



Adaption von Technologien saisonaler geogener Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion – Teil 1 –

Verbreitung - Umweltverträglichkeit - Wirtschaftlichkeit - Genehmigungsfähigkeit

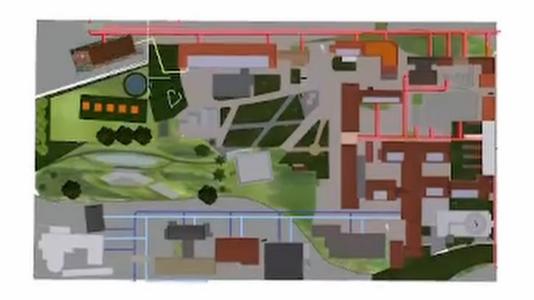
Dr. Kersten Roselt

Geschäftsführer der JENA-GEOS® Vorstand der EnergieWerkStadt® e.G.

Gliederung



- 1. Einführung
- 2. State of the Art
- 3. Verbreitung (,Aquifer-Atlas')
- 4. Umweltverträglichkeit
- 5. Wirtschaftlichkeit
- 6. Genehmigungsfähigkeit



11.01.2022 PRESSEMITTEILUNG Energiewende

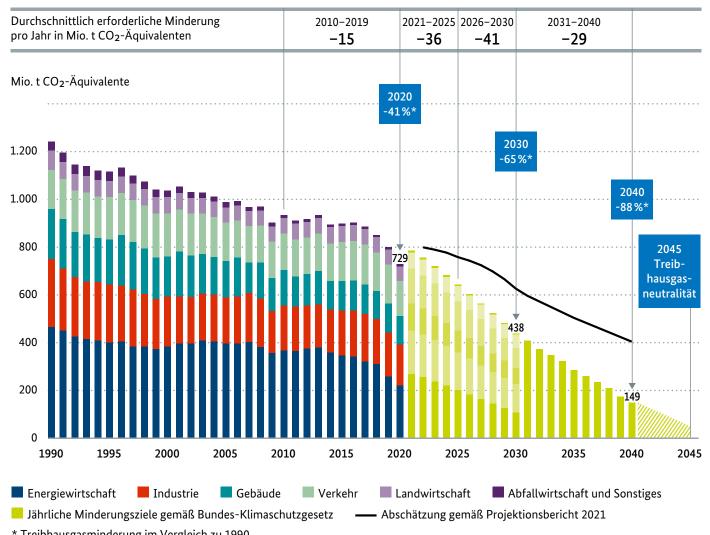
Habeck legt Eröffnungsbilanz Klimaschutz vor "Müssen Geschwindigkeit der Emissionsminderung verdreifachen."

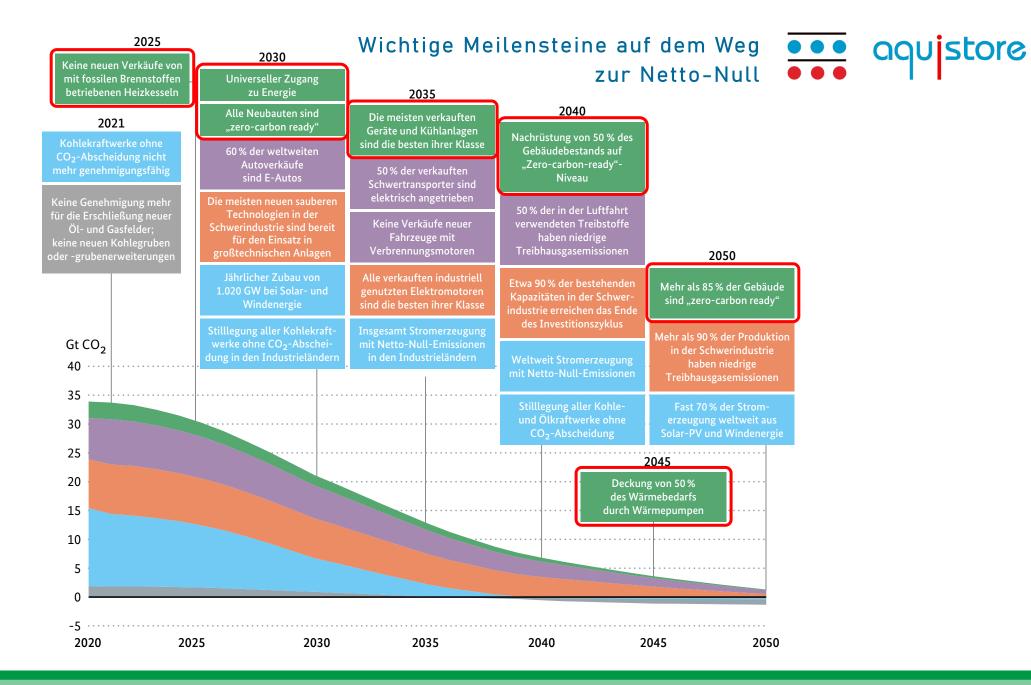


Einführung



Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland





Gebäude

Verkehr

Industrie

Strom und Heizung

Keine neuen Verkäufe von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizkesseln

Gebäude(-bestand)

2030

Universeller Zugang zu Energie

2035

Alle Neubauten sind "zero-carbon ready"

Die meisten verkauften Geräte und Kühlanlagen sind die besten ihrer Klasse

2040

Nachrüstung von 50% des Gebäudebestands auf "Zero carbonready"-Niveau

2045

Deckung von 50 % des Wärmebedarfs durch Wärmepumpen

2050

Mehr als 85 % der Gebäude sind "Zero-carbon ready"

kommunale Wärmeplanung,
Ausbau der Wärmenetze

- Ausbau der Erneuerbaren, insbesond. Einsatz von Wärmepumpen (bis 6 Mio/2030)
- bessere Anreize für Sanierungen, Sanierungsfahrplan, Umsetzungsqualität, Stärkung von Quartiersansätzen, Sektorkopplung, Nachhaltigkeitsaspekte, nachhaltiges Bauen
- Einsatz grauer Energie, Berücksichtigung Lebenszykluskosten, Einführung des digitalen Gebäuderessourcenpass, Gebäudeförderung mit der kommunalen Wärmeplanung verknüpfen



Einführung: Projektintention

Förderung:





Das Projekt soll helfen, diejenigen Defizite grundsätzlich zu beheben, die einer Nutzung der Aquifere für die Wärme-/Kältespeicherung noch entgegenstehen.

Es soll künftige Interessenten befähigen, für ihr spezielles Projekt die Frage zu beantworten,

- ob am jeweiligen Standort grundsätzlich Potenziale für eine Aquiferspeicherung bestehen,
- ob es sich lohnt, den Gedanken vorbereitend und planend weiterzuverfolgen,
- mit welcher Wirtschaftlichkeit zu rechnen ist und
- welche Schritte auf dem Weg zur Herstellung einer Genehmigungsfähigkeit zu beschreiten sind.

Ziele saisonaler geogener Aquiferspeicher

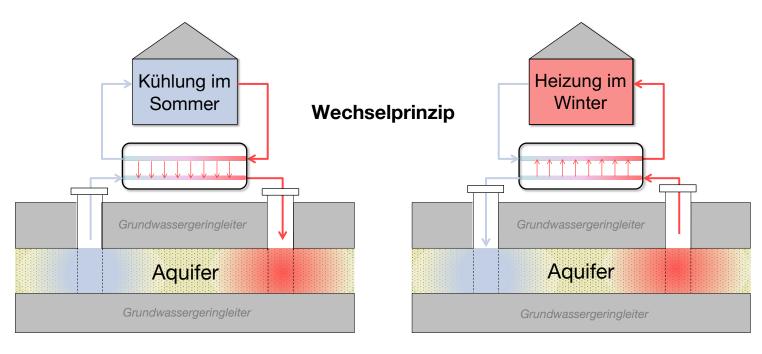


Zeit zwischen Angebot und Nachfrage nach thermischer Energie überbrücken

Ausgleich des Unterschieds der thermischen Leistung zwischen Erzeuger und

Verbraucher

Energieeinsparung

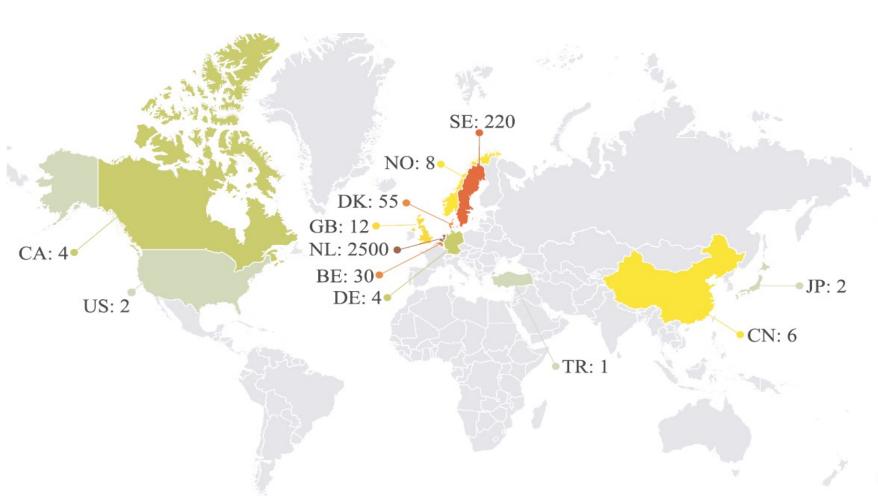


- Begriffe:
 - ATES (Aquifer thermal energy storage (Aquifer-Wärmespeicher)
 - übergeordnet: UTES (underground thermal energy storage)

State of the Art



Seit 1960





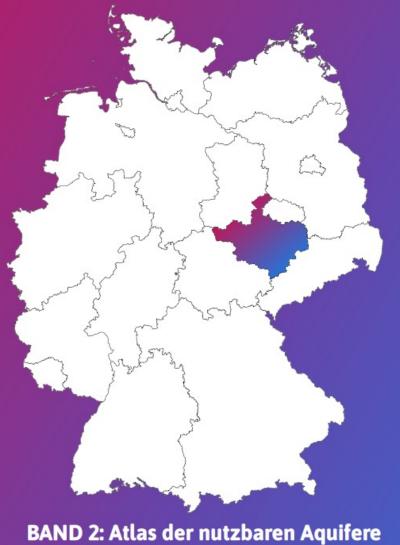
Chancen & Potenziale



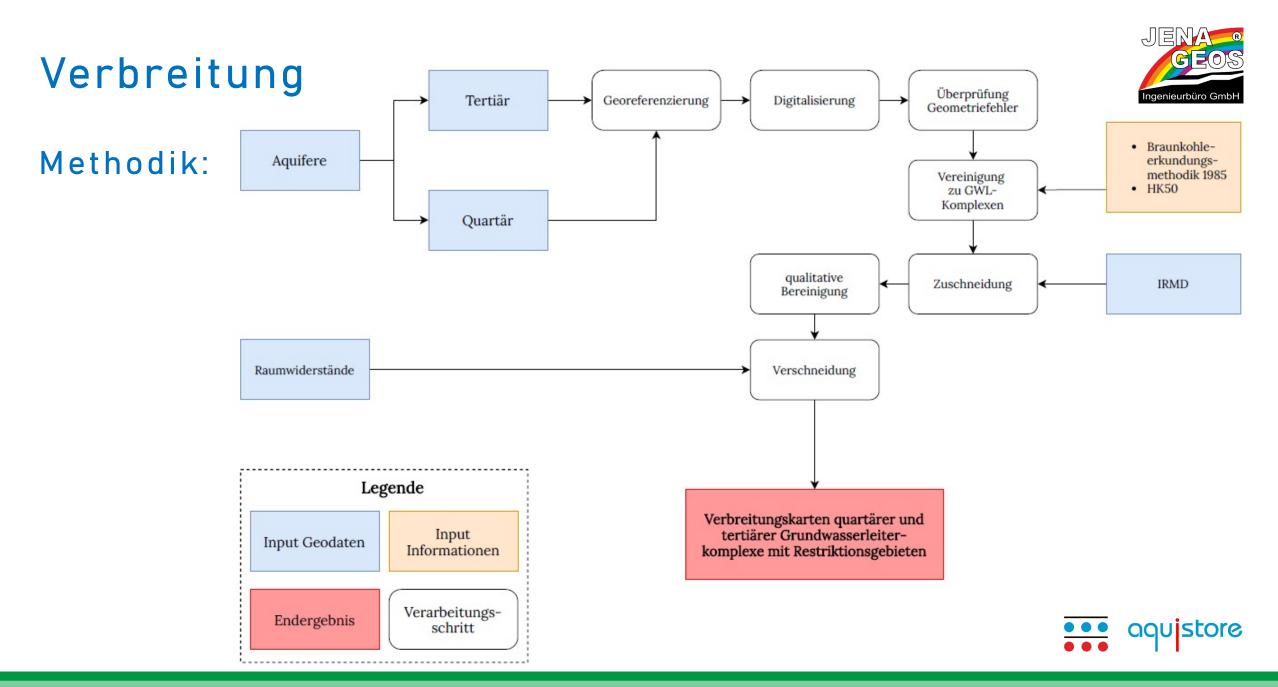
- grundlastfähige, regenerative Energiequelle
 - Erzeugung & Speicherung von Strom, Wärme & Kälte
- skalierbare Technologie
- immer häufiger wirtschaftlich
 - Trend zu (kalten) Nahwärmenetzen
 - technische Weiterentwicklung von Wärmepumpen
- geringerer Entwicklungsstand als andere erneuerbare Energietechnologien
 - → Effizienzsteigerungen zu erwarten

- bisher wenig verbreitet in Deutschland
 - keine / geringe Nachfrage nach nachhaltigen Wärmetechnologien
 - unwirtschaftlich gegenüber dem Gaspreis
 - geologische Potentiale ungenügend herausgearbeitet





METROPOLREGION

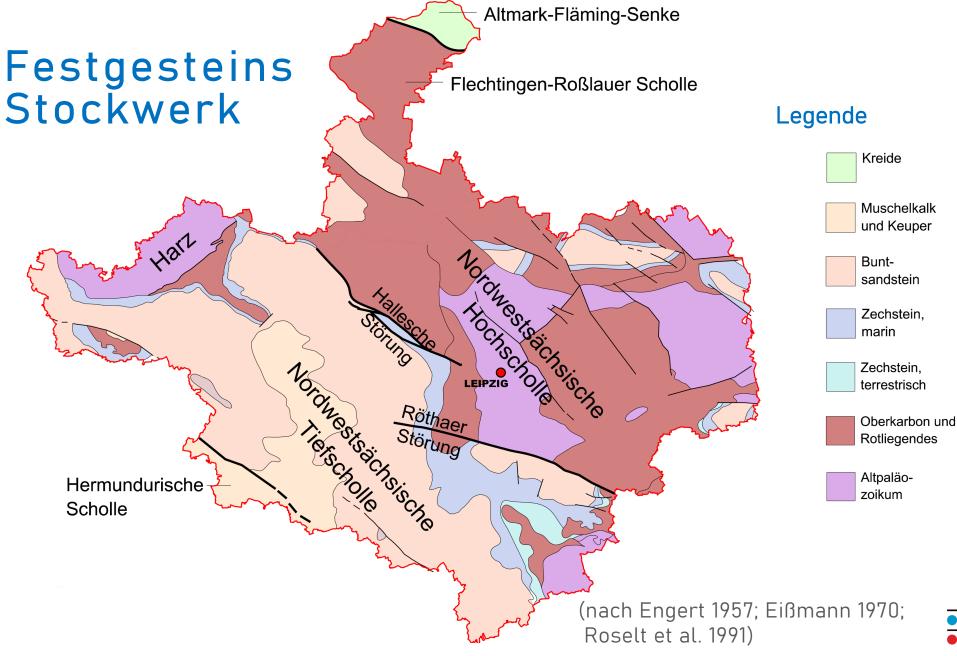


Verbreitung: geologisches Leitprofil

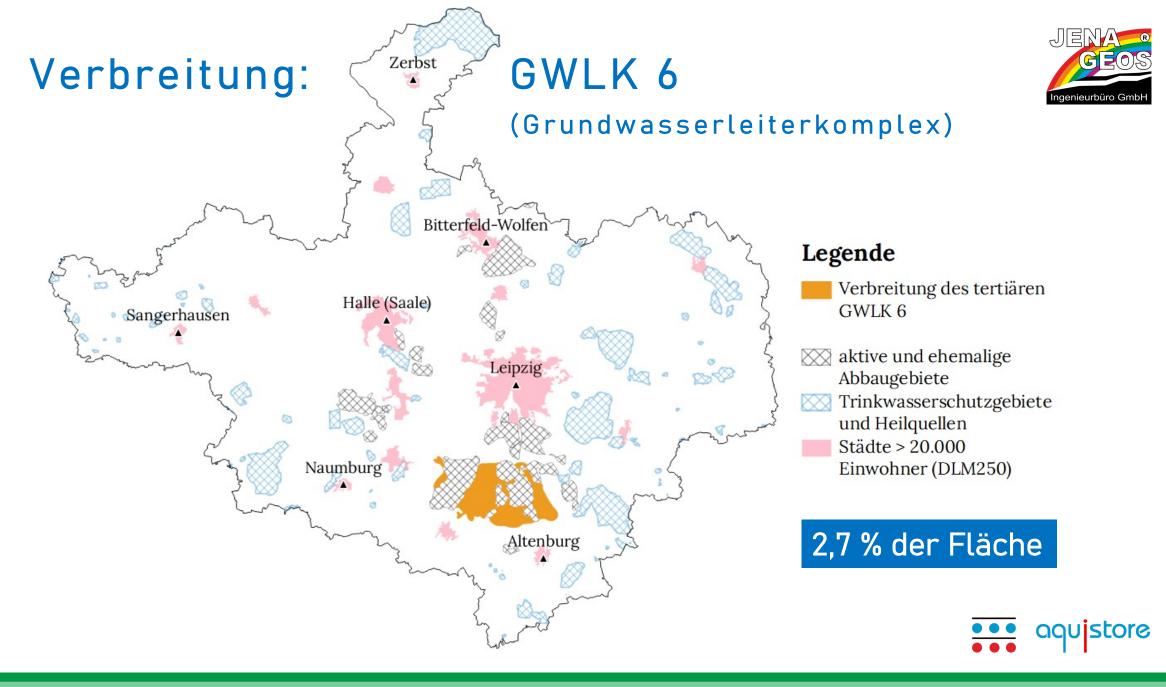


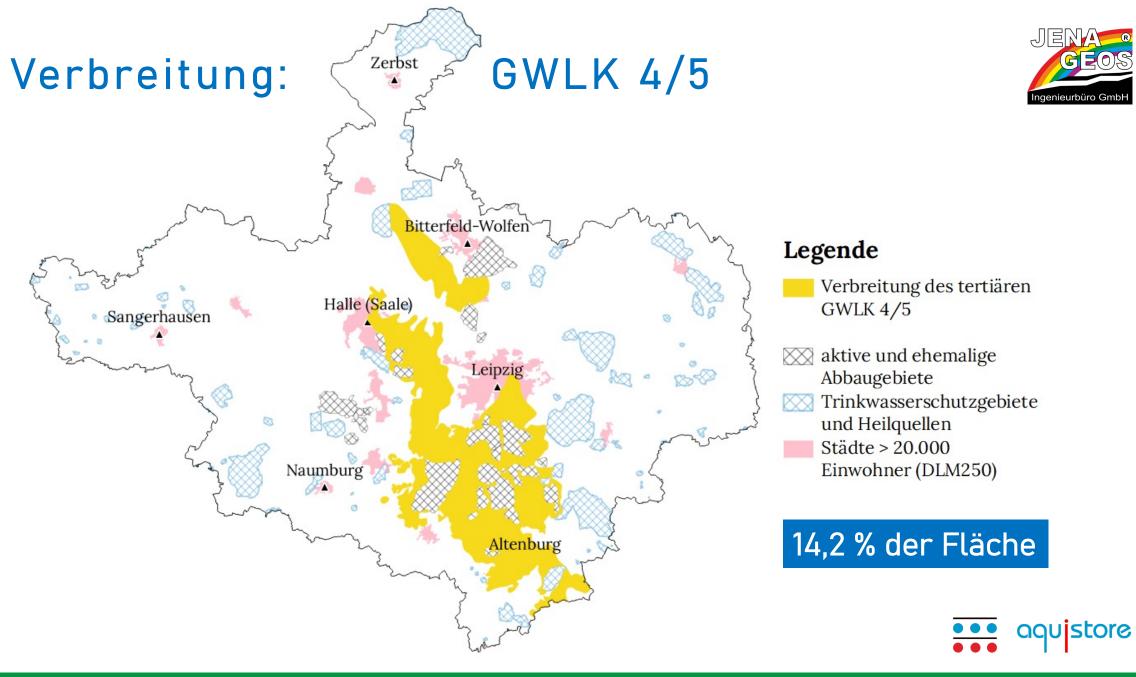
GWLK Anthropozän Holozän Quartar Jungpleistozän Niederterasse A/1.1 Glazigen Tone und Grundmoräne Mittelpleistozän Saale - Hauptterasse B/1.5 Glazigen Tone und Grundmoräne Frühpleistozän Terassenschotter (Frühelster) C/1.8 Untermiozän Flöz Bitterfelder-Flözkomplex Flöz 23o Flöz Haselbacher Ton Ton Grundwasserleiter 4.1, 4.2, 4.3 Obereozän Tertiär Flöz Flöz 23u 4/5 Luckenauer Ton Ton Grundwasserleiter 5.1, 5.2 Flöz 1 Flöz Mitteleozän Liegendton Ton Grundwasserleiter 6.1, 6.2, 6.3 6 Prätertiärer Untergrund (Festgestein mit Zersatzdecke)



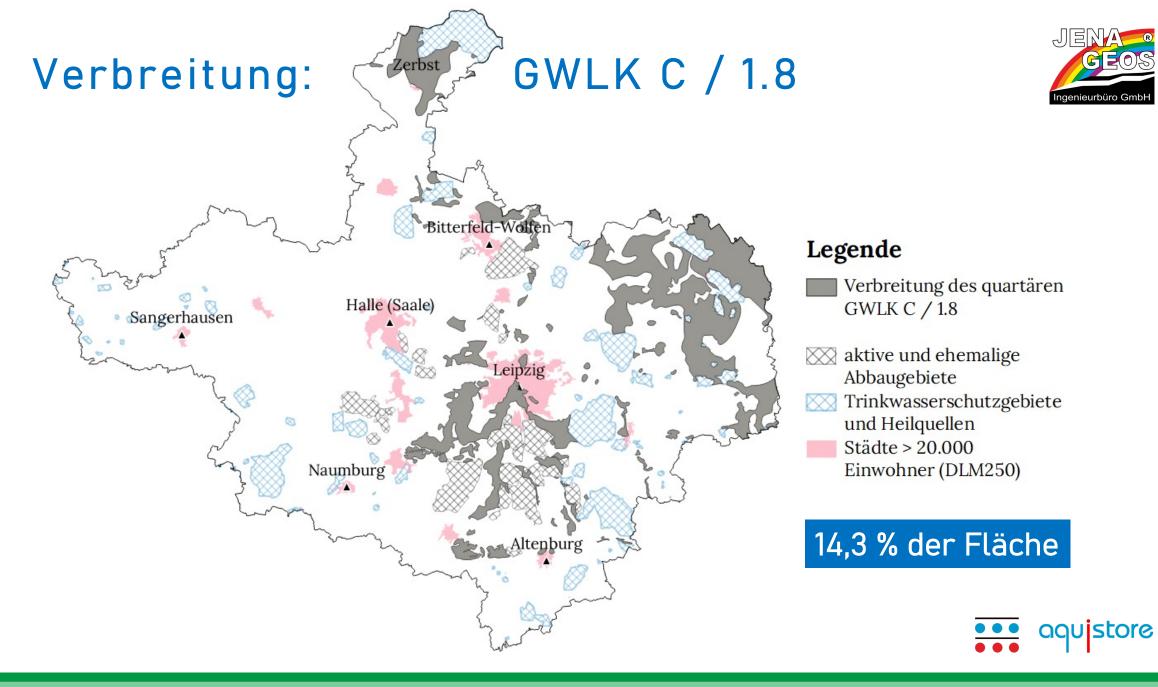


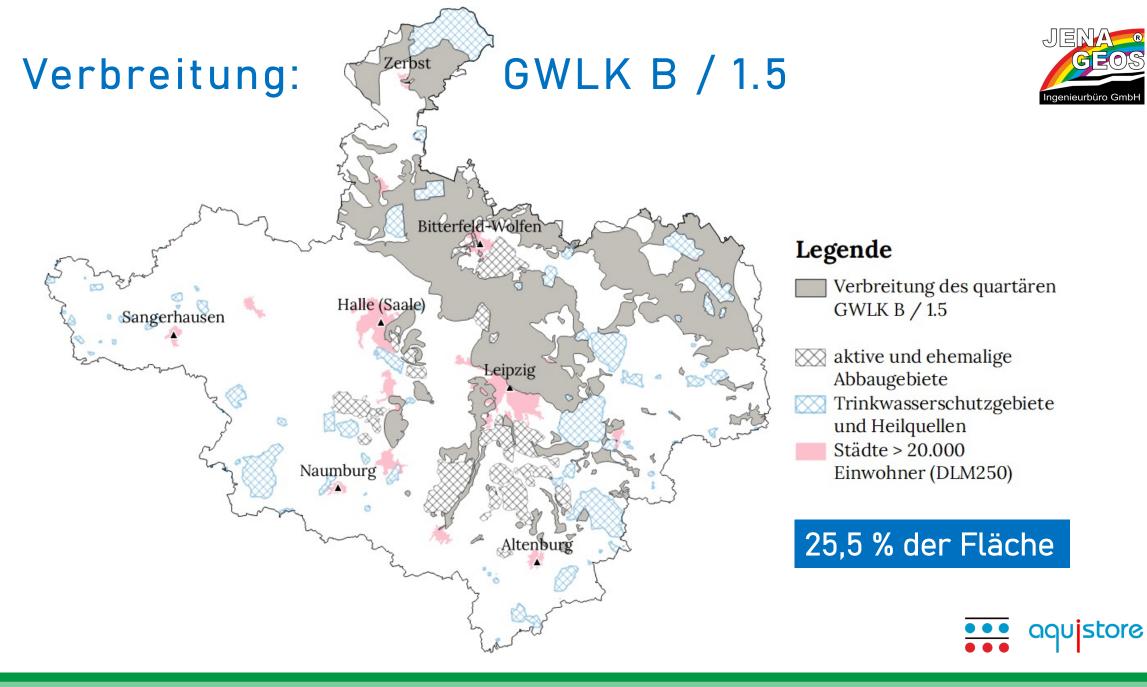


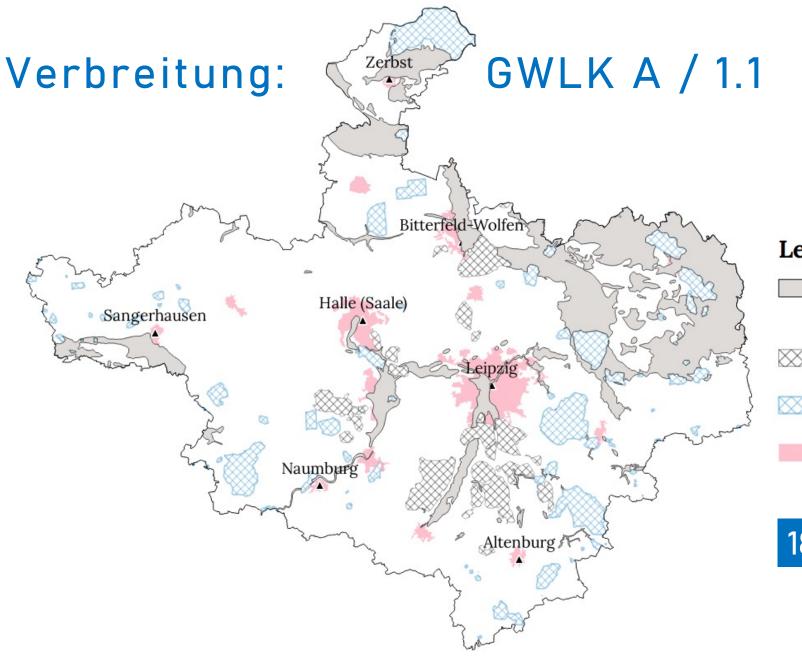












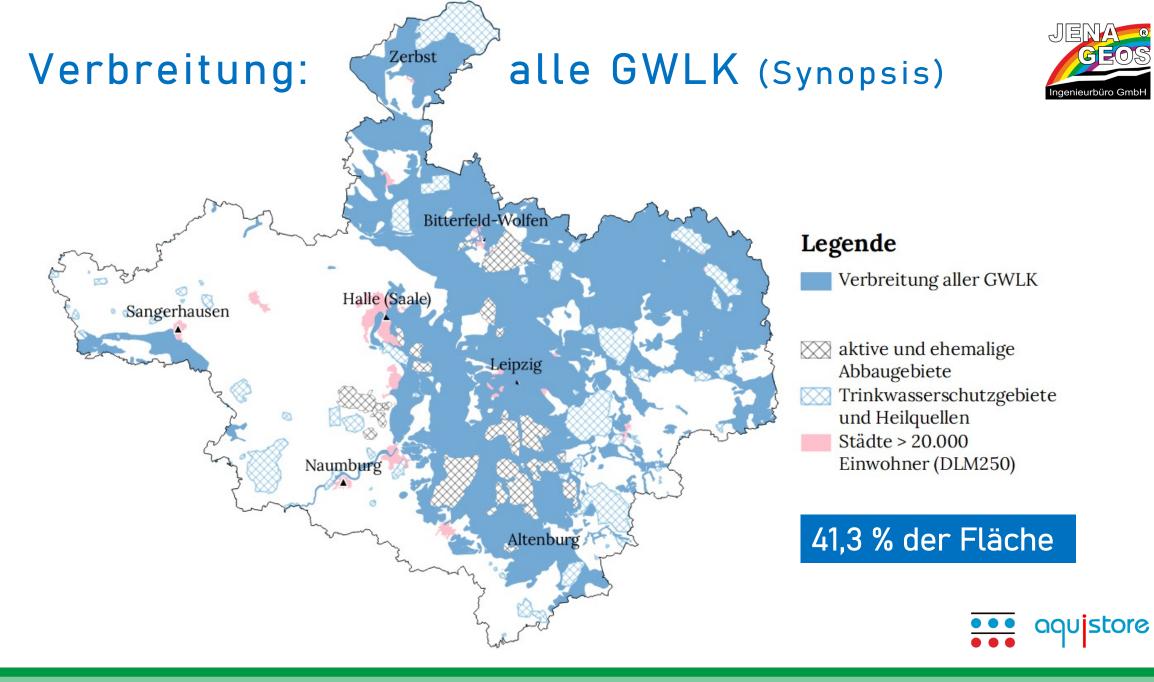


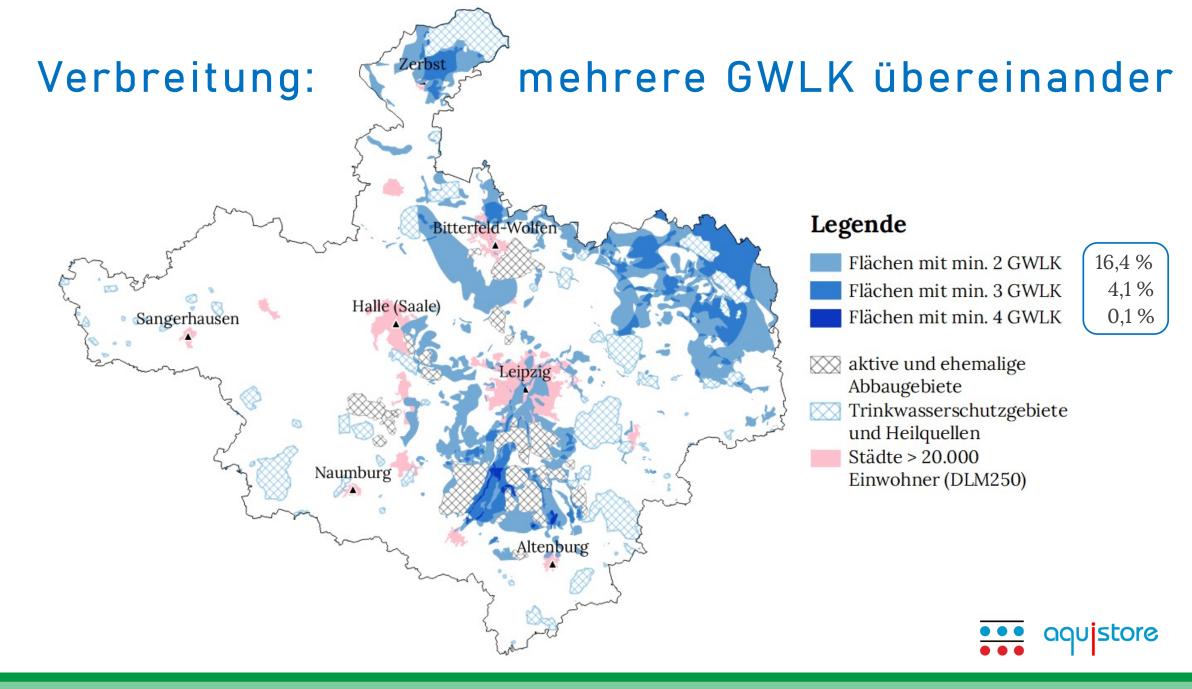
Legende

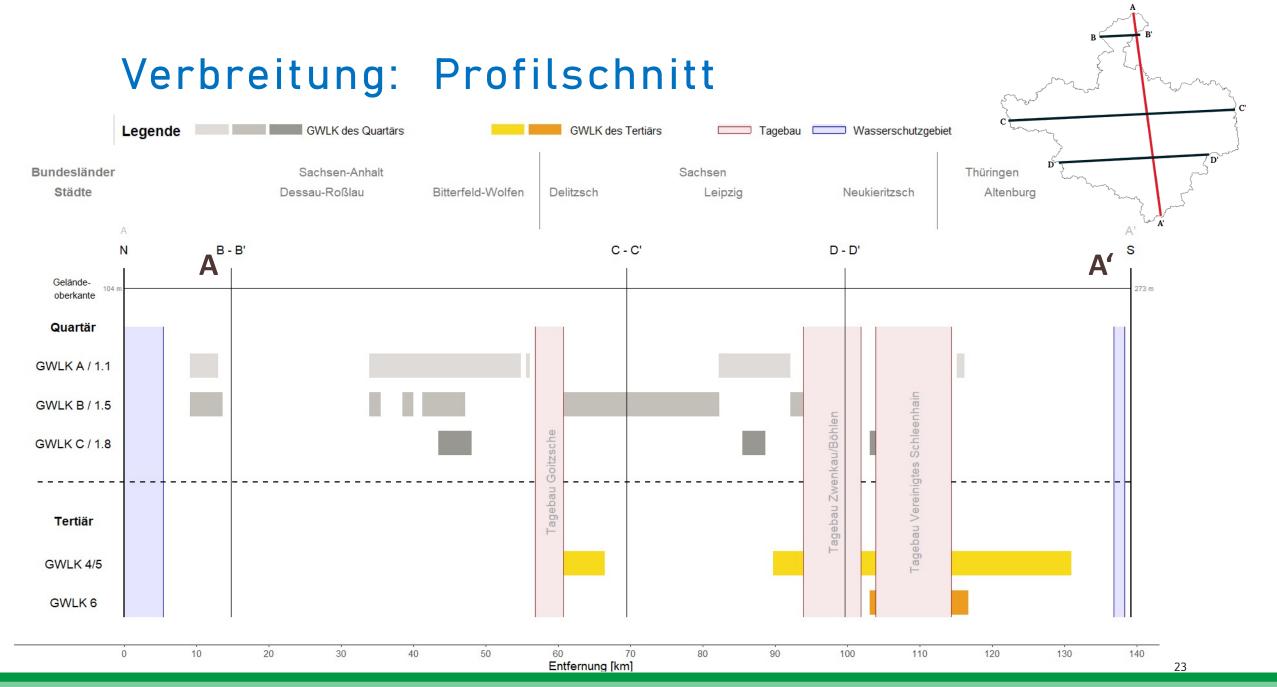
- Werbreitung des quartären
 GWLK A / 1.1
- aktive und ehemalige Abbaugebiete
- Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellen
- Städte > 20.000 Einwohner (DLM250)

18,1 % der Fläche









Verbreitung: nutzbare Aquifere in Zahlen



Anteile:

Sachsen-Anhalt

Landkreis	Fläche %
Anhalt- Bitterfeld	66,2
Burgenland- kreis	18,3
Halle (Saale)	32,7
Mansfeld- Südharz	7,0
Saalekreis	19,6
Σ	28,76

Sachsen

Landkreis	Fläche %
Leipzig (Stadt)	88,6
Leipzig	36,6
Nordsachsen	75,6
Σ	66,93

Thüringen

Landkreis	Fläche %
Altenburger Land	45,2
Σ	45,2

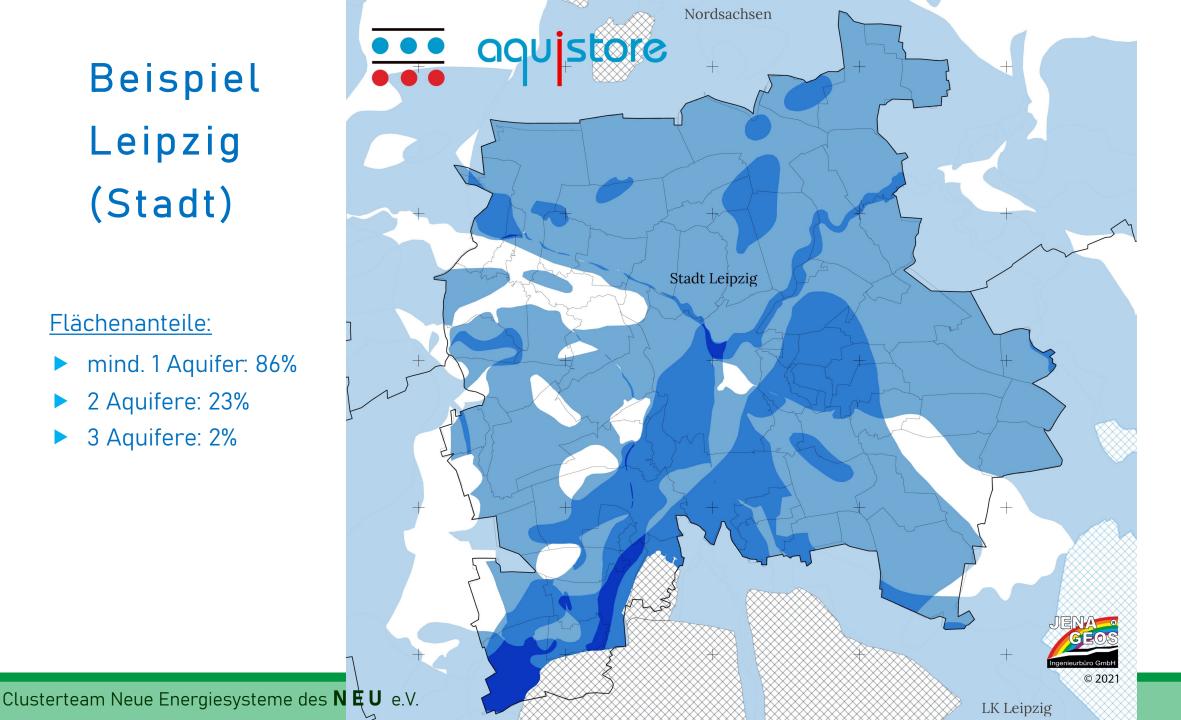
Beispiel Leipzig (Stadt)

Flächenanteile:

mind. 1 Aquifer: 86%

2 Aquifere: 23%

3 Aquifere: 2%



Fazit:



- großes Potenzial für die Nutzung der Grundwasserleiter als thermischer Speicher
- vor allem im östlichen Teil der Metropolregion

Defizite:

- Basis und Mächtigkeit (> 5 m) der GWLK sowie ihre lokalen Durchlässigkeiten
- hydraulischen Korrespondenzen der GWLK
- weiteren Nutzungseinschränkungen wie z.B. Altlasten
- Ungenauigkeiten primärer Datenquellen

Auswege:

Top Down

weitere Detaillierung des Atlas

Bottom Up

 Lupen'-Betrachtungen, Machbarkeitsstudien für konkrete Projekte

Umweltverträglichkeit







werden durch eine Temperaturerhöhung Biozönosen im Aquifer negativ beeinflusst?

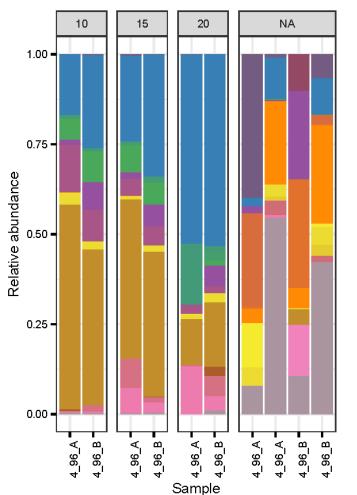
kann es zu Methanbildungen bei Flözen kommen?

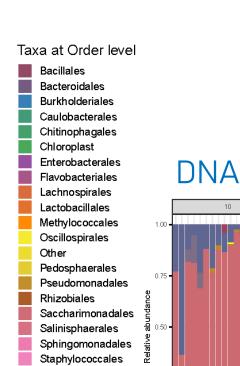


Umweltverträglichkeit: Biozönosen



Inkubation bei 10, 15, 20 °C

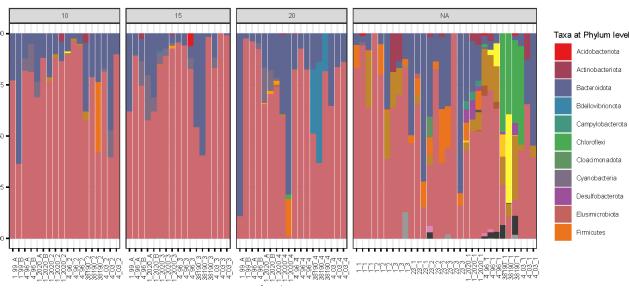




Verrucomicrobiales



Frau Prof. Erika Kothe, Inst. f. Mikrobiologie, FSU JENA



Acidobacteriota

Actinobacteriota

Bdellovibrionota

Cloacimonadota

Cyanobacteria

Desulfobacterota

Elusimicrobiota

Campylobacterota

Bacteroidota

Myxococcota

Nitrospinota

Nitrospirota

Patescibacteria

Planctomycetota

Proteobacteria

Synergistota

Unknown

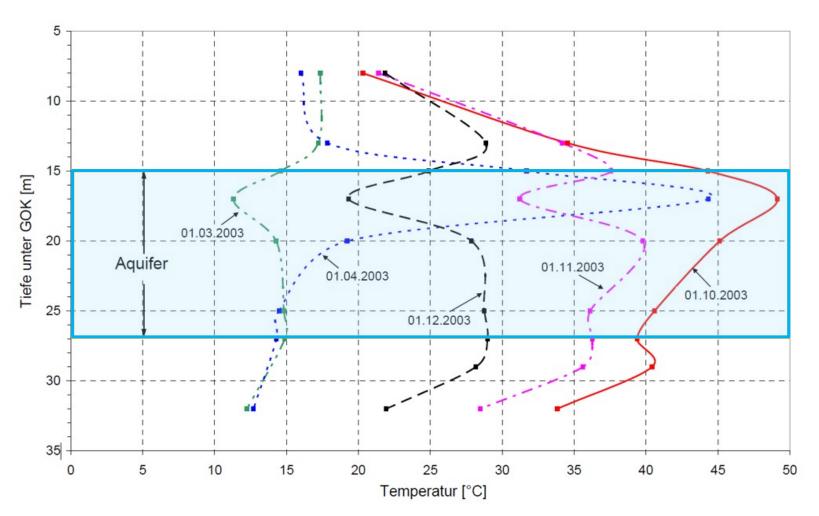
Umweltverträglichkeit: Biozönosen



- Die mikrobiologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Aquifere durch Temperaturerhöhung in ihrer Mikrobiom-Zusammensetzung zwar verändern, hier aber keine relevanten Verschiebungen der Funktionen der mikrobiellen Stoffumsätze und damit ihrer Ökosystemfunktion zu erwarten sind.
- ▶ Die Unterschiede der Mikrobiome deuten auf weniger hohe Stabilität des Grund-wassermikrobioms hin, als das bisher gemeinhin angenommen wurde. Dies könnte mit der veränderten Grundwasserfließgeschwindigkeit in Trockenjahren und der damit einhergehenden veränderten Salinität zusammenhängen. Dies könnte im zukünftigen Klimawandel durchaus an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig zeigt es aber, dass auch unter veränderten Bedingungen die Temperaturerhöhung eher zu einer Verringerung der Mikrobenzahl führt und damit keine schädliche Wirkung durch eine Nutzung als Wärme/Kältespeicher zu erwarten ist.

Auswirkung auf Oberfläche?





Gemessene Temperaturverteilung im Bodenprofil eines Rostocker Aquifer-Speichersystems (Beund Entladungszyklus).

(Schmidt, T., Müller-Steinhagen, H., 2004)

Auswirkung auf Oberfläche?



- ▶ größtenteils nur geringe Temperaturveränderungen von < 5 °C ^[6]
- Temperaturoptimum der meisten Bodenorganismen liegt zwischen 10 und 35 °C [3]
 → dieses wird kaum / vernachlässigbar nicht gestört
 (siehe auch Bodenfunktionen nach BundesBodenschutz-Gesetz)
- Einfluss oberflächennaher Systeme auf Ökosysteme gering, aber möglich
- Einfluss auf Oberfläche sinkt mit zunehmender Tiefe des Aquifer-Speichers [4], [5]

Einfluss kann durch Isolierung, tiefere Lage der Wärmeeinspeicherung und Überwachung der Temperaturdifferenz minimiert werden

^[3] Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (2002)

^[4] Adinolfi M., Koch M. & Ruck W. (1994). S. 89-106

^[5] Kolb, D., Heise, K.-D. (1979). S. 283-308

^[6] Zuurbier, K.G., Hartog, N., Valstar, J., Post, V.E.A. & Breukelen, B.M.v. (2013). 147, 1-13

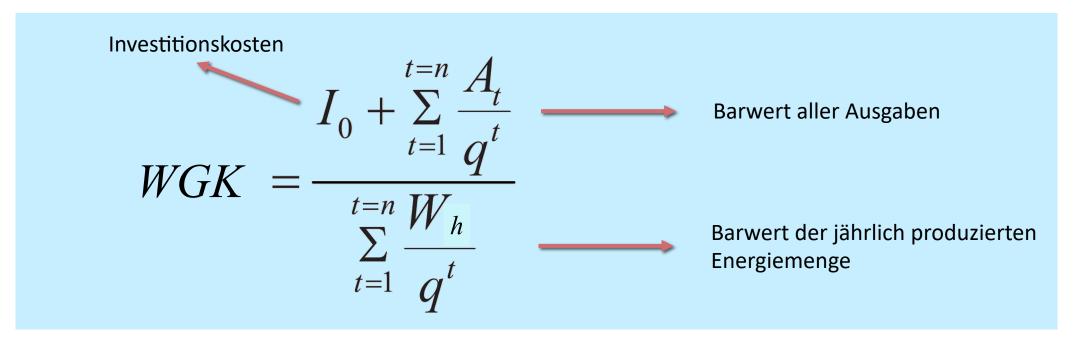
Wirtschaftlichkeit: Gestehungskosten





Wärmegestehungskosten = Kosten pro Produkteinheit → €/kWh

Ermittlung mit der Kapitalwertmethode: finanzmathematischer Mittelwert über die Lebensdauer der Anlage (n. Konstantin, 2017, Praxisbuch Energiewirtschaft)



n - Lebensdauer der Anlage

t – jeweilige Betriebsjahr

q - Diskontierungsfaktor

At - Betriebsausgaben im jeweiligen Jahr

W_h - produzierte Wärmemenge im jeweiligen Jahr

Wirtschaftlichkeit: Gestehungskosten 🤐 aquistore





Benötigte Eingangsgrößen, relevante Parameter

Angaben zu Heiz-/Kühlenergie:

Bedarf oder Überschuss



Temperaturspreizung,

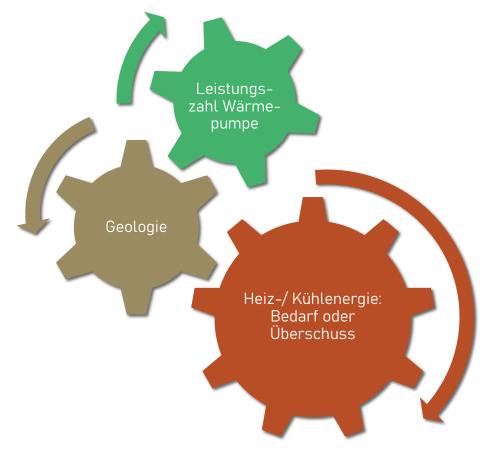
Leistungszahl der Wärmepumpe(n)



Geologie (Mächtigkeit, kf-Wert, Porenanteil, Wärmekapazität Aquifer)

Anzahl Brunnen

Investitionskosten, laufende Kosten

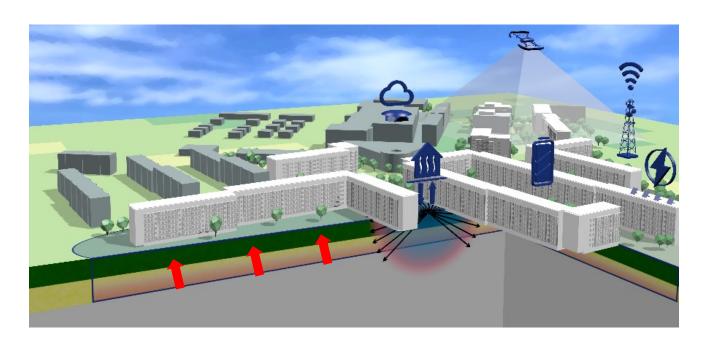


Wirtschaftlichkeit

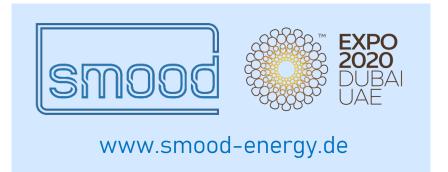


- große Anzahl der ATES-Anlagen in den Vorreiter-Nationen weist darauf hin, dass der Betrieb dieser Anlagen wirtschaftlich geführt werden kann
- die spezifischen Kapitalkosten einer Kilowattstunde Wärme sinken mit zunehmender Anlagengröße
- besonders effizient ist Einsatz von Aquiferspeichern für Gebäude mit hohem, konstantem Energiebedarf über das ganze Jahr, wie Bürogebäude, Flughäfen, Universitäten, Einkaufzentren und v. a. Krankenhäuser: Einsparung bis zu 1.500 Tonnen CO₂ pro Jahr durch den Bau eines ATES
- konkrete Wirtschaftlichkeiten an konkreten Projekten ermittelbar (spezielle Tools für Aquiferspeicher in Entwicklung)
- Prognose Wärmegestehungskosten: (demnächst veröffentlicht)
- kleinere ATES (2.000 MWh/a): 0,11 €/kWh
- größere ATES (5.000 MWh/a): 0,07 €/kWh

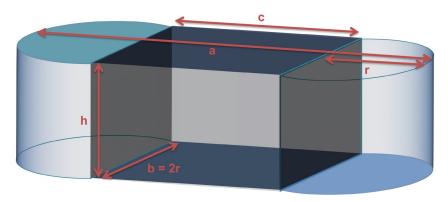
Besonderheit: der smood® - GeoHeatStorage



- GeoHeatStorage ist ein durch unterirdische Dichtwände hydraulisch vom Grundwasserleiter abgeschlossenes Untergrundbauwerk
- erlaubt Speicherung skalierbarer Energiemengen (höhere Temperaturen) auf begrenztem Raum unter Bestandsquartieren mit Wärmegestehungskosten
 < 10 ct/kWh



Schema zur Speicherauslegung



Speicheroberfläche:

$$O_S = O_R + O_K = ab - b^2 + \pi \frac{b^2}{4}$$

Speicherumfang: $U_S = 2c + U_K = 2(a - b) + b\pi$

Speichervolumen: $V_S = V_R + V_K = h(ab - b^2 + \pi \frac{b^2}{4})$

Genehmigungsfähigkeit

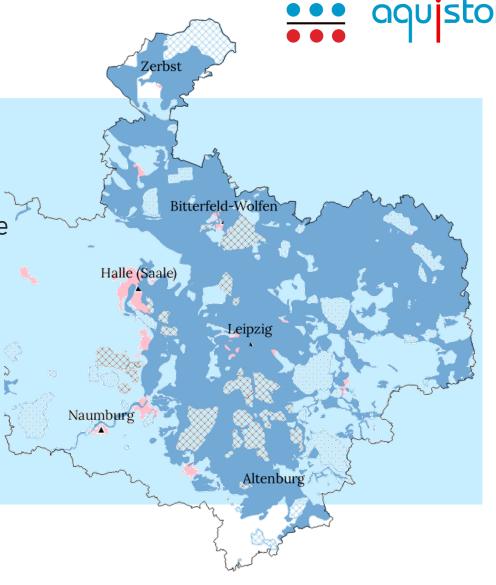


- rechtl. Rahmenbedingungen der EU und D. beziehen sich auf geothermische Energie und Anlagen im Allgemeinen ohne Unterscheidung verschiedener geothermischer Nutzungsformen
- es existieren noch keine speziell auf Aquiferspeicher zugeschnittenen Rechtsvorschriften, in Deutschland ist bislang die Einteilung geothermischer Systeme nach der Tiefe üblich
- rechtlich fallen in Deutschland alle geothermischen Anlagen mit Tiefen von bis zu 100 m
 somit die weitaus meisten Aquiferspeicher unter das Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- technische Aspekte sind in der VDI Richtlinie 4640 zusammengestellt
- bei Anlagen mit einer Größe von über 30 kW Kapazität sind in Deutschland im Voraus Berechnungen und/oder numerische Simulationen erforderlich.
- in bestimmten Fällen können UVP gefordert werden
- Für die Zukunft bedarf es einheitlicher gesetzlicher Regelungen, um Rechtssicherheit für Anlagenbetreiber und andere Interessengruppen zu gewährleisten.

Fazit I

wesentliches Ergebnis dieser Studie: enorm großes, auch im deutschlandweiten Vergleich bedeutendes Potenzial an verfügbaren, für die Einspeicherung von Wärme oder Kälte geeigneten Aquiferen

weite Verbreitung und teilweise Überdeckung mit mehreren Grundwasserleiterkomplexen eröffnen die Möglichkeiten weitflächiger Anwendung in einem Großteil der Innovationsregion wie auch lokal in mehreren übereinanderliegenden Stockwerken



Fazit II



- Ergebnisse der Studie führen zur Schlussfolgerung, dass die Einspeicherung von Wärme oder Kälte einen wichtigen Beitrag zum Versorgungsmix einer dekarbonisierten Wärmeversorgung in der Innovationsregion leisten muss
- angesichts
 - der enormen Potenziale erschließbarer Grundwasserleiter,
 - eines zunehmenden Bedarfes alternativer Wärme- und Kälteversorgungen,
 - der technischen und ökologischen Realisierbarkeit, und
 - einer grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit

empfehlen die Autoren eine beschleunigte Überführung in die Praxis

Empfehlungen



IV

Umsetzungsprojekte angehen!

- Gespräche mit Interessenten vertiefen
- Förderungen für Machbarkeitsstudien zugänglich machen
- Weitere Interessenten detektieren, anbahnen
- Vorplanungen mit frühzeitiger behördlicher Einbeziehung
- Umsetzungsprojekte monitoren (Technik / Fahrweise, Wirtschaftlichkeit ...)

positiv kommunizieren!

- natürliches regionales
 Potenzial nicht durch
 Bedenken in Misskredit
 bringen lassen
- Kommunikationsstrategie erarbeiten
- gezielteÖffentlichkeitsarbeit
- TGA-Planer, Anlagenbauer und Handwerk informieren / schulen (über Kammern, Ausschüsse, IHK's...)

Atlas fortführen

- Bereitstellung des Atlas als interaktive Karte über ein Web-GIS
- weitere Detaillierung:
 - Basis- und Mächtigkeitskarten
 - hydraulische Korrespondenzen kartieren
 - kf-Wert-Verbreitung
- ggf. Aquifer-Eignung skalieren und im Atlas darstellen

FuE gezielt einsetzen

- Detektion von Forschungsfragen
 - Geothermie
 - Mikrobiologie
 - Geochemie
 - Ingenieurtechnik
- ▶ FuE-Akquise
 - calls BMBF. BMWI
 - MRMD / Str.-wandel
 - region.innovativ
 - RIS der Bundesländer
- ggf. ATES-Projekt UfZ
- Einbindung in ZIM-Netzwerk URMIT





überschlägige Ermittlung des Gesamtwärme- / Kältebedarfs Ermittlung der Anwarmemenge und ~temperatur
Ermittlung der Temperaturniveaus der Verbraucher und der Anlagentechnik Ermittlung der Temperaturniveaus der verbraucher und der Anlagentecnnik

Ermittlung der Temperaturniveaus der verbraucher und Raumwiderständen anhand

Verfügbarkeit / Potenziale von Aquiferspeichern und Raumwiderständen anhand

- CHECKLISTE

- erste Prüfung weiterer lokaler Ausschlusskriterien / Raumwiderstände erste Prüfung weiterer lokaler Ausschlusskriterien / Raumwiderstände (Raumpianung, Airiasten...)

 Möglichkeiten der Förderung einer Machbarkeitsstudie, ggf. deren Beantragung

 Möglichkeiten der Förderung einer Machbarkeitsstudie, ggf. deren Beantragung
- Machbarkeitsstudie mit 7.
- Jahresgang und räumlicher Verteilung von Heizlast / Nutzenergiebedarf Janresgang und raumicher vertenung von rierziast / Nutzenergebedan).

 Janresgang und raumicher vertenung von rierziast / Nutzenergebedan). lokale geologische und hydrogeologische Situation am Standort ("I Nachweis der Machbarkeit mit Probebohrung/Messstelle(n) mit technisches Konzept mit saisonalen Speicherbetrieb und TGA-Anbindung
 technisches Konzept mit saisonalen Modellierungen
 - technisches Konzept mit saisonalen Speicherbetrieb und T (hydrogeologische & thermodynamische Modellierungen)
- Kosten / Wirtschaftlichkeit / Sensitivität

 - Beantragung der wasserrechtlichen Genehmigung und wasserrechtlichen Frlauhnis Erfüllung von Behördenauflagen, ggf. mit Durchführung einer Probebohrung Projektplanung gem. den Inhalten der Leistungsphasen 1-9 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAN)
 - 8.
 - Eingang der wasserrechtlichen Genehmigung / Erlaubnis

 - für Architekten und Ingenieure (HOAI)

Check-Liste Umsetzungsprojekte

Studie, Atlas, Checkliste unter

www.jena-geos.de/Fachbeitraege

Vielen Dank!

Förderung:











Dr. Kersten Roselt Geschäftsführer der JENA-GEOS® Vorstand der EnergieWerkStadt® e.G.



Studie, Atlas, Checkliste unter

www.jena-geos.de/Fachbeitraege

roselt@jena-geos.de

Vorstand des smood® e.V.