

Projekt: „Einsatz von Großwärmepumpen für die Gebäudebeheizung in Schleswig-Holstein (GWPU SH)“

Volker Köhne

Institut für die Transformation des Energiesystems

Gefördert im HWT-Programm von der

In Zusammenarbeit und mit Unterstützung durch



Lernen
mit weitem
Horizont



- gegründet 1993
- seit 2000 am neuen Campus mit Mensa, Studierendenwohnheim und Bibliothek
- Ca. 1.900 Studierende
- Ca. 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- "Grüne" Studiengänge, z.B.
 - Green Building Systems (B.Eng.)
 - Green Energy (M.Sc.)



Institut für die Transformation des Energiesystems

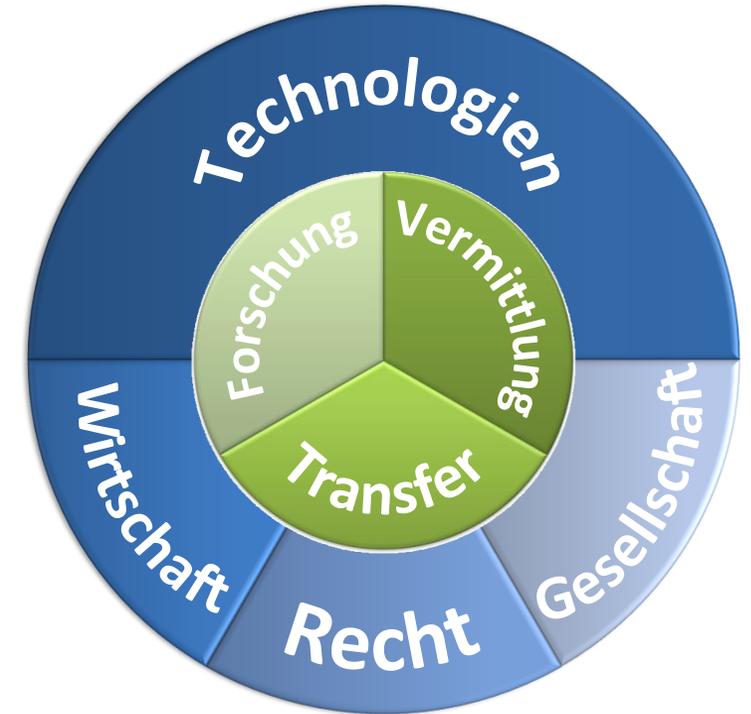
- Gründung im November 2018
- Gefördert mit Mitteln des Landesprogramms Wirtschaft, Unterstützung durch das Förderforum der FH Westküste
- Baustein im **ENTREE100-Konzept** der Region Heide

Zielsetzung:

- Aufbau wissenschaftlicher Infrastruktur für interdisziplinäre Projekte der Energiewende

Stand:

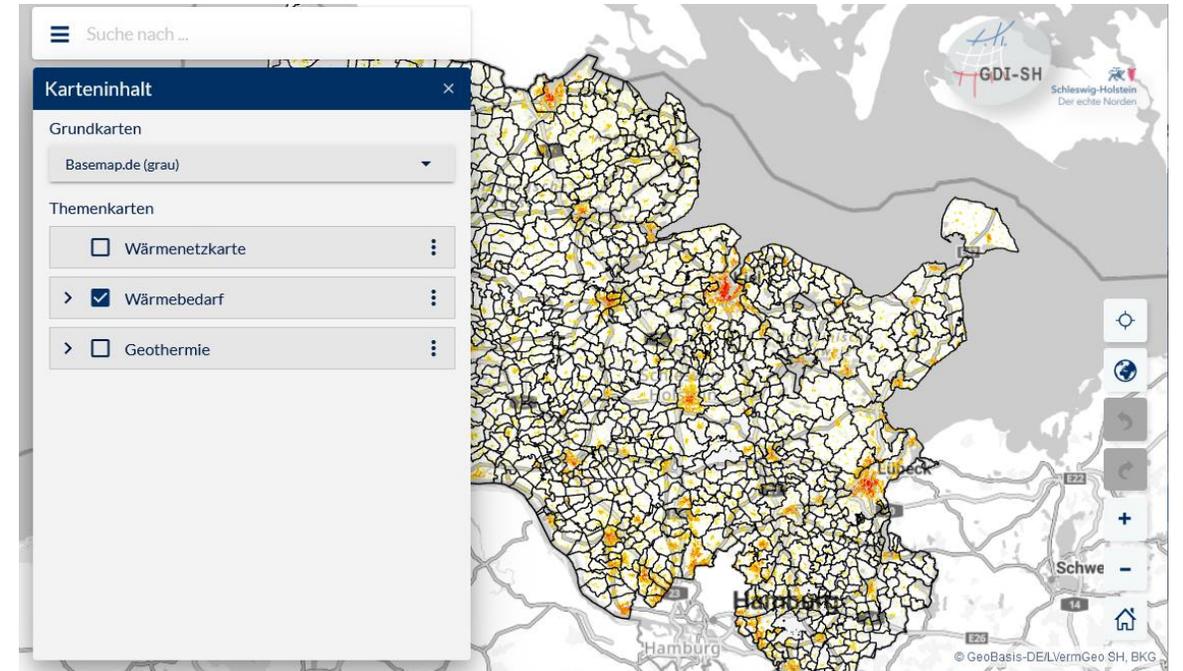
- Derzeit ca. 30 Mitarbeitende in 17 Forschungsprojekten
- Kompetenz in Gebäudetechnik, Netzintegration, Sektorenkopplung, Energiewenderecht, Wirtschaft & Gesellschaft, Automatisierungstechnik



- Erfahrungen mit der **Konversion von Hochtemperatur-Wärmenetzen auf erneuerbare Quellen** und **Einbindung von Wärmespeichern in Wärmenetze** in Lüneburg sowie das Energiesystem des Berliner Reichstages (Prof. Opel).
- Einsatz und Demonstration im „Lehr- und Ausstellungsgebäude der FH Westküste“
- **Simulation** des Einsatzes **von WP** im Projekt Quarree100, das die Konversion eines Bestandsquartiers in Heide zum Gegenstand hat (Prof. Gehlert). Hier auch **Betrachtung des regulatorischen Rahmens** (Prof. Buchmüller)
- Im abgeschlossenen EKSH-HWT-Projekt „WaWaBe“ werden unter anderem **Wärmepumpen im Gebäudebereich** untersucht (im Zusammenhang mit der **Warmwasserbereitung**) (Prof. Opel).
- Im laufenden BMWK-Projekt „ThermPump35“ wird eine **Wärmepumpe zur Rücklaufauskühlung** erforscht (Projektleiter: Prof. Dr. Oliver Opel), eigenes Patent.
- Vorträge 21. eki-Fachforum: Einleitung, **Technologieübersicht, Rechtliche Rahmenbedingungen**
- Leitung der Untergruppe „Power-to-Heat“ der **VDI-Arbeitsgruppe VDI 4635 Power-to-X** durch Prof. Gehlert (FH Westküste).
- Seit Sommer 2023 Projekt „GWPU SH – Einsatz von **Großwärmepumpen für die Gebäudebeheizung** in Schleswig-Holsten“

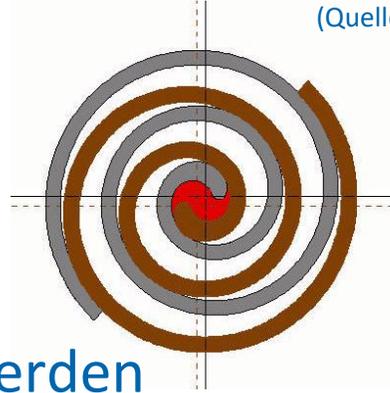
- Die *Kenntnis über GWP* in der Energie-Community in SH soll verbessert werden.
- Potenzielle Anwender wie z.B. *Stadtwerke* sollen in die Lage versetzt werden auf möglichst einfache Art und Weise *einzuschätzen, ob GWP für sie einsetzbar sind*.
- *Hemmnisse* für den Einsatz von GWP sollen identifiziert und adressiert werden.
- Die *(Zwischen-)Ergebnisse* sollen Anwender, Ingenieurbüros und Hochschule in die Lage versetzen, die Möglichkeiten der Förderprogramme des Bundes (insbesondere zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen) z.B. für *Machbarkeitsstudien bestmöglich und schnell einzusetzen*.
- *Abschätzungen* ermöglichen, welche *Rolle GWP* bei der Erreichung der Dekarbonisierungsziele in Schleswig-Holsten übernehmen können.
- Herstellern und Handwerk ermöglichen, Geschäftsmöglichkeiten besser beurteilen zu können.

- Das Vorhaben wird in Kooperation mit dem **Verband der Schleswig-Holsteinischen Energie- und Wasserwerke e.V. (VSHEW)** durchgeführt, der zum einen Daten zuliefern als auch in der Verbreitung der Forschungsergebnisse eine wichtige Rolle einnehmen wird.
- Mit dem **EKSH-Vorhaben** „Hochtemperaturwärmepumpen in der Nah- und Fernversorgung – Technologieperspektive für den kurz- und mittelfristigen Einsatz in multivalenten Systemen“ von **Prof. Tuschy (HS Flensburg)** wird ein enger Austausch stattfinden.
- Das **Institut für Geowissenschaften** an der Christian-Albrechts-Universität steht für einen Austausch zum Thema GWP zur Verfügung.

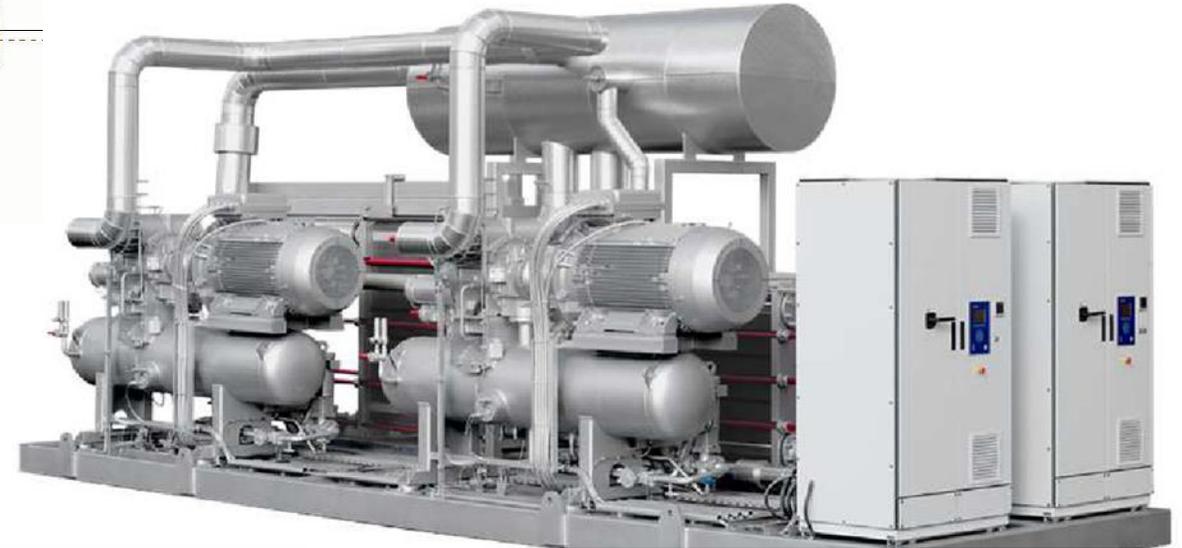


Quelle: Digitaler Atlas Nord, Themenportal Wärme

- Scrollkompressoren sind gut regelbar und teillastfähig
- Können gut mit natürlichen Kältemitteln R717 (Ammoniak) und R290 (Propan) betrieben werden
- Mit Ammoniak sehr gute SCOP bei hohem Temperaturhub
- Gut geeignet für die meisten Wärmequellen und –senken
- Etwas höhere Kosten und Stellplatzbedarf



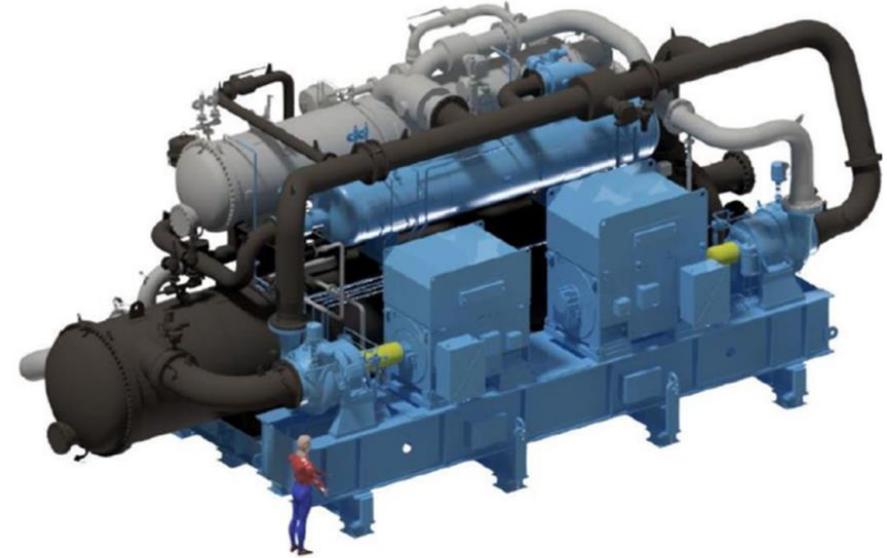
(Quelle: <http://www.the-paulis.de/german/haus/waermepumpe/scroll/scroll.html>)



Wärmepumpe mit zweistufigem Scrollkompressor (Sabroe/Johnson Controls)

Technologie	P	SCOP bis 90 K Hub	Kosten	Stell- fläche	Kältemittel
Scroll- kompressor	Bis 13 MW	2,7-3	> 550 € / kWp	100 m ² / 5 MW	R717, R290

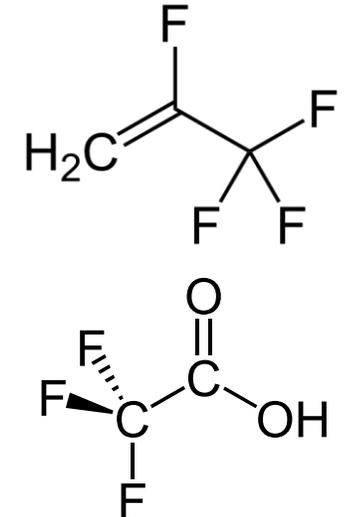
- Turbokompressoren ermöglichen hohe Leistungsdichten und Temperaturhübe
- Mehrere Stufen auf relativ kleinem Raum möglich
- Aufgrund der Strömungsverdichtung hohe COP nur mit hohem Molekulargewicht des Kältemittels (weniger geeignet für natürliche Kältemittel)
- Bedingt Teillastfähig
- Halbe Stellfläche und geringere Kosten im Vergleich zu den Scrollkompressoren



10 MW Flusswasser-Wärmepumpe mit zweistufigem Turbokompressor (Friotherm)

Technologie	P	SCOP bis 90 K Hub	Kosten	Stellfläche	Kälte- mittel
Turbo- kompressor	Bis 25 MW	2,5-2,7	> 400 € / kW	100 m ² / 10 MW	R1234ze

- Nach FCKW-Verbot (Montreal 1987) wurden fluorierte Kältemittel eingesetzt
- Diese schädigen die Ozonschicht nicht mehr, weisen aber weiterhin sehr hohes Treibhausgas-Potential auf (bspw. R404A **GWP=3920**; R410A **GWP=2088**; R134a **GWP=1430**)
- Die sog. F-Gase werden aus diesem Grund seit 2017 ausgefadet und durch sog. „Low-GWP“-Kältemittel ersetzt (Bspw. R32 **GWP=675**)
- Klimafreundlicher sind natürliche Kältemittel wie CO₂ (R744), NH₃ (R717) und Propan (R290)
- Hydrofluorolefine (HFO) - Kältemittel besitzen ebenfalls geringe GWP: R1234yf oder R1234ze: GWP<1
- **Aber: mögliche PFAS-Problematik: Persistente Stoffe und Abbauprodukte**
- Abbauprodukt **Trifluoressigsäure TFA**



Luft nur bis max. ca. 0,5 – 1 MW_{th}

- Max. ca. 75 °C
- Bspw. Ammoniak Scrollkompressor 2-stufig (SCOP ca. 3,7)
- Für 1 MW Wärmeleistung werden ca. 250.000 m³/h Luft benötigt ($\Delta T < 10$ K)

Wasser / Sole bis ca. 25 MW_{th}

- Max. ca. 95 °C
- SCOP für Flusswasser ca. 2,5 - 3
- Für 1 MW Wärmeleistung werden ca. 100-300 m³/h Wasser benötigt
- Wärmequellen:
 - Grundwasser (ΔT : 5 K)
 - Flusswasser (ΔT : 2 – 5 K)
 - Abwasser (ΔT : 5 – 10 K)
 - (Wärmespeicher mit Regeneration)
 - (Erdsonden mit Regeneration)

- Nachteil: Geringe Wärmekapazität, sehr hohe Volumenströme
- Bei Wärmepumpen deutlich größere Wärmetauscher im Vergleich zur Kühlung ($\Delta T < 10 \text{ K}$)
- Im Winter teilweise niedrige Quellentemperaturen, schlechtere COP
- Gefahr von „Kaltluftseen“
- Daher in der Leistung begrenzt auf ca. 0,5 – 1 MW
- Geräuschemissionen



[Deutsche-Thermo.de]

- Sehr günstig bei ausreichender Verfügbarkeit (**Umweltwärmepotential**)
- Abkühlung des Gewässers muss unter 1 K bleiben
- Freisetzung von Kältemittel in das Gewässer muss verhindert werden (doppelw. Wärmet.)
- ΔT : 2-5 K \rightarrow Recht große Volumenströme ca. 300 m³/h pro 1 MW_{th}
- Probleme bei < 3°C Quellentemperatur
- **Binnengewässer in SH knapp!**
- **Vor allem an der Ostküste verfügbar**



[paderborn.de]

- Sehr günstig bei ausreichender Verfügbarkeit (**Umweltwärmepotential**)
- Freisetzung von Kältemittel in das Gewässer muss verhindert werden (doppelw. Wärmet.)
- ΔT : 5-10 K \rightarrow Geringe Volumenströme ca. 100 m³/h pro 1 MW_{th} benötigt
- Abwasserpotential ca. 10 m³/h je 1000 Einwohner
- (**Heizlast je 1000 Einwohner ca. 1-10 MW**)
 - \rightarrow Kann den Wärmebedarf nur anteilig decken!

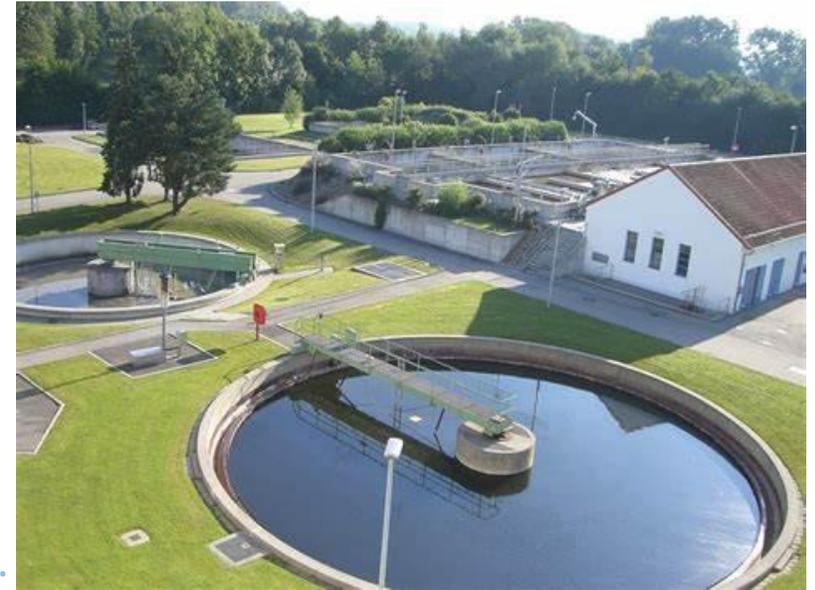
- S. auch: Kurzstudie:

Fritz Sara, Pehnt Martin (2018):

Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende.

Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.

Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Heidelberg.



[eggenfelden.de]

- Sehr günstig bei ausreichender Verfügbarkeit (Umweltwärmepotential)
- Freisetzung von Kältemittel in das Gewässer muss verhindert werden (doppelw. Wärmet.)
- Delta T ca. 5 K → Mittlere Volumenströme ca. 200 m³/h pro 1 MW_{th}
- Je Brunnen 50-150 m³/h
- Ca. 3 Brunnendubletten je MW
- Bei tieferen Brunnen oder Aquifer-Wärmespeicher bis zu 5 MW pro Brunnen.



[geotechniktirol.at]

- Ggf. sehr günstig, von Art des Betriebes abhängig (Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit..)
- ΔT kann ggf. hoch sein
→ kleine Volumenströme pro 1 MW_{th}.
- Teilweise sehr große Abwärmemengen in großer Entfernung zu den potenziellen Verbrauchern
- Möglichkeiten:
 - Industrieunternehmen
 - Biogasanlagen
 - Elektrolyseure
 - ...

Branche	Medium Abwärme	Temperaturen Abwärmemedium	Typischer Leistungsbereich	Zeitliche Dynamik und Saisonalität
Wäschereien	Abwasser	20 - 60 °C	< 100 kW	Meist 1-Schichtbetrieb, aber ganzjährig
	Abluft	20 - 40 °C		
Rechenzentren	Kühlwasser	20 - 30 °C	1 MW - 10 MW	Ganzjährig und durchgehend, aber durch freie Kühlung sommerlastiges Potenzial
Schwimmbäder (Hallenbad)	Abwasser	15 - 20 °C	100 - 500 kW	Winterlastig, im Sommer oft Revisionszeiten, Schwerpunkt aber während Öffnungszeiten
	Fortluft	10 - 25 °C		
Großküchen	Abwasser	20 - 30 °C	< 100 kW	Je nach Anwendungsfall, meist nicht durchgehend
Einzelhandel (Kaufhäuser, Einkaufszentrum)	Fortluft (ganzjährig)	5 - 30 °C, meist schon WRG	100 - 500 kW	Öffnungszeiten, meist Mo-Sa, sommerlastiges Angebot
	Kühlwasser (Sommer)	30 - 40 °C		
Kühlhäuser	Kühlwasser	30 - 40 °C	100 kW - 10 MW	Sommerlastig, bei Tiefkühlung auch im Winter
Krankenhäuser	Fortluft (ganzjährig)	5 - 30 °C, meist schon WRG	100 kW - 1 MW	Ganzjährig
	Kühlwasser (Sommer)	30 - 40 °C		Nur während Kühlperiode
	Abwasser	10 - 20 °C		Ganzjährig
Kläranlagen	Faulgasverbrennung (Restwärme)	~100 °C	100 - 500 kW	Nur Sommer, im Winter Eigennutzung
	Auslaufwasser	8 - 20 °C	500 kW - 2 MW	Ganzjährig, aber saisonale Schwankungen

Quelle: AGFW: Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung (2020)

Hinweis: Wärmepumpen – Strombezug

Anstehende Änderungen im §14a EnWG (voraussichtlich 01.01.2024)

Für Betreiber von Wärmepumpen werden die geplanten Neuregelungen unter anderem folgende Auswirkungen haben:

- Die Steuerbarkeit wird zukünftig nicht mehr freiwillig, sondern verpflichtend sein.
- Es gibt in zeitlicher Hinsicht keine Begrenzung von Zeiträumen der Leistungsreduzierung durch den Netzbetreiber, **solange diese notwendig** ist. Allerdings ist ein Mindeststrombezug von 4,2 kW durchgängig sichergestellt. Eine vollständige Abschaltung wird es – anders als gegenwärtig – nicht mehr geben. Wärmepumpen und Wärmespeicher müssen zukünftig unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen geplant und ausgelegt werden (vgl. dazu auch unten Ziffer 3.4). Zusätzliche Chancen können sich für die Betreiber von Wärmepumpen aus einer Nutzung zeitvariabler Netzentgelte im Fall der Lastverschiebung ergeben.
- Wärmepumpenbetreiber müssen sich zukünftig zwischen mehreren Varianten der Netzentgeltreduzierung entscheiden.

Es ist offensichtlich, dass sich die Rahmenbedingungen für den Betrieb von Wärmepumpen und deren Wirtschaftlichkeit mit Inkrafttreten der Festlegungen der Bundesnetzagentur grundlegend verändern werden.

Entwurf
§14a
EnWG

- Umweltwärme ist für größere Einheiten knapp!
- Nur über Nutzung mehrerer Quellen abbildbar!
- Es lohnt sich, Abwärme und Speicher einzubinden!
- Abwärmekataster fehlen noch!

- Wir tragen Informationen zusammen über Großwärmepumpen
 - Technologien + Projekte,
 - Vorteile + Hemmnisse
 - Umweltwärmequellen + Speicher + Wärmenetze

Sprechen Sie uns an, im Rahmen unserer Möglichkeiten helfen wir gerne!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Prof. Dr. Oliver Opel
Tel.: +49 481 8555-375
opel@fh-westkueste.de

Kontakt:

Darius Bonk, B. Eng.
Tel.: +49 481 123769-43
bonk@fh-westkueste.de

Kontakt:

Jim Lukas Armbruster, B. Eng.
Tel.: +49 481 123769-44
armbruster@fh-westkueste.de

Kontakt:

Dipl.-Ing. Volker Köhne
Tel.: +49 481 123769-92
koehne@fh-westkueste.de

