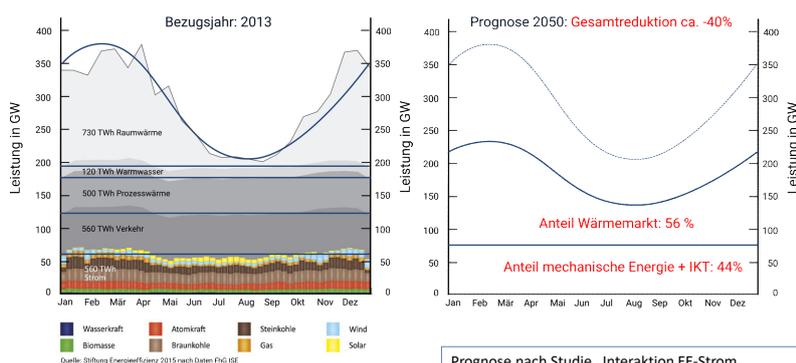
- Ziel: Abtransport von lokalen Energieüberschüssen über alternative Energieinfrastruktur
- Beispiele:
 - * Power-to-Gas-”to-forget”
- Aus Netzsicht
 - * Netzdienlicher Betrieb wird unterstellt
 - * gemilderter Ausbaubedarf

→ kritisch: ggf. schlechter Kettenwirkungsgrad; geringe Auslastung der P2X-Anlage

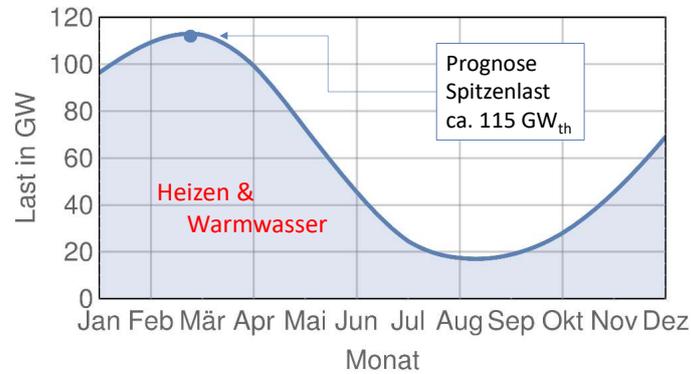
Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.

Bedarfsprognose 2050: Fokus Wärme



Prognose Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser 2050



Oliver Kastner

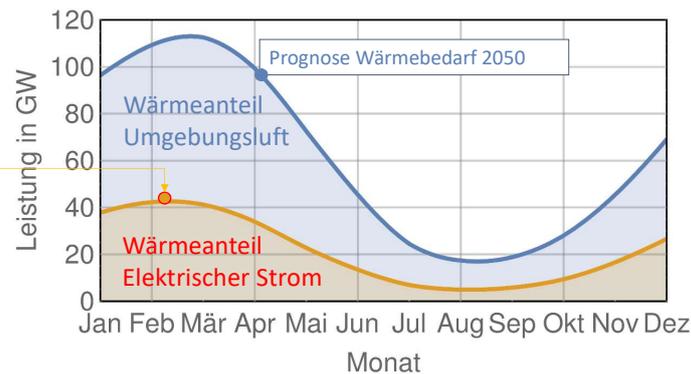


"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



30

Option 1: Power-to-Heat mit Luft-Wasser Wärmepumpen



Spitzenleistung ca. 40 GW (el).
 Entspricht etwa der Hälfte der heute insgesamt installierten elektrischen Leistung (konventionell + regenerativ)...

(JAZ=2,82)

Oliver Kastner

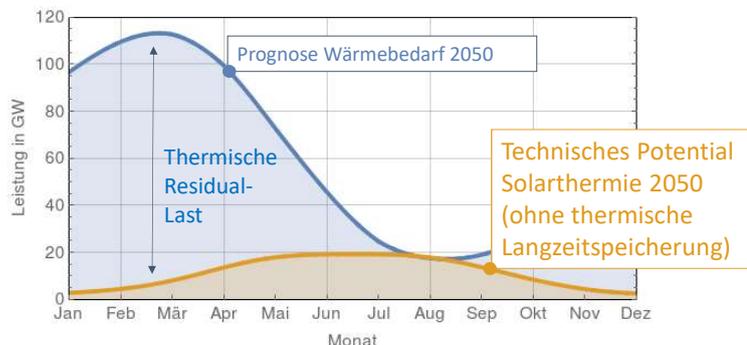


"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



31

Option 2: Direkte Nutzung thermischer Solarenergie ohne Langzeitspeicher



- Mögliche solare Wärmeproduktion ohne Langzeitspeicher: Ca. 90 TWh /a
- Damit solarer Deckungsanteil von ca. 20% möglich
- Grundlastsystem April-September
- ABER: Residuelles Versorgungssystem benötigt
- Sehr gute Einsatzbedingungen im Bereich der Fernwärmeversorgung

Oliver Kastner

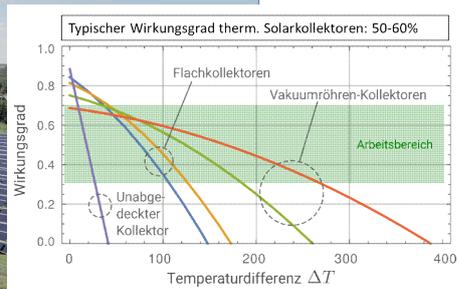


"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



32

Beispiel: Solaranlage Fernwärme Senftenberg / Brandenburg



- Grundstück: ehemalige Bauschuttdeponie, wieder-aufgefülltes Braunkohleabbaugebiet
- Kollektorfläche: 8.300 m² / 1680 VR-Kollektoren
- Grundfläche: ca. 20.000 m²
- Jahresertrag: 4 GWh (= 4 % der ges. Wärmemenge)
- Inbetriebnahme: 16. August 2016
- Maximalleistung: 4,5 MW

Siehe auch Vortrag
 „Erfahrungen aus der großflächigen
 Solarthermienutzung in Dänemark“
 Von Per Alex Sørensen in dieser
 Session

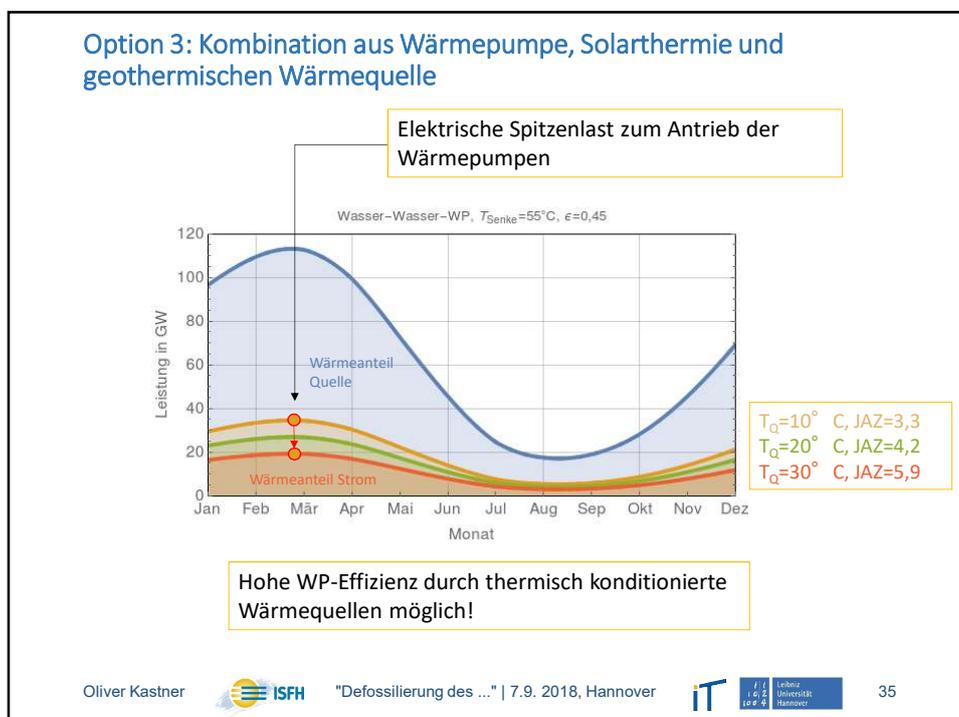
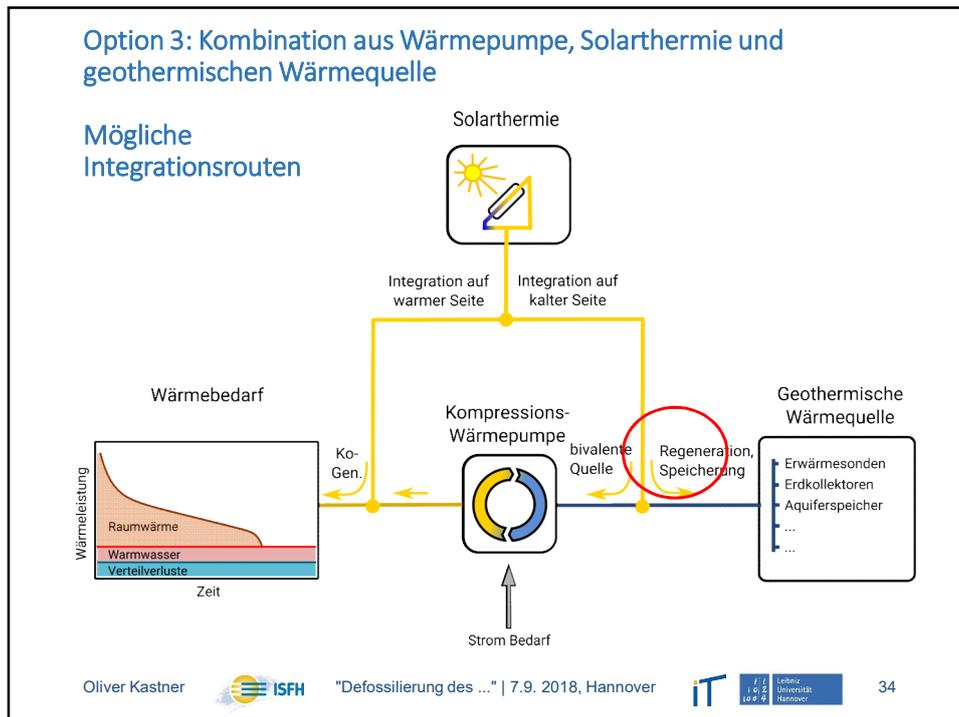
Oliver Kastner



"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



33



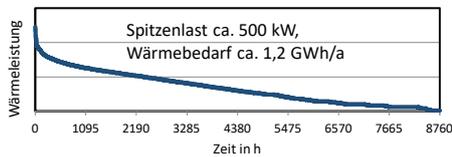
ISFH-Forschung: Beispiele für Solarthermische Regeneration ON-Geothermie

Konzept-Studie: Geothermisch-Solarthermische Wärmeversorgung eines Quartiers in Insellage

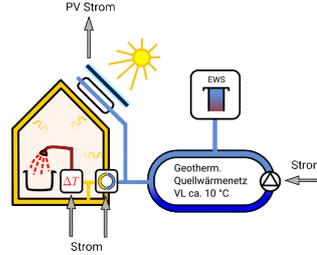
Quartier: Heilpädagogische Einrichtung



Jahres-Lastgang



Konzeptidee



- Sanierung des Gebäudebestands
- Geothermisches Quellwärmnetz
- Erdwärmesonden (EWS)
- Solare NT Regeneration
- Dezentrale WP, PVT-Kollektoren

Oliver Kastner



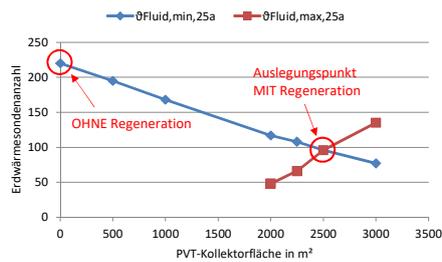
"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



36

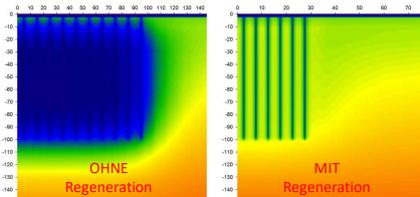
Ergebnis: Regeneration ermöglicht ca. Halbierung des EWS-Felds

Vorplanung Solarthermie/Geothermie mittels EED



- Ca. 220 Sonden benötigt OHNE Regeneration
- Ca. 100 Sonden benötigt MIT Regeneration
- Benötigte PVT-Aperturfläche ca. 2.500 m²
- Jahres-Regenerationswärme entspricht bilanziell ca. der geothermischen Jahres-Entzugswärme
- Speicherung von ST auf dem natürlichen Temperaturniveau des Untergrunds
- Jahresarbeitszahl WP ca. 4,5

Temperaturentwicklung nach 25 Jahren (TRNSYS)
Vertikalschnitt EWS-Teilfeld, Oberkante=GOK



J. Eggemann, O. Kastner ISFH 2018

Oliver Kastner



"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover

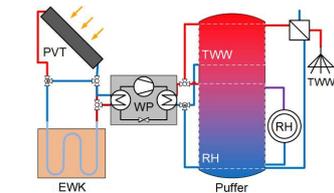


37

ISFH-Forschung: Beispiele für Solarthermische Regeneration ON-Geothermie

Flächenreduzierung von Erdkollektoren durch thermische Regeneration mit PVT-Kollektoren

Projekt "Terra-Solar-Quelle" BMWi FKZ 03ET1275A, B, C



- Thermische Regeneration eines horizontal verlegten Erdwärmekollektors (EWK) mittels Niedertemperatur-Wärme aus unverglasten PVT-Solarkollektoren
- Wärmelabor-Tests mit angeschlossenem EWK zur experimentellen TRNSYS-Modell Validierung

Oliver Kastner

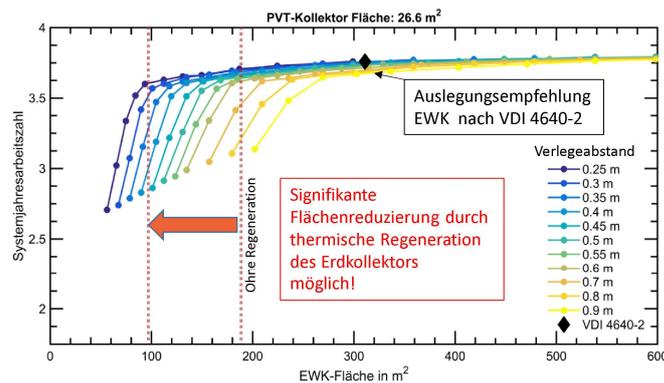


"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



38

Flächenreduzierung bis zu 50% durch thermischer Regeneration!



Einige Referenzen:

H. Hirsch und F. Hüsing (2016): Modellierung und Simulation von Erdwärmekollektoren in Wärmeversorgungssystemen, in GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis 06/16, ITM InnoTech Medien GmbH, Augsburg, 2016, ISSN 2195-643X
 F. Hüsing, H. Hirsch, and G. Rockendorf. Combination of Solar Thermal Collectors and Horizontal Ground Heat Exchangers as Optimized Source for Heat Pumps Inproceedings. ISES (Hrsg.): Conference Proceedings EuroSun 2016, Palma de Mallorca, Spain, (2016), doi:10.18086/eurosun.2016.04.18

Oliver Kastner

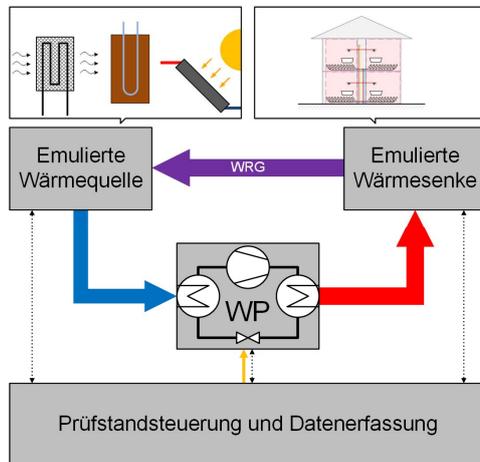


"Defossilierung des ..." | 7.9. 2018, Hannover



39

Forschung am ISFH: Aufbau eines neuen Wärmepumpen-Prüfstands

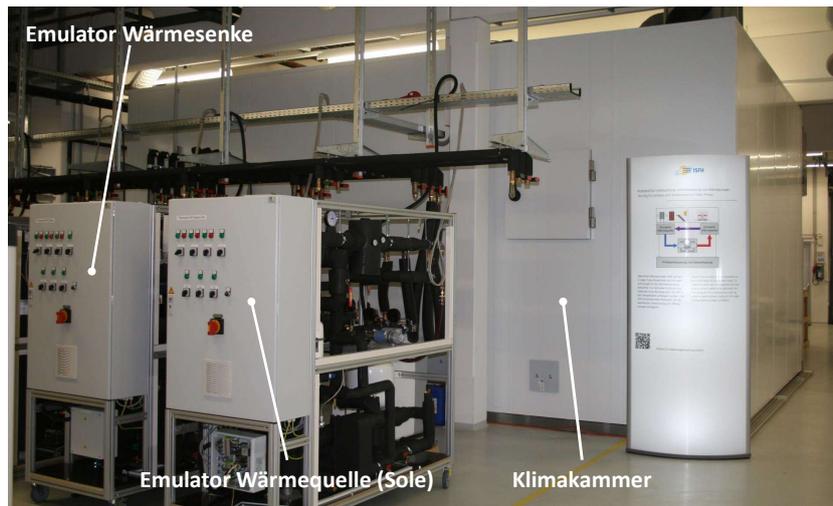


Aufbau eines modularen "Hardware-in-the-Loop"-Prüfstands für Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser Wärmepumpen bis 30 kW im wärmetechnischen Labor des ISFH

Ziel:

- akkreditierte Prüfung
- Entwicklung weiterer Forschungsprojekte bezüglich Systemeinbindung und Regelung von Wärmepumpen

WP Prüfstand am ISFH: Aufbau abgeschlossen, Inbetriebnahme in Q IV/18



Vier Thesen zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors

1. Power-to-X stellt ein wichtiges Lösungselement zur Defossilierung des Wärme- und Mobilitätssektors dar.
2. Der Einsatz von Power-to-X erfordert einen gleichzeitigen Zubau erneuerbarer Energien. Missachtung dieses Grundsatzes führt aktuell zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.
3. Power-to-X muss eng im Kontext mit dem Netzbetrieb und dem Netzausbau gedacht werden.
4. Der kombinierte Einsatz von Solarthermie, Geothermie und Power-to-Heat bietet große Potentiale für die Defossilierung des Wärmesektors.