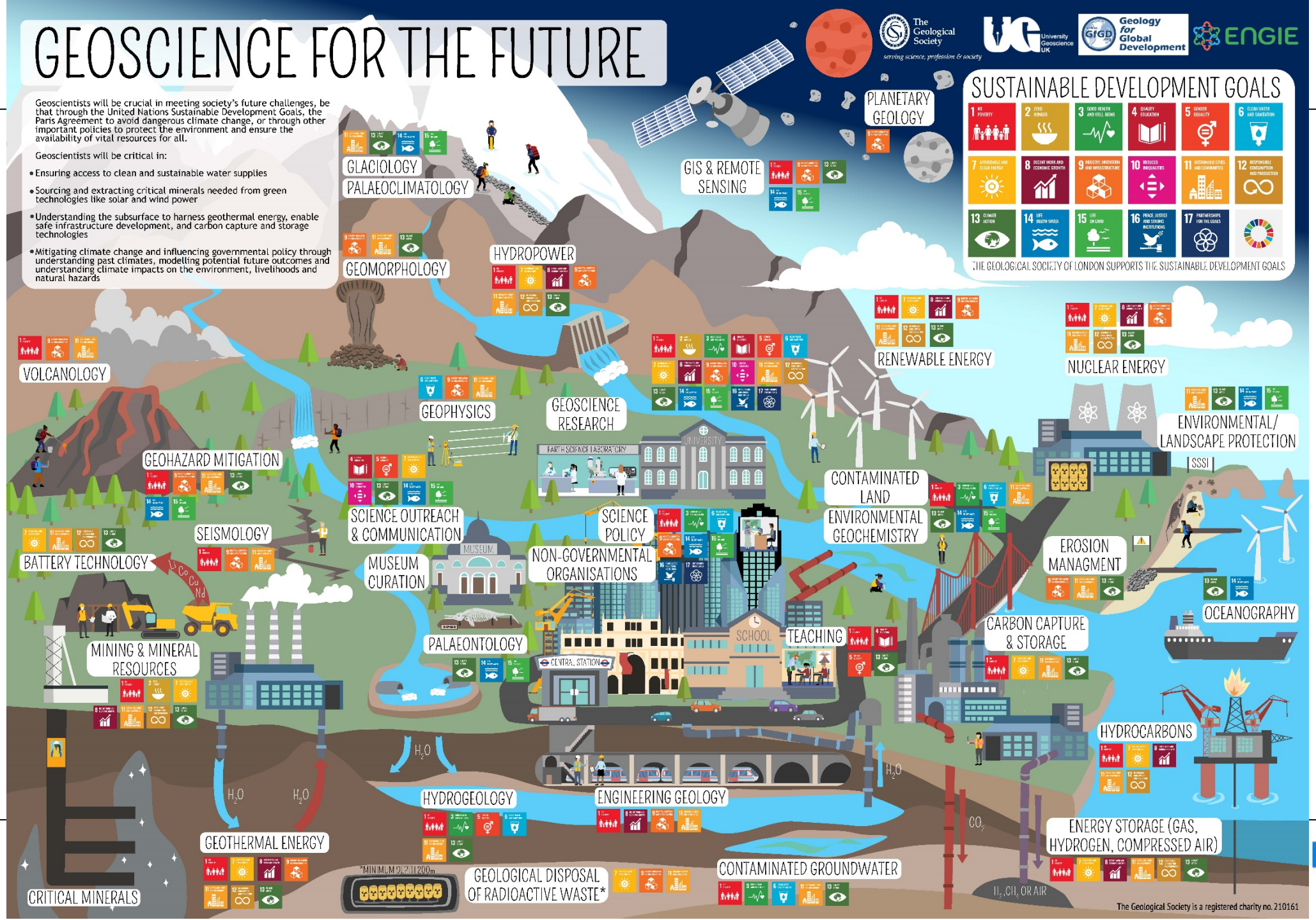
Gewinnung und Speicherung von Wärmeenergie und Energierohstoffen im Untergrund – Beispiele für vernetzte Energieinfrastrukturen der Zukunft

Prof. Peter Kukla PhD, RWTH Aachen/Fraunhofer IEG

Foto: RWE



RWTH AACHEN UNIVERSITY

Energiesektor – RWTH Profilbereich „Energy, Chemicals & Process Engineering“

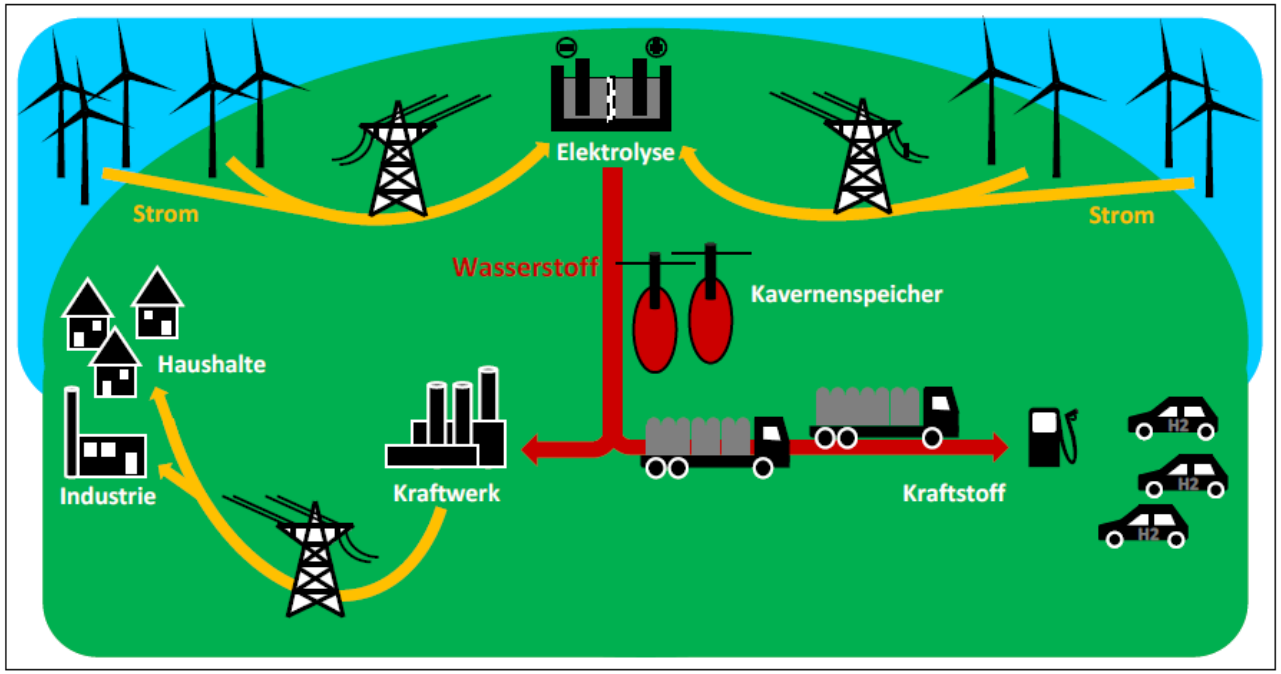
Profile Area ECPE

System	Energy resources	Infra-structure	Energy conversion	Material conversion	Conversion: End use
Markt- und Systemanalyse, LCA, Well-to-Wheel	Fossile Energieträger, Biomasseanbau, Geothermie, Wind, Solar	Netze (E/Gas/H_2), Smart Grids, Tankstellen	Kraftwerk, Windrad, Solarpanel	Chemiefabrik, (Bio)-Raffinerie, Biokraftstoff-erzeugung	Haushalte, Industrie, Mobilität

RWTH AACHEN UNIVERSITY

Strukturwandel - Nachhaltige Kopplung Oberfläche & Untergrund

https://www.wirtschaft.nrw/strukturwandel-im-rheinischen-revier



Energiesektor 1 - Strom

- Wind
- Gas
- Sonne
- Wasser

Energiesektor 2 – Wärme

„Die vergessene Wärmewende“
(Handelsblatt 13.08.2020):

- „Knapp über die Hälfte der in Deutschland verbrauchten Energie wird … für die Erzeugung von Wärme und Kälte verwendet.“
- „Während der Anteil Erneuerbarer am Strom steigt und die E-Mobilität endlich Fahrt aufnimmt, wird der Wärmesektor immer noch wie das Stiefkind der Energiewende behandelt.“

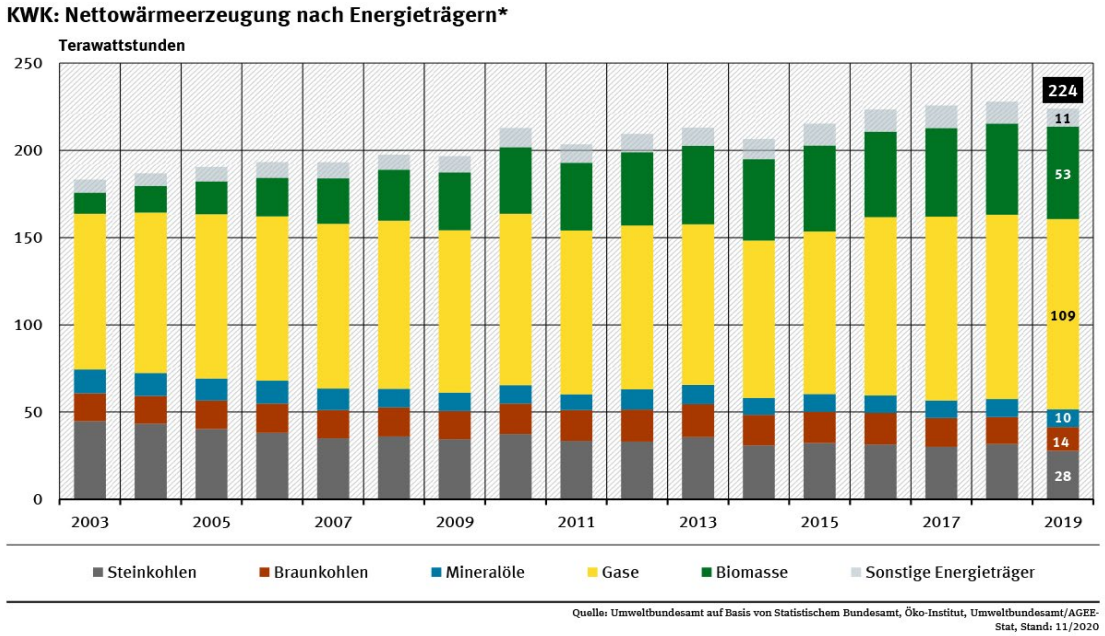
„Wärme aus Tiefengeothermie für NRW“
(Minister Pinkwart 27.10.2020):

- „Der Wettbewerb richtet sich an Kommunen oder kommunale Konsortien, die beispielsweise im Zusammenschluss mit Industrieunternehmen, Energieversorgern oder wissenschaftlichen Einrichtungen die Potenziale der Tiefengeothermie in den Kommunen und die Einbindung der Bürger in solche Vorhaben untersuchen möchten. “

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Wettbewerbsaufruf
Wärme aus Tiefengeothermie für NRW

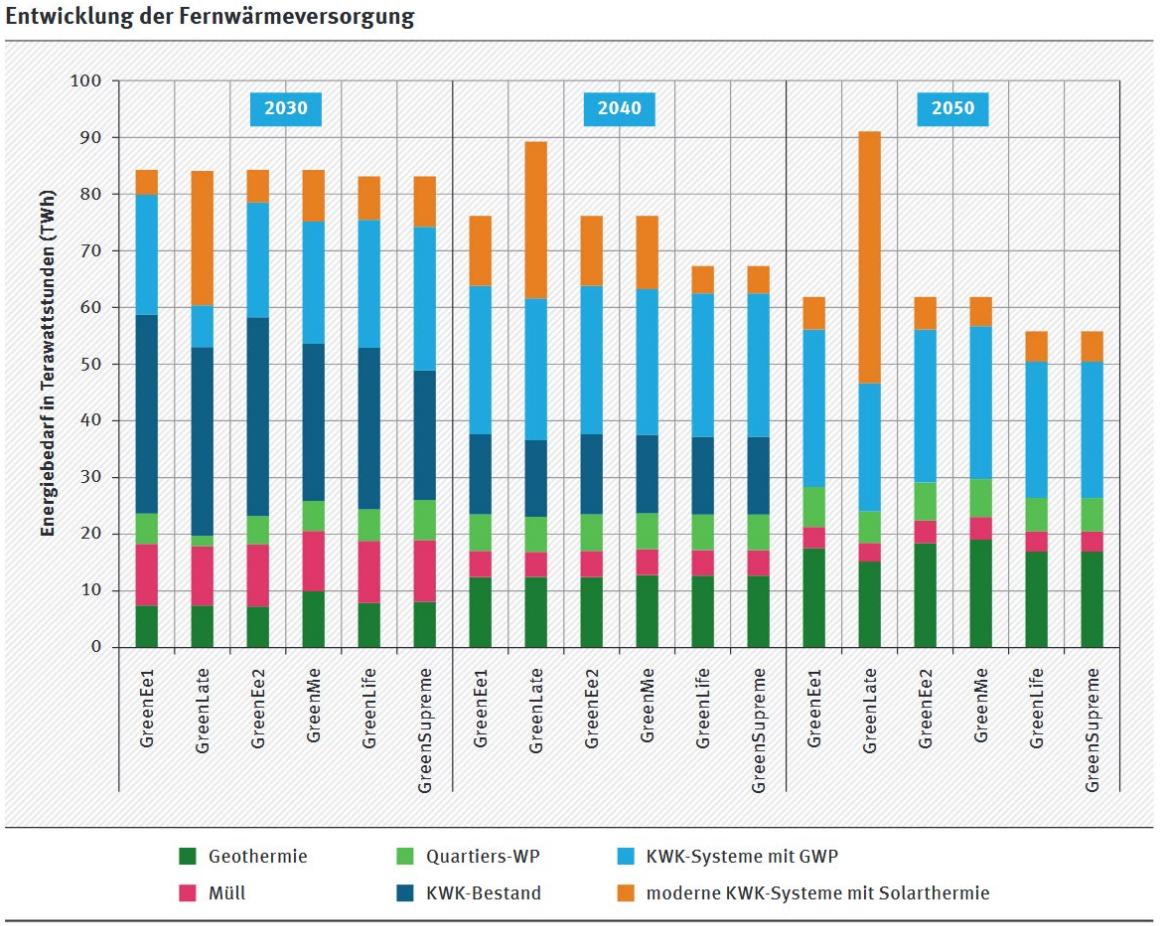
KWK-Wärmeerzeugung nach Energieträgern



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis von Statistischem Bundesamt, Öko-Institut, Umweltbundesamt/AGEE-Stat, Stand: 11/2020

Entwicklungspfad bis 2050:

- Vorrangiger Einsatz von Technologien zur Sektorkopplung
- Großwärmepumpen und KWK-Anlagen
- Geothermie und Solarthermie
- Installation großer Speicherkapazitäten auch in Verbindung mit Power-to-Heat
- Zunehmender Rückgang bei der Wärmeerzeugung von Gas-Brennwertkesseln
- allerdings hohe Back-Up-Leistungen in Form von Brennwertkesseln

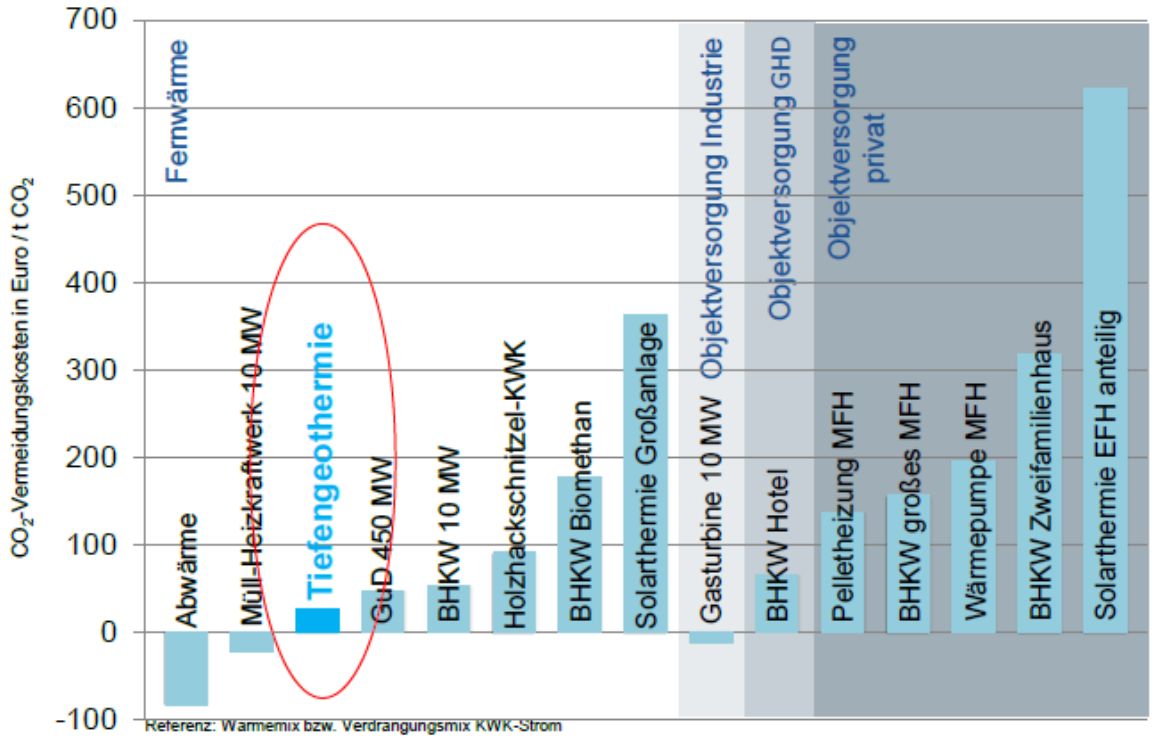


Quelle: UBA (2019a)

Wärme aus Tiefengeothermie

Energiewende im Wärmemarkt

Tiefengeothermie ist die günstigste regenerative Erzeugungsart für Fernwärme



27.02.2018 Tiefengeothermie im Wärmemarkt

SW//M

Wärmegestehungskosten: 2,9 – 3,5 ct/kWh

Geothermie-Anlage Freiham versorgt seit Herbst 2016 München mit Erdwärme. Bild: Stadtwerke München

Wärmewende – Fraunhofer IEG

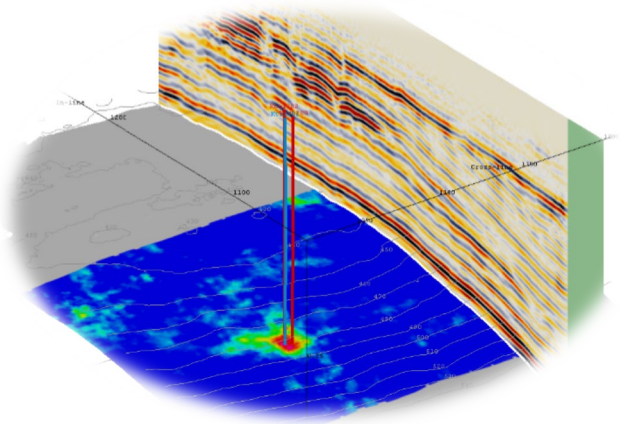
Forschungsfelder

1. Integrierte Planung von Infrastrukturen, Quartieren und Gebäuden (Sektorenkopplung)
2. Georessourcen
3. Geotechnologien
4. Netze, Energie- und Verfahrenstechnik
5. Speicher und Untertagesysteme
6. Steuerung, Regelung, Automatisierung, Betriebsführung energietechnischer Anlagen
7. Transfer, Strategie und Wissenschaftskommunikation
8. Labore und Reallabore

Georessourcen/Geotechnologien @ Fraunhofer IEG

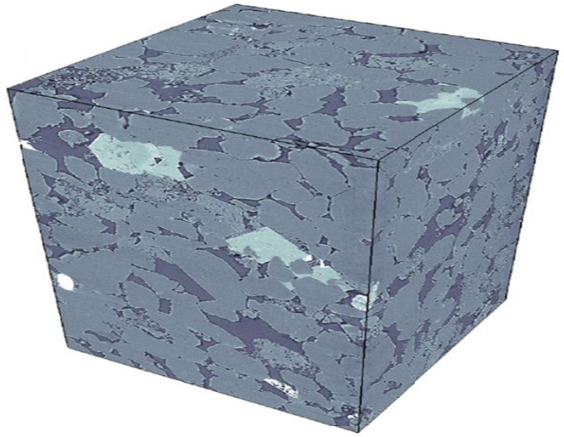
Wärmewende mit Geothermie

Exploration und Simulation geothermischer Reservoire



Speicherung von Stoffen & Wärme

Natürliche und technisch angelegte Untergrundstrukturen für hT - Wärme, H_2 und CO_2



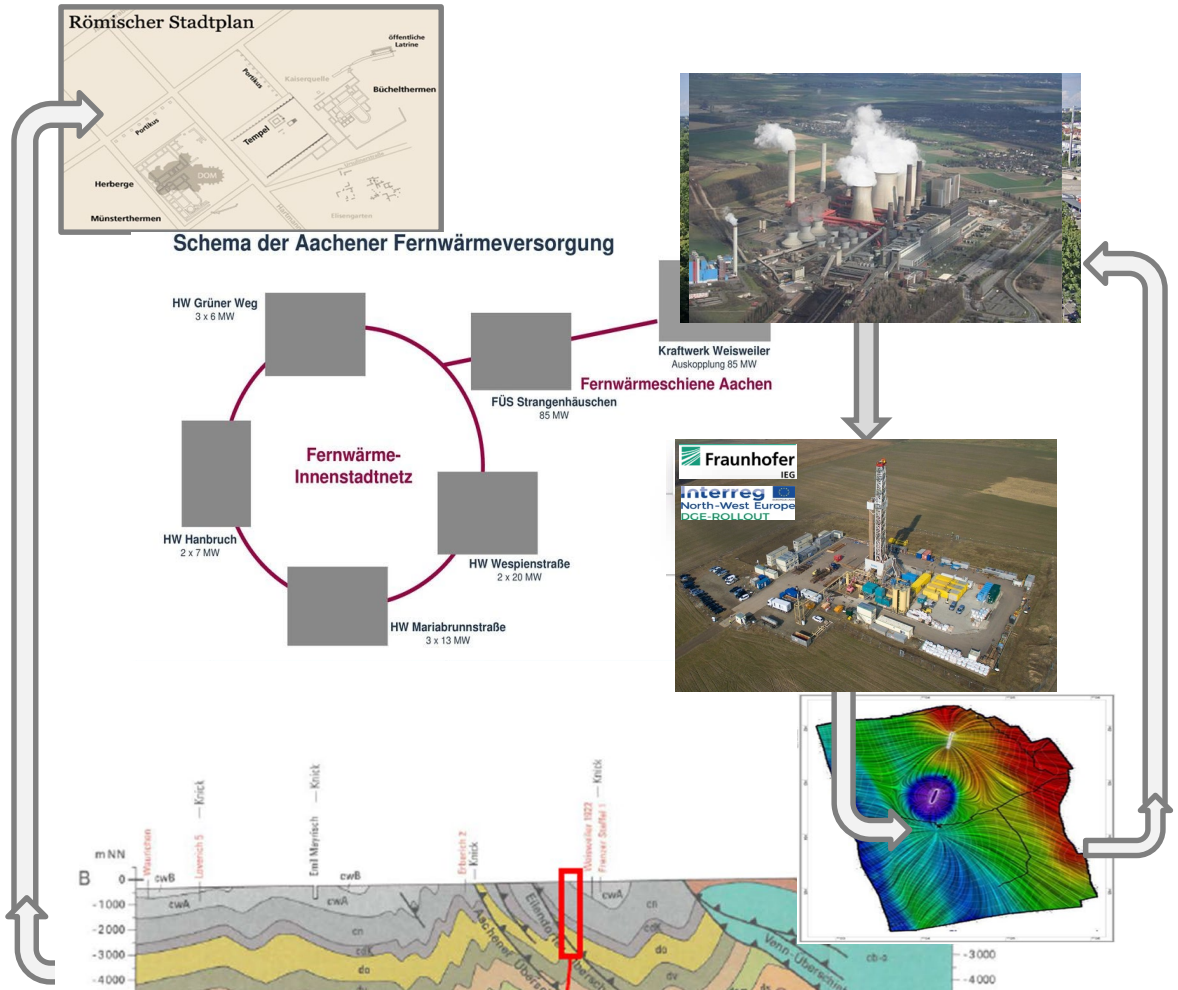
Negative CO_2 - Emissionen

Abscheidung und Mineralisation von CO_2 in geeigneten geologischen Reservoiren

Geofluide & Energierohstoffe

Gewinnung von Lithium und Seltenen Erden aus geothermalen Tiefenwässern

Reallabor Tiefengeothermie Rheinland – Forschungskraftwerk Weisweiler



Observatorium & Technikum

1.500 m Erkundungsbohrung 2022

Seismische Erkundung 2022

Geophysikalisches Netzwerk

2*4.000 m Aufsuchungsbohrungen

Fernwärme-Einspeisung 2027

Referenz und Prüfumgebung

Industrielle Entwicklungsplattform für

- Strom-, Wärme-, Kälteerzeugung
- Pumpentechnik
- hT-Industriewärmepumpen
- H2-Technologien/Speichertechnologien
- Aus-/Weiterbildungszentrum

021, Peter Kukla

Fraunhofer IEG

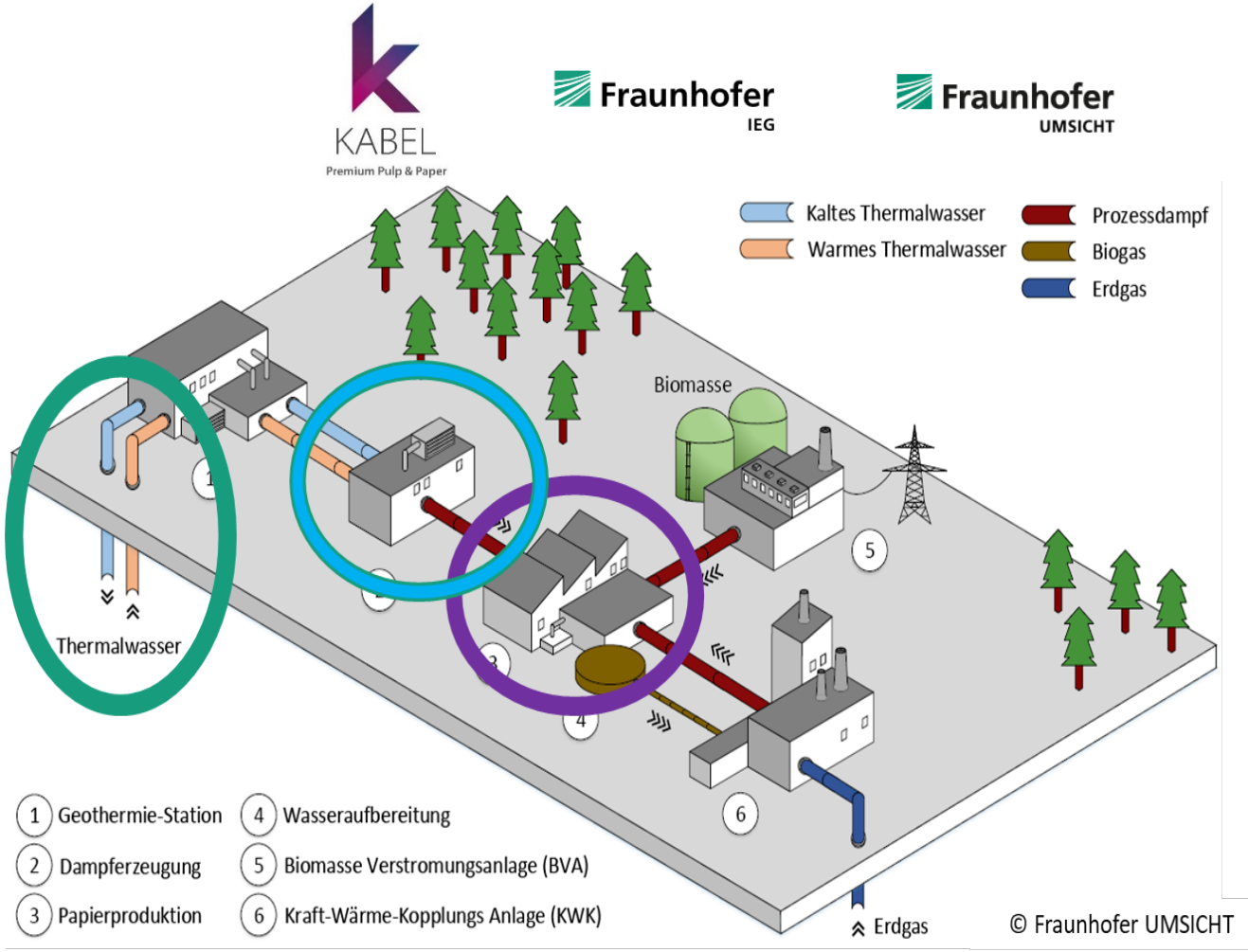
RWTH AACHEN UNIVERSITY

Anwendungsfeld - Papierindustrie Hagen

- Papierindustrie unter Top 5 der energieintensivsten Branchen Deutschlands

- Wärmeenergiebedarf für den Papiertrocknungsprozess
  → 550.000 MWh/a Erdgas

- Ökonomische und ökologische Anreize
  nachhaltiger Energieversorgung aus tiefengeothermischen Reservoirs
  → Massenkalke Devon



Kevin Lippert

© Horst Rüter

Anwendungsfeld - Hochtemperatur-Wärmespeicher Bochum

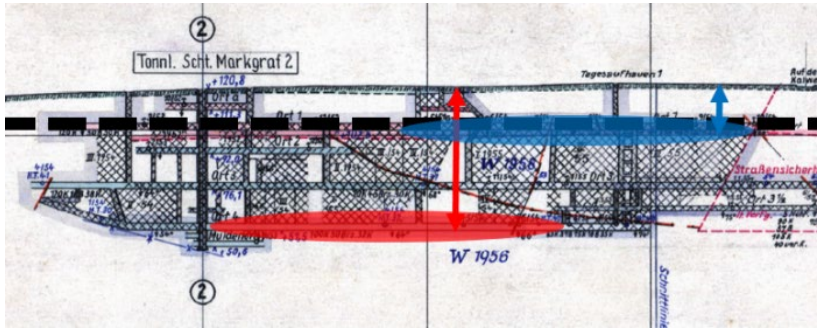
- Kombination von solarthermischer Wärmeerzeugung mit geothermischer Wärmespeicherung im Grubenwasser eines ehemaligen Bergwerks unter dem IEG
- Ausspeicherung mittels Großwärmepumpe und Einspeisung in das Fernwärmenetz Bochum-Süd

CSP plant

Summer

Heating season

hT – heat pump



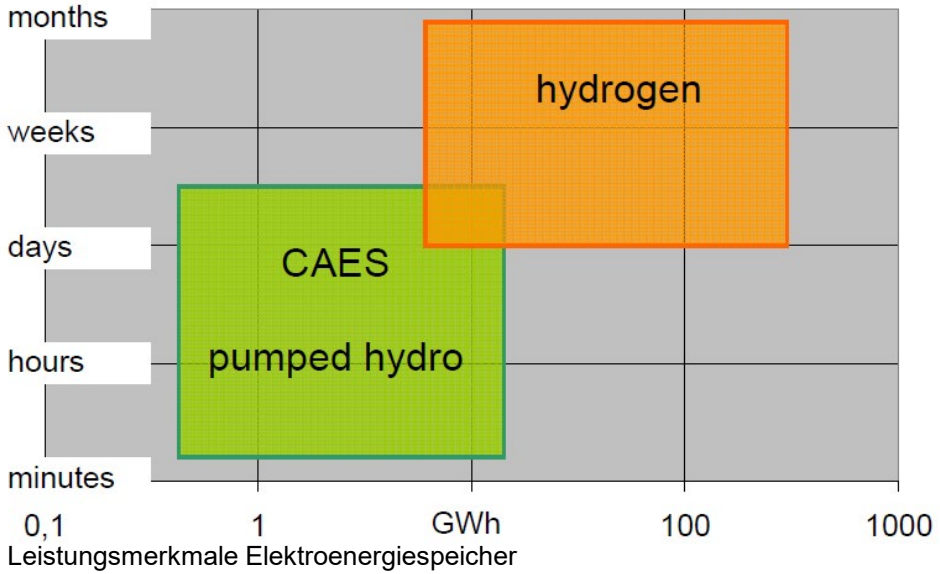
MTES/ATES

FUW district heating grid

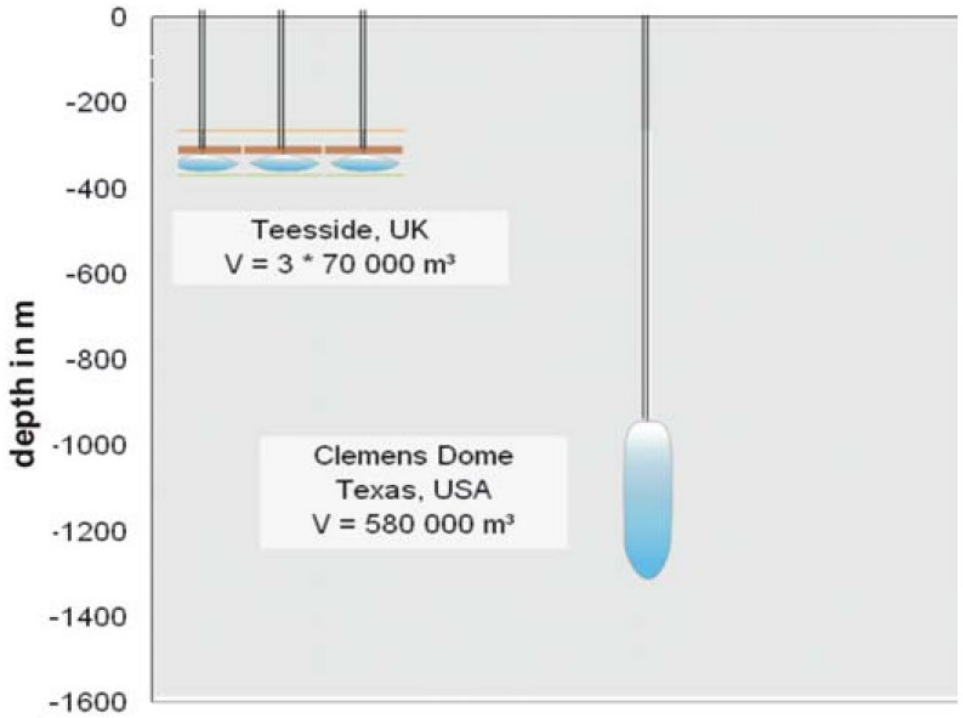
Tiefenspeicherung - Status Quo 2021

- Künftige Energiesysteme werden sich weitgehend auf elektrische Energie stützen: Speicherung mit schnellem Zyklus spielt eine Schlüsselrolle: „Energy on demand“
- Mehr als 30 Jahre positive Erfahrung mit der Speicherung von Erdgas in geologischen Formationen, vorzugsweise in Salzkavernen (flexibel, inert); ansonsten in Aquifer-Formationen oder in erschöpften Kohlenwasserstoff-(Gas)-Lagerstätten
- Mehr als 10 Jahre positive Erfahrung mit der Speicherung von Wasserstoffgas in Salzkavernen in England und den USA
- Energiespeicherung im Untergrund ist sicher, sauber und wirtschaftlich rentabel
- Raumplanung für die parallele Nutzung des Untergrundes (Methan, CO_2, Druckluft, Geothermie) ist dringend erforderlich

Tiefenspeicherung - die Zukunft für Wasserstoff?



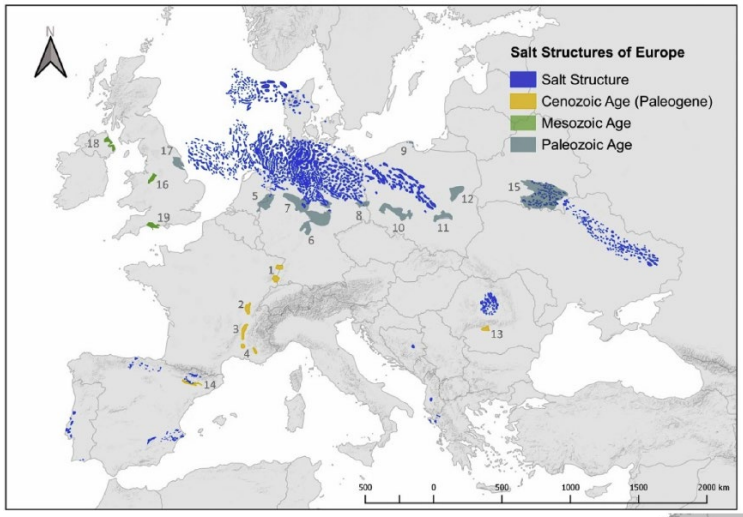
Leistungsmerkmale Elektroenergiespeicher

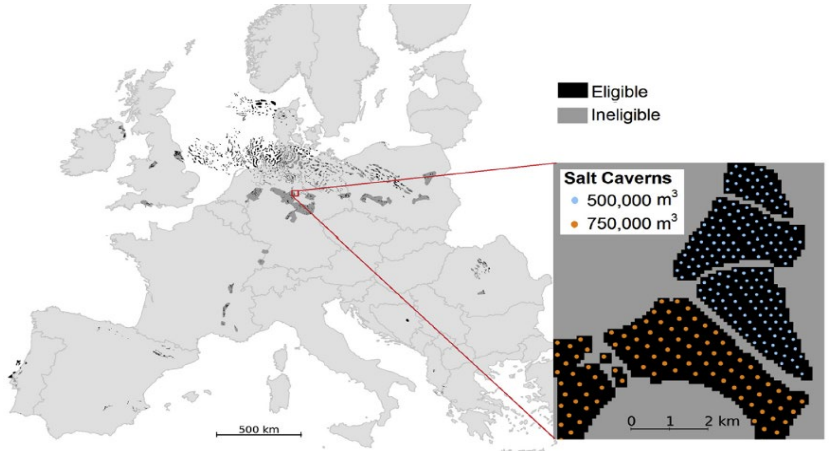


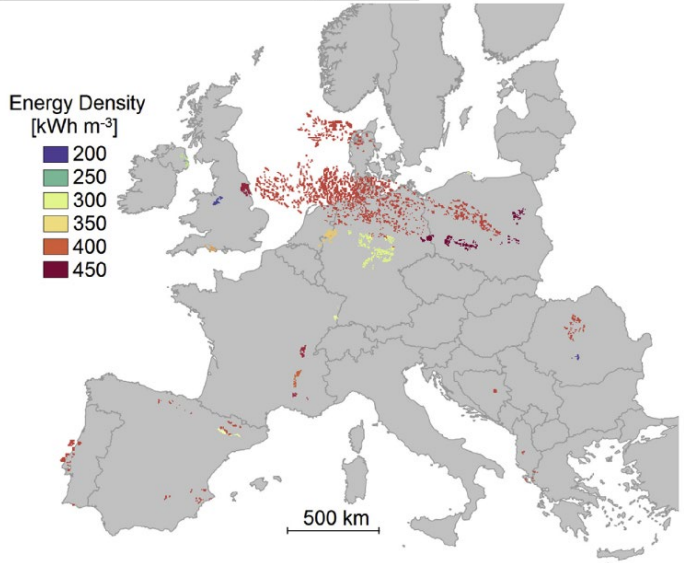
Hydrogen caverns UK/US

Source: Donadei, S. 2012, 2. PKF Forum „Erneuerbare Energien“
27. September 2012, Oldenburg, KBB Underground Technologies, Hannover

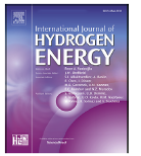
Speicherpotential - Systemischer Ansatz







Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
journal homepage: www.elsevier.com/locate/he



Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe

Dilara Gulcin Caglayan [a,b,*], *Nikolaus Weber* [a,c], *Heidi U. Heinrichs* [a], *Jochen Linßen* [a], *Martin Robinius* [a], *Peter A. Kukla* [c], *Detlef Stolten* [a,b]

[a] Institute of Energy and Climate Research - Techno-economic Systems Analysis (IEK-3), Forschungszentrum Juelich GmbH, 52425, Juelich, Germany
[b] RWTH Aachen University, Chair for Fuel Cells, Faculty of Mechanical Engineering, Kackertstraße 9, D-52072 Aachen, Germany
[c] Geological Institute, Energy and Mineral Resources, RWTH Aachen University, 52056 Aachen, Germany

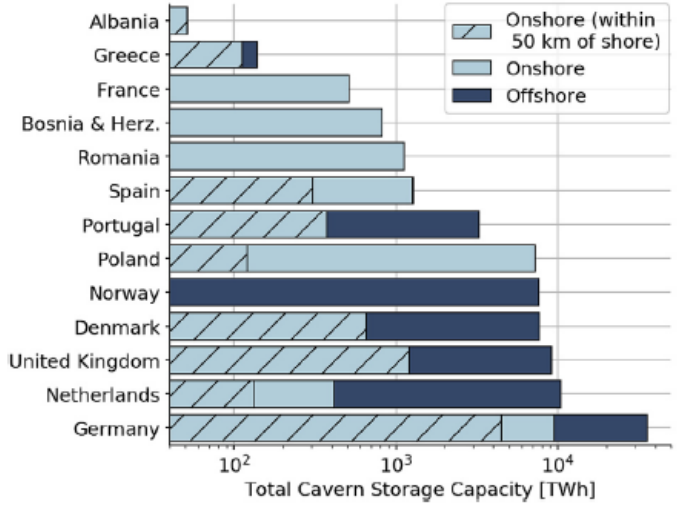
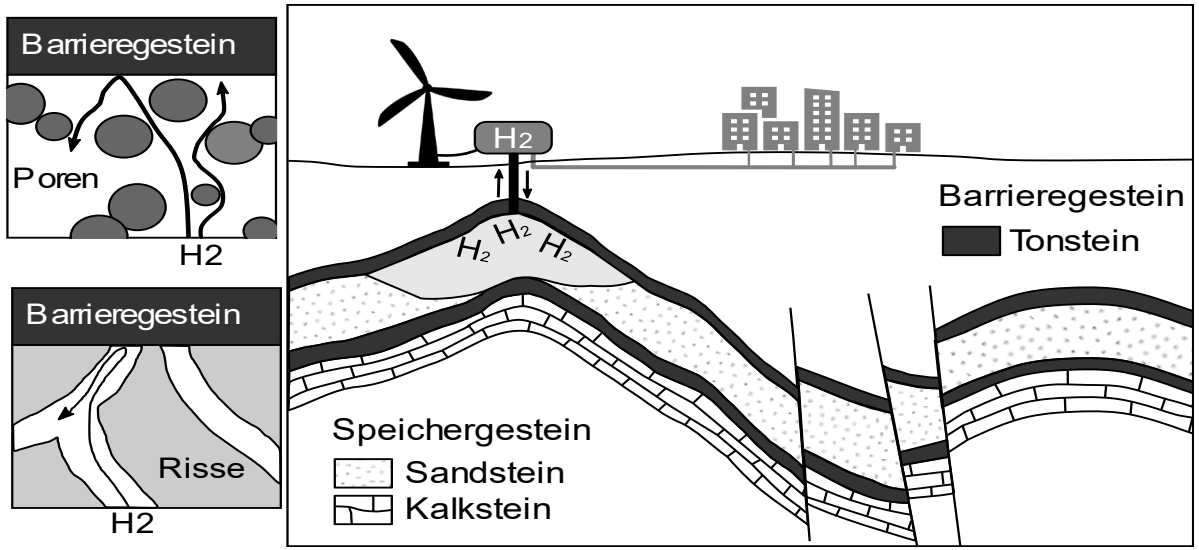
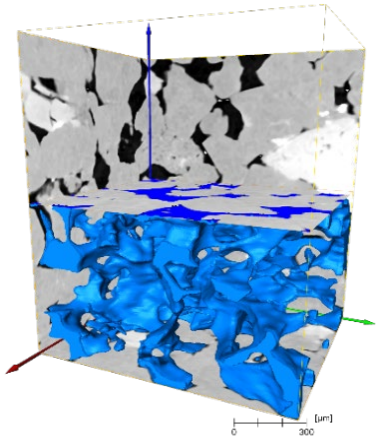


Fig. 8 – Total cavern storage potential in European countries classified as onshore, offshore and within 50 km of shore.

Tiefenspeicherung – Unsicherheiten?

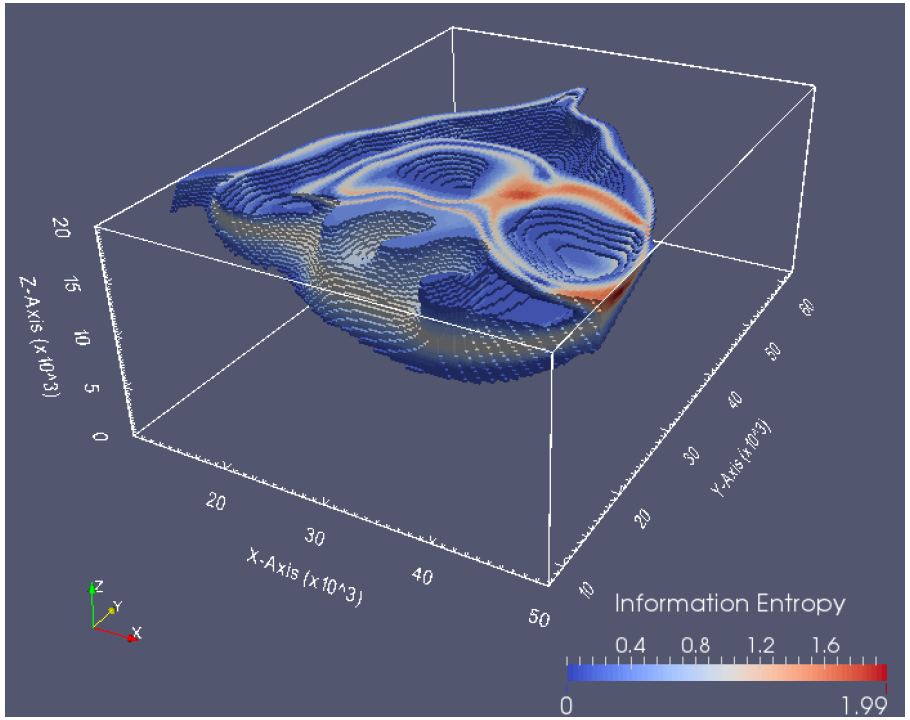


Geeignete **Speichergesteine** und **undurchlässiges Barrieregestein**



3-D Porenraum, Katharina Alms IEG

3-D Unsicherheiten



CGRE: Prof. Wellmann

Energie- und Wärmesektor – interessierte Köpfe sind gefragt…

EASYGO ITN

Efficiency & Safety in Geothermal Operations — Newsletter 01

Welcome to EASYGO

RWTH AACHEN UNIVERSITY

POLITECNICO MILANO 1863

TU Delft

ETH zürich

European Commission

Marie Skłodowska-Curie Actions

Developing talents, advancing research