

Fördergeber



Projektträger



Begleitforschung



BIOENERGIE
FORSCHUNGSNETZWERKE
ENERGIE



**Energetische
Biomassenutzung**



Bio2Geo – Entwicklung und Demonstration eines innovativen ökologischen Hybridkraftwerks für die Kopplung von Bioenergie mit Geothermie zur Versorgung unterschiedlicher Abnehmerstrukturen (FKZ: 03ET1593B)

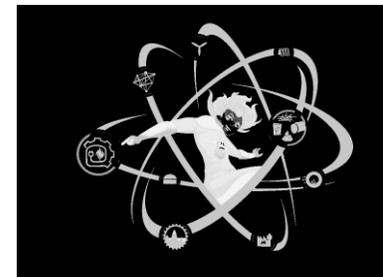
Tino Barchmann¹, Jaqueline Daniel-Gromke¹, Nadja Rensberg¹,
Ingo Raufuß²

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

² geotechnik heiligenstadt gmbh

Agenda

- Zielstellung des Projektes Bio2Geo
- Methodik und Vorgehen
 - Standortanalyse
 - Ökonomische Bewertung
- Ausgewählte Ergebnisse
- Zusammenfassung



Projektsteckbrief

- **F&E-Einrichtungen**



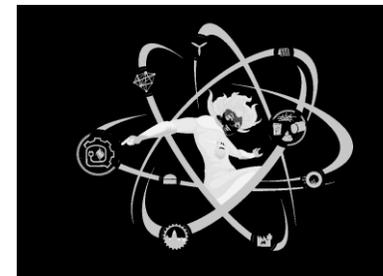
**Bauhaus-Universität
Weimar**

- **Unternehmen**



- **Dauer** **01.10.2018 – 30.09.2021**

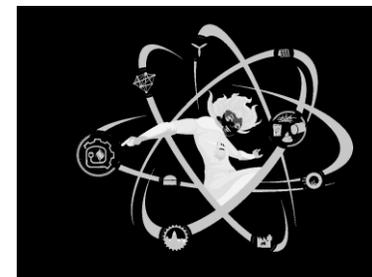
- **Fördervolumen** **1,98 Mio. Euro**



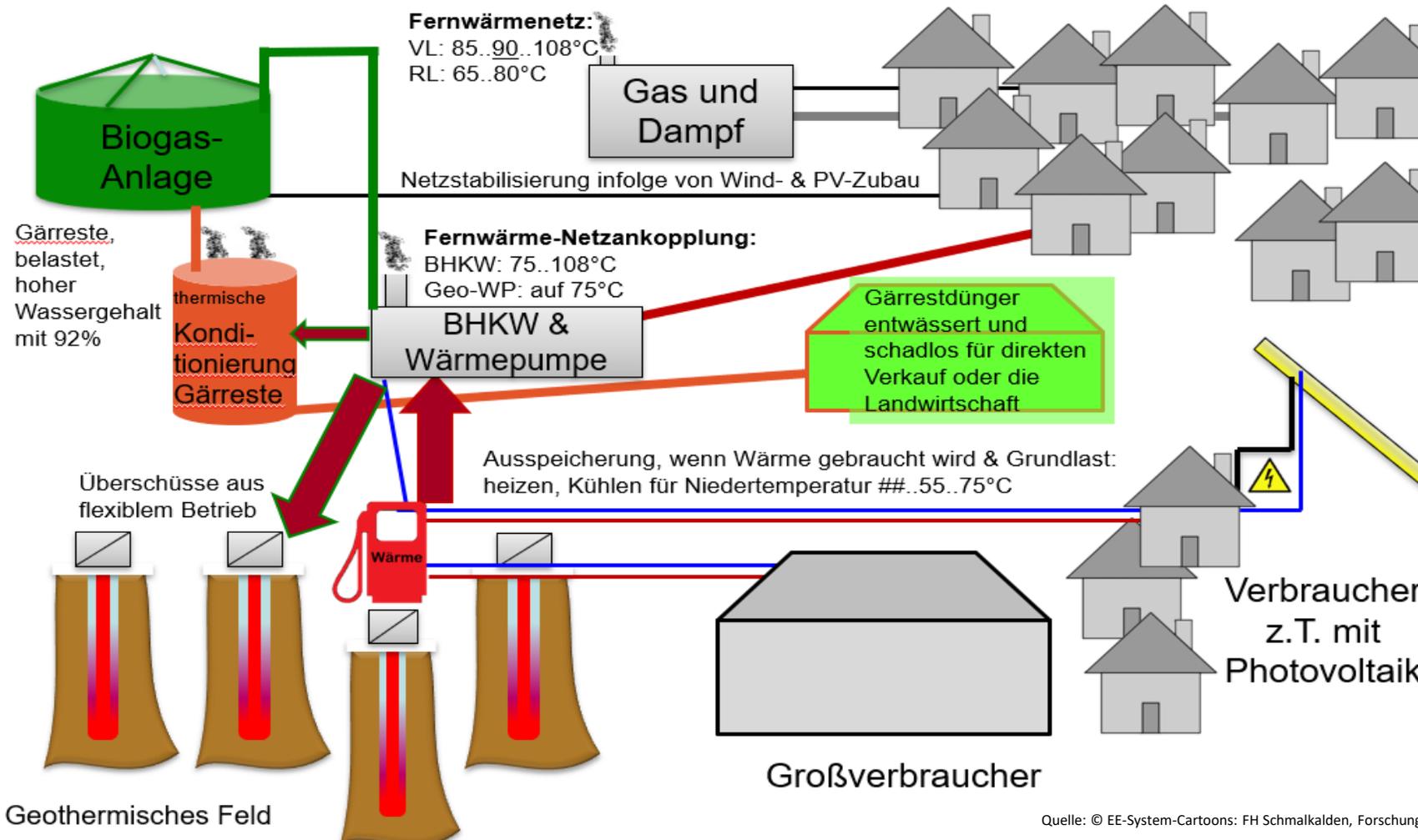
Tino Barchmann

Zielstellung des Projektes Bio2Geo

- **Ziel des Forschungsvorhabens Bio2Geo ist die Entwicklung eines integrativen Hybridkraftwerks als Versorgungsoption für Direktabnehmer, Nah- und Fernwärme**
- Erschließung eines oberflächennaher geothermaler Speichers an der BGA der Mörsdorfer Agrar GmbH (Demonstrator)
- nicht genutzte Wärme aus bestehenden BGA wird in ein Erdwärmesondenfeld saisonal eingespeichert und anschließend verwertet an Wärmeabnehmende
- Errichtung einer Gärrestkonditionierungsanlage zur thermischen Konditionierung von Gärresten
- Ökonomische Bewertung der Speicherkonzepte (EWS-Speicher und Latentwärmespeicher) und Analyse auf den Anlagenbestand



Demonstrator für die Sektorenkopplung

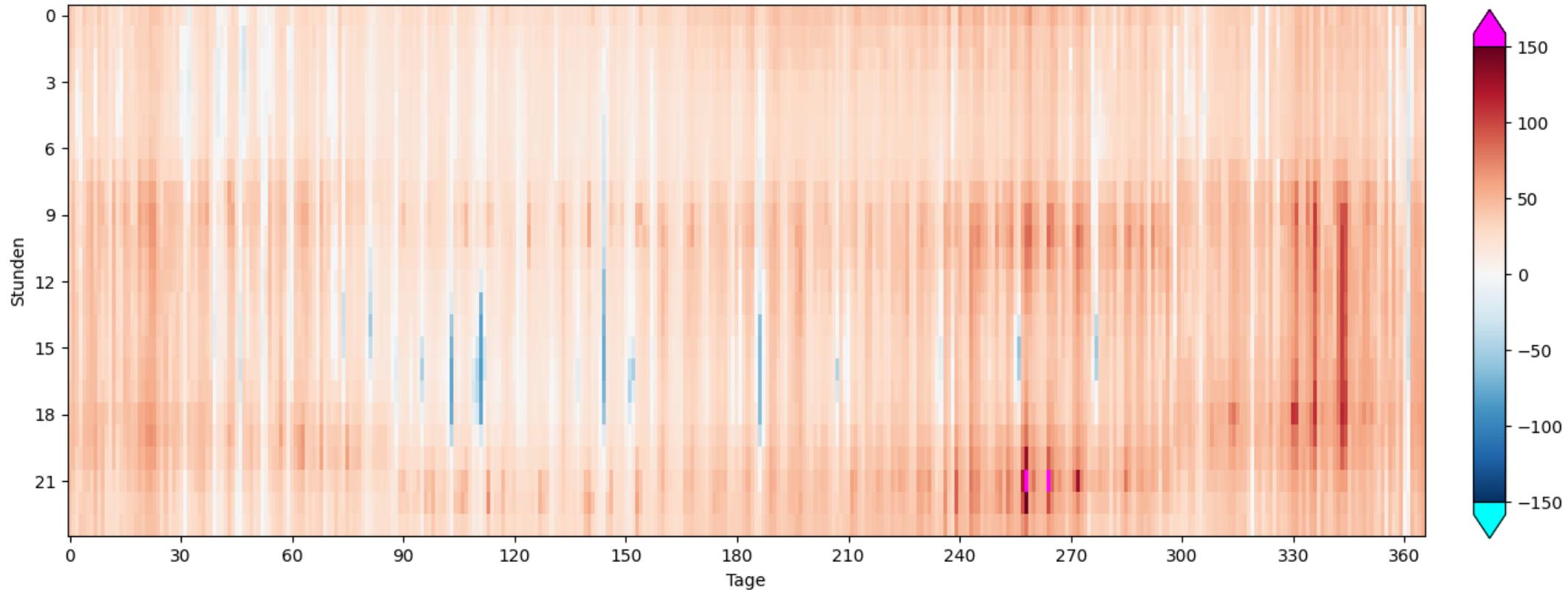


Quelle: © EE-System-Cartoons: FH Schmalkalden, Forschungsgruppe nachwachsende R



Heatmap für EPEX-Spot – Betrachtungsjahr 2020

Heatmap für EPEX-Spot [€/MWh] - 2020



Bio2Geo – Demonstrator – Fragen aus der Praxis

- Kernfragen von BGA Betreibenden bei der Standortsuche vor dem Projekt:
 1. Bleibt die Wärme im Speicher bzw. wie wird sie ggf. ausgetragen?
 2. Gibt es einen Demonstrator für das Konzept?
 3. Wie sieht es mit der Rentabilität aus ?

Antwort zu 1. und 2.)

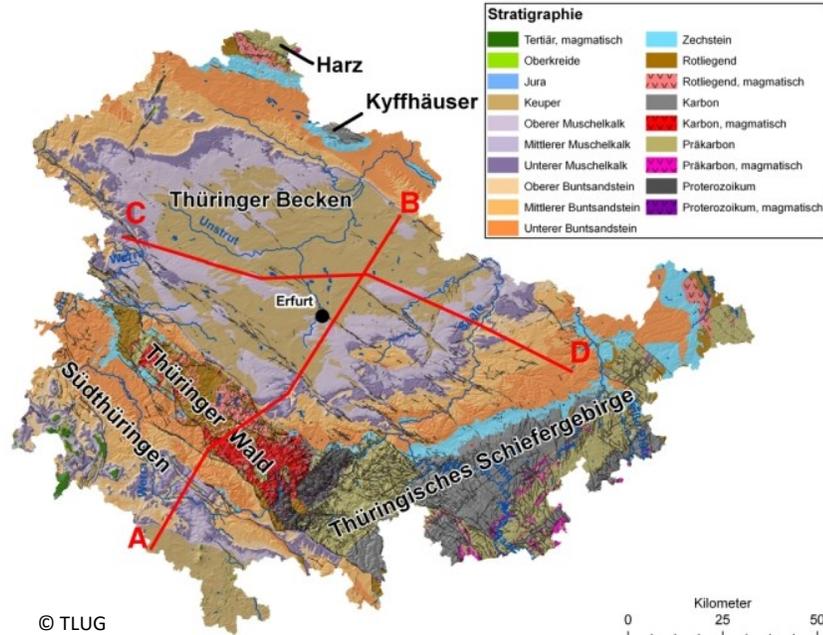
30 Erdwärmesonden à 30 m zum Nachweis des Funktionierens der Systemlösung



Quelle: verändert nach Kartenserver des TLUBN

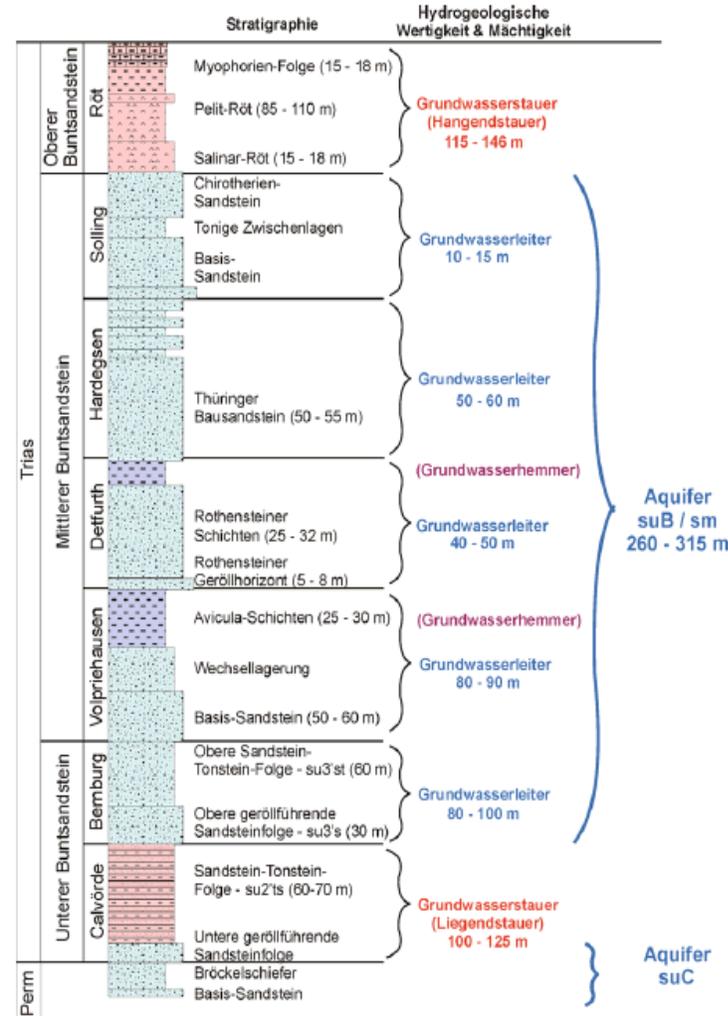
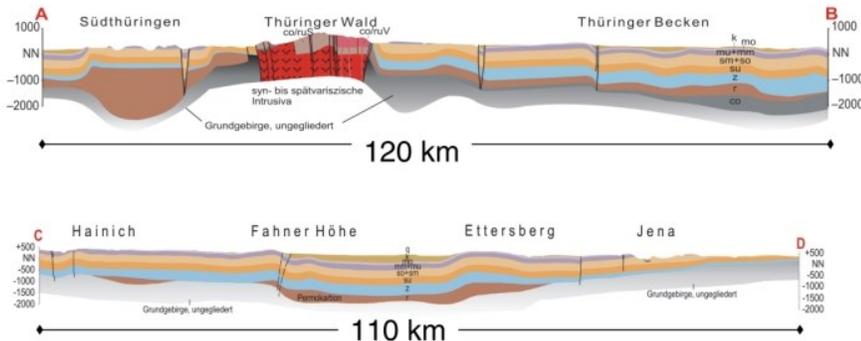


Geologischer Aufbau Thüringen



© TLUG

Geologische Schnitte ca. 3fach überhöht



© geophil.net, S. Philipp

Abb. 4: Geologischer Aufbau (verändert nach GAUPP 1998) des Untersuchungsgebietes, mit Einordnung bedeutender Grundwasserzuflüsse und hydrogeologischer Eigenschaften

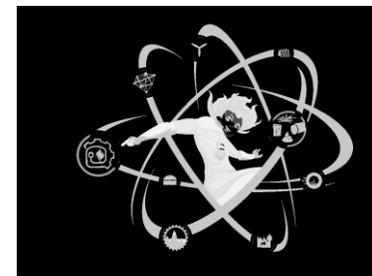
Methodik und Vorgehen - Standortanalyse

Teil 1.) Altdaten recherchieren & mit GIS verschneiden

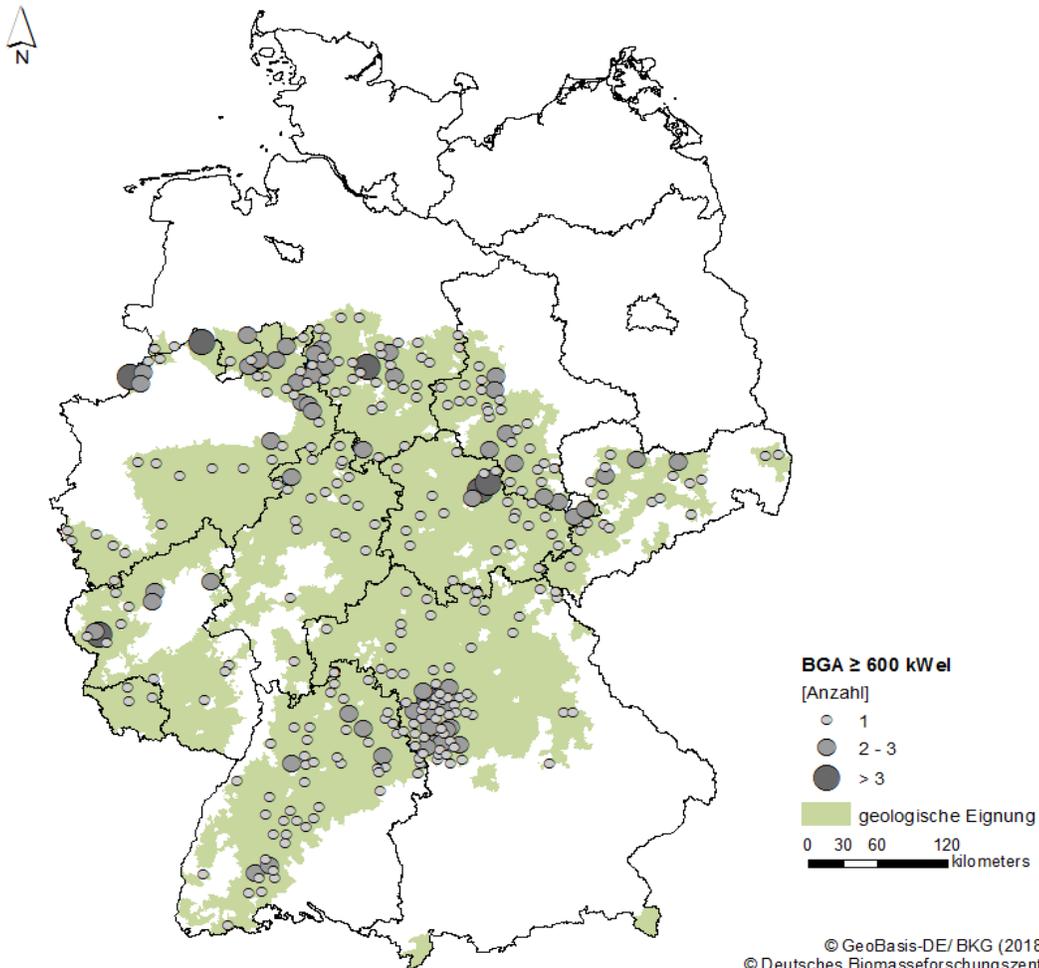
- a. Geologie
- b. Flurabstand (Beachte: Sonde muss kürzer sein als der Grundwasserflurabstand)
- c. Pegelschwankungen
- d. Grundwasserdynamik (Richtung & Geschwindigkeit)
- e. Sickerwasserverweilzeit

Teil 2.) Erhebung neuer Daten

- a. Aufschlussanaloguntersuchung & Kleinrammbohrungen
- b. Kernbohrung zur Verifizierung der Ergebnisse aus den Aufschlussanaloguntersuchungen



Regionale Verteilung potentieller Biogasanlagenstandorte ($\geq 600 \text{ kW}_{el}$)



IPM

- Ableitung deutschlandweiter Auswahl an geologischen Eignungsregionen aus GIS-Daten der Geologischen Dienste.

DBFZ

- für geologische Eignungsgebiete wurde der Biogasanlagenbestand analysiert
- Unter Berücksichtigung einer notwendigen Anlagengröße von $\geq 600 \text{ kW}_{el}$ installierter Leistung wurden rd. 400 potenzielle Biogasanlagenstandorte für Deutschland identifiziert
- Weitere Eingrenzungen mittels detaillierter Vor-Ortanalyse erforderlich



Tino Barchmann

Bohrungen zum Erdwärmesondenfeld in Mörsdorf



© Ingo Raufuss



© Ingo Raufuss

Methodik und Vorgehen – Ökonomische Bewertung

- Tool von IPM-GIS vorgeschaltet, um die Eignung des Standorts von Seiten der Geologie und der Abnehmerstruktur zu ermitteln
- Technisch-ökonomisches Modell (DBFZ) bei positiv beschiedener geologischer Eignung:
→ Kostenseitige Abbildung einer Biogasanlage mit Wärmespeicherung über Geothermiespeicher
- Datenbasis: Kostenfunktionen für verschiedene Leistungsgrößen und Komponenten (BGA, Geothermiespeicher, Wärmepumpe, etc.)
- Annuitätenrechnungen
- Ermittlung von Gestehungskosten
- **Zusatz: Vergleich Geothermiespeicher vs. Latentwärmespeicher**

Geologische Eignung
(Tool IPM)



Technisch-ökonomisches
Anlagenmodell

Biogasanlage
+ Geothermiespeicher
+ sonstige Wärmebedarfe

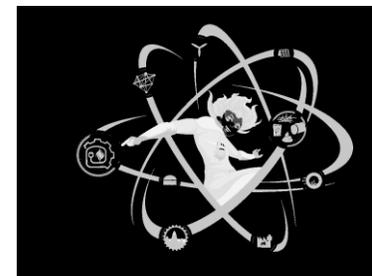


Gestehungskosten
Strom, Wärme, Biomethan

Quelle: DBFZ, 2021

Eingangsparameter Erdwärmesondenspeicher (EWS-Speicher)

- Flurabstand & Pegelschwankung → liefern bei diesem Konzept Hinweise auf die Bohrungslänge
- Wärmeentzugsleistung aus dem Gebirge [W/m]
- Einzuspeichernde Wärmemenge – infolge Flexibilisierung nicht kontinuierlich [kWh]
- Verluste [%]: 30 % Wärme + Kälte, Verhältnis Kälte / Wärme = 60 %
- Betrachtungszeitraum: 20a
- Wärmepreis 45 €/MWh und Kältepreis 40 €/MWh
- Auslegung der Wärmepumpe (dezentral oder n – Kaskade; Grund- Mittel- & Spitzenlast → Jahresarbeitszahl)
- Strompreis (Wärmepumpe) = 18 ct/kWh_{el}
- Kosten für Errichtung des Sondenfeldes und Betrieb; inkl. AfA
- keine Kostenintegration von BGA für Überbauung & Wärmenetz



Tino Barchmann

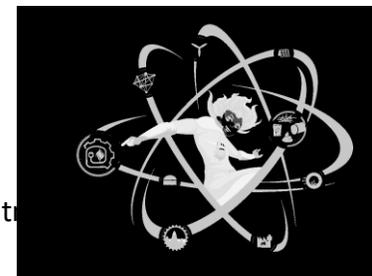
Großwärmespeicher - Kostenaufstellung

Bsp. Cupasol – Investbedarf (30% Förderung möglich¹⁾)

Speicher- volumen	Investition in 2021 ^(1;2)	Mögliche Förderung ⁽³⁾	Preis pro m ³ (inkl. Förderung)	Netto ges.
m ³	€	€	€/m ³	€
50	52.500	12.500	800	40.000
500				
1.000	367.500	110.250	257	257.250
2.000	567.000	170.100	198	396.900
3.000	724.500	217.350	169	507.150
5.000	997.500	299.250	140	698.250

Quelle: cupasol, 2021, aktualisiert 2021

¹ mgl. Förderung: siehe https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltespeicher/waerme_kaeltespeicher_node.htm



Wirtschaftlichkeit Großwärmespeicher – 1/2

Parameter	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
installierte elektrische Leistung	kW _{el}	500	2.000	5.000
Höchstbemessungsleistung	kW _{el}	475	1.900	4.750
installierte thermische Leistung	kW _{th}	518	2.010	5.155
jährliche Volllaststunden	h/a	8.322	8.322	8.322
max. auskoppelbare Nettowärmemenge	MWh _{th} /a	3.450	13.383	34.320
gewinnbare Wärme (Speicher) für Verkauf	MWh _{th} /a	1.972	7.710	19.275
jährliche Kältebereitstellung für Verkauf	MWh _{th} /a	1.315	5.140	12.849

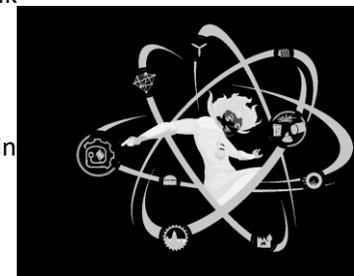
Kosten				
Kosten Erdwärmesondenspeicher				
Investitionsbedarf EWS-Speicher (absolut) brutto	€	723.250	2.226.850	5.381.381
Investitionsbedarf EWS-Speicher (anteilig) brutto	€/kW _{th}	1.338	1.054	1.019
staatliche Förderung (30 %)	€	216.975	668.055	1.614.414
Investitionsbedarf EWS-Speicher (absolut) netto (CAPEX)	€	506.275	1.558.795	3.766.967
Betriebskosten (+AfA) gesamt über 20 Jahre (OPEX)	€	1.640.337	7.165.204	23.882.960
Ø Betriebskosten (+AfA)	€/a	82.017	358.260	1.194.148
Kosten Latentwärmespeicher				
Investitionsbedarf (absolut) brutto	€	1.007.856	2.541.808	6.354.519
staatliche Förderung (30 %)	€	302.357	762.542	1.906.356
Investitionsbedarf (absolut) netto (CAPEX)	€	705.499	1.779.265	4.448.163
Betriebskosten (+AfA) gesamt über 20 Jahre (OPEX)	€	921.594	2.361.468	7.375.493
Ø Betriebskosten (+AfA)	€/a	46.080	118.073	368.775

Erlöse				
Erlöse Erdwärmesondenspeicher				
Gesamterlöse Wärme	€	2.083.371	8.144.088	20.360.219
Gesamterlös über Laufzeit (20 Jahre) (Wärme + Kälte)	€	3.317.845	12.969.757	32.424.393
Ø jährlicher Erlös (nur Wärme)	€/a	104.169	407.204	1.018.011
Ø jährlicher Erlös (Wärme + Kälte)	€/a	165.892	648.488	1.621.220
Ø Anteil Wärmeerlös	€/a	104.169	407.204	1.018.011
Ø Anteil Kälteerlös	€/a	61.724	241.283	603.209
Erlöse Latentwärmespeicher				
Gesamterlös über Laufzeit (20 Jahre) - nur Wärmebereitstellung	€	2.083.371	8.144.088	20.360.219
Ø jährlicher Erlös	€/a	104.169	407.204	1.018.011

Datenbasis EWS-Speicher: geotechnik heiligenstadt

Datenbasis Latentwärmespeicher: cupasol

Quelle: eigene Berechnungen DBFZ in Zusammenarbeit mit geotechnik heiligenstadt



Timo Barchmann

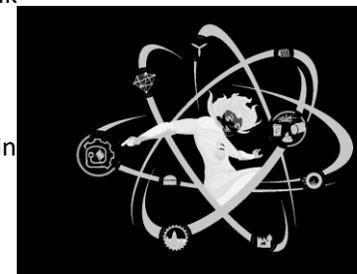
Wirtschaftlichkeit Großwärmespeicher – 2/2

Parameter	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
installierte elektrische Leistung	kW _{el}	500	2.000	5.000
Ergebnisanalyse				
Gesamtschau Erdwärmesondenspeicher				
Σ Kosten CAPEX + OPEX	€	2.146.612	8.724.000	27.649.927
Σ Gewinn (nur Wärmebereitstellung)	€	- 63.241	- 579.912	- 7.289.708
Σ Gewinn (kombinierte Bereitstellung Wärme + Kälte)	€	1.171.233	4.245.758	4.774.466
Ø Erlöse auf 20 Jahre (nur Wärmebereitstellung)	ct/kWh _{th}	5,28	5,28	5,28
Ø Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre (nur Wärmebereitstellung)	ct/kWh _{th}	5,44	5,66	7,17
Ø Gewinn - ausschließlich Bereitstellung von Wärme	ct/kWh_{th}	- 0,16	- 0,38	- 1,89
Ø Erlöse auf 20 Jahre (Wärme + Kälte)	ct/kWh _{th}	5,05	5,05	5,05
Ø Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre (inkl. Kälte)	ct/kWh _{th}	3,27	3,39	4,30
Ø Gewinn - kombinierte Bereitstellung Wärme + Kälte	ct/kWh _{th}	1,78	1,65	0,74
<i>Aufschlüsselung:</i>				
Ø Gewinn pro vermarkteter kWh Wärme	ct/kWh _{th}	1,86	1,73	0,78
Ø Gewinn pro vermarkteter kWh Kälte	ct/kWh _{th}	1,66	1,54	0,69
Gesamtschau Latentwärmespeicher				
Σ CAPEX + OPEX	€	1.627.094	4.140.734	11.823.657
Gesamterlöse Wärme	€	2.083.371	8.144.088	20.360.219
Gewinn Wärme	€	456.277	4.003.354	8.536.562
Ø Erlöse auf 20 Jahre	ct/kWh _{th}	5,28	5,28	5,28
Ø Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre	ct/kWh _{th}	4,12	2,69	3,07
Ø Gewinn Wärmebereitstellung	ct/kWh_{th}	1,16	2,60	2,21

Datenbasis EWS-Speicher: geotechnik heiligenstadt

Datenbasis Latentwärmespeicher: cupasol

Quelle: eigene Berechnungen DBFZ in Zusammenarbeit mit geotechnik heiligenstadt

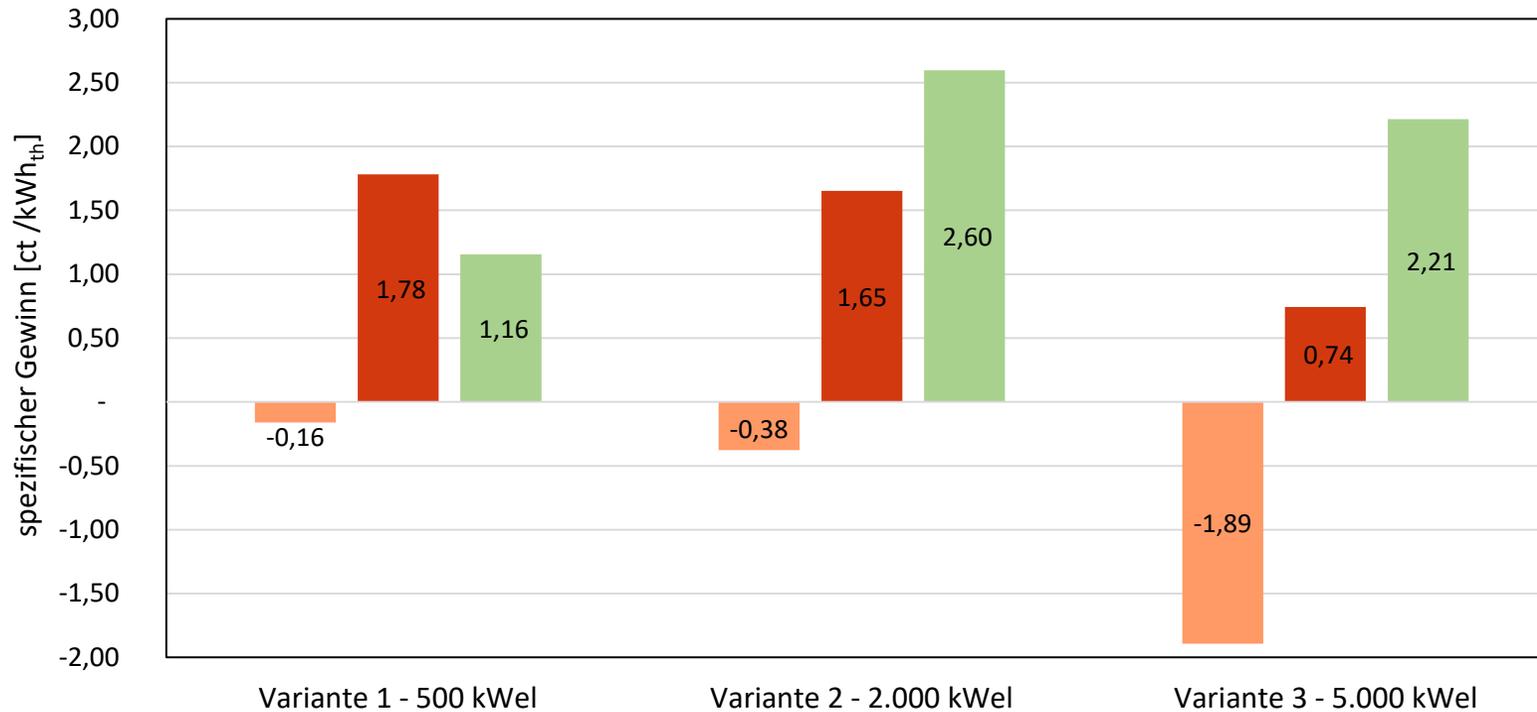


Tino Barchmann

Wirtschaftlichkeit Großwärmespeicher – Gewinn

Spezifischer Gewinn EWS-Speicher & LW-Speicher - Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

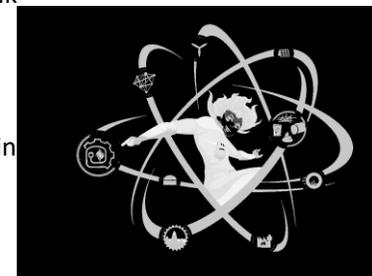
■ Gewinn EWS-Speicher (nur Wärme) ■ Gewinn EWS-Speicher (Wärme + Kälte) ■ Gewinn Latentwärmespeicher



Datenbasis EWS-Speicher: geotechnik
heiligenstadt

Datenbasis Latentwärmespeicher:
cupasol

Quelle: eigene Berechnungen DBFZ in
Zusammenarbeit mit geotechnik
heiligenstadt

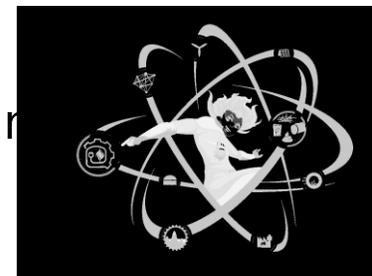


Tino Barchmann

Zusammenfassung

Fazit: Die Chancen eines EWS-Speichers überwiegen den Risiken!

- Geothermie ist eine prüfungswerte Option für die saisonale Wärmespeicherung bei BGA
- Immer Einzelfallprüfung erforderlich am jeweiligen Standort!
- Standortbewertung z. B. kostengünstig über Kleinrammbohrungen möglich
- Erdwärmesondenfeld auch nachträglich gut skalierbar an die Energieabnehmerstruktur
- Sofern BGA am Standort zurückgebaut wird
 - Kein „signifikantes“ Problem, da Heizen und Kühlen auch ohne BGA möglich
 - Betriebsdauer Geothermiespeicher: 50 Jahre+
- Wirtschaftlichkeit ist gegeben, insbesondere bei längeren Betrachtungszeiträumen und mit der Zusatzoption „passives Kühlen“



Kontakt

Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner

Tino Barchmann

tino.barchmann@dbfz.de

+49 341 2434 375

Jaqueline Daniel-Gromke

jaqueline.daniel-gromke@dbfz.de

+49 341 2434 441

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

