



Potentiale für die Erzeugung von erneuerbaren Energien und geologische Energiespeicherung in der TMO

Felix Kytzia & Dr. Johannes Miocic
Uni Freiburg

01.12.2020



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



Was sind Energiepotentiale?



Universität
de Strasbourg



badenova
Energie. Tag für Tag



TRÄNSNET BW



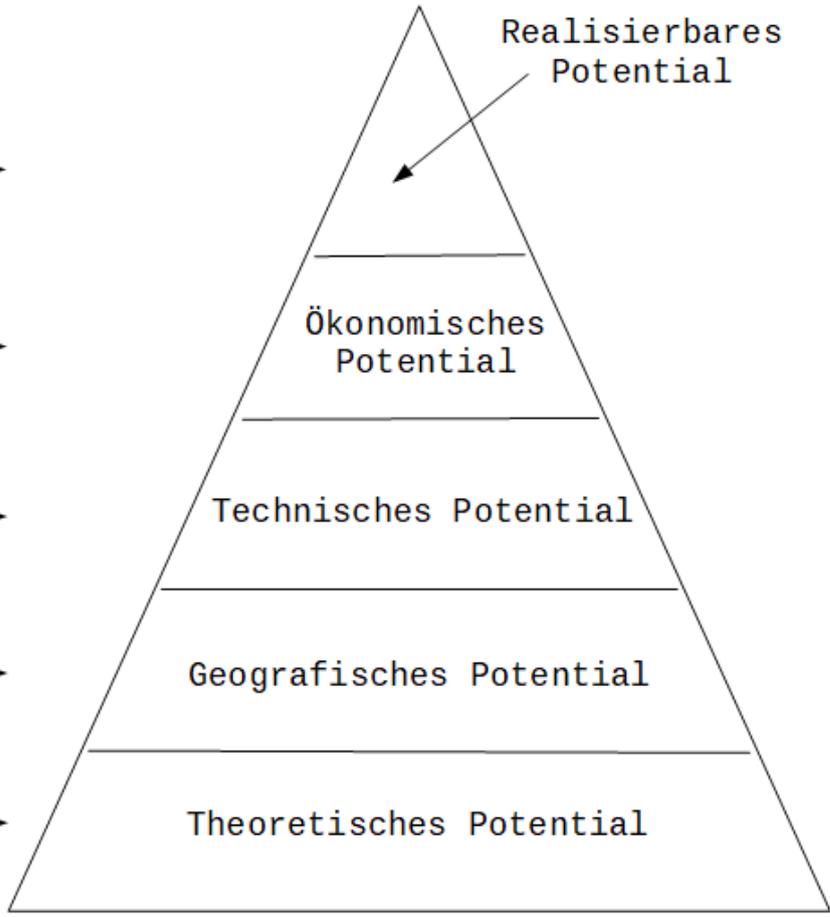
Soziale/
Organisatorische
Komponenten

Marktwirtschaftliche
Kriterien

Technische
Restriktionen

Landnutzungskriterien,
Rechtliche
Einschränkungen

Verfügbarkeit des
Energieträgers



Komplexität

Unsicherheit



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



Was sind Energiepotentiale?



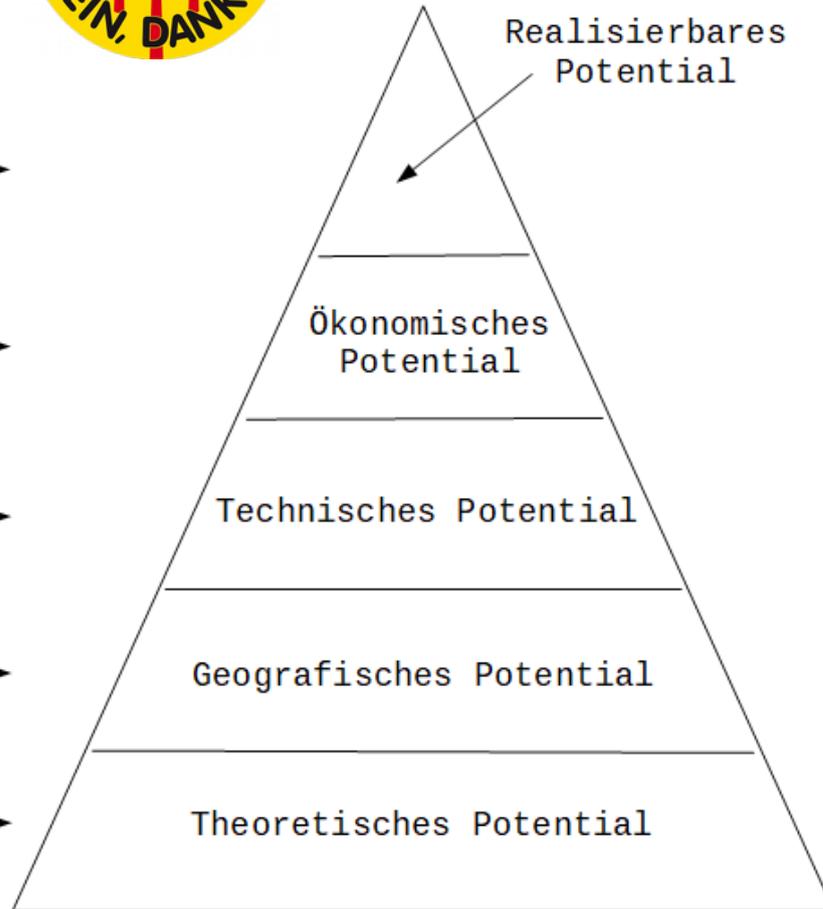
Soziale/
Organisatorische
Komponenten

Marktwirtschaftliche
Kriterien

Technische
Restriktionen

Landnutzungskriterien,
Rechtliche
Einschränkungen

Verfügbarkeit des
Energieträgers



Komplexität
Unsicherheit

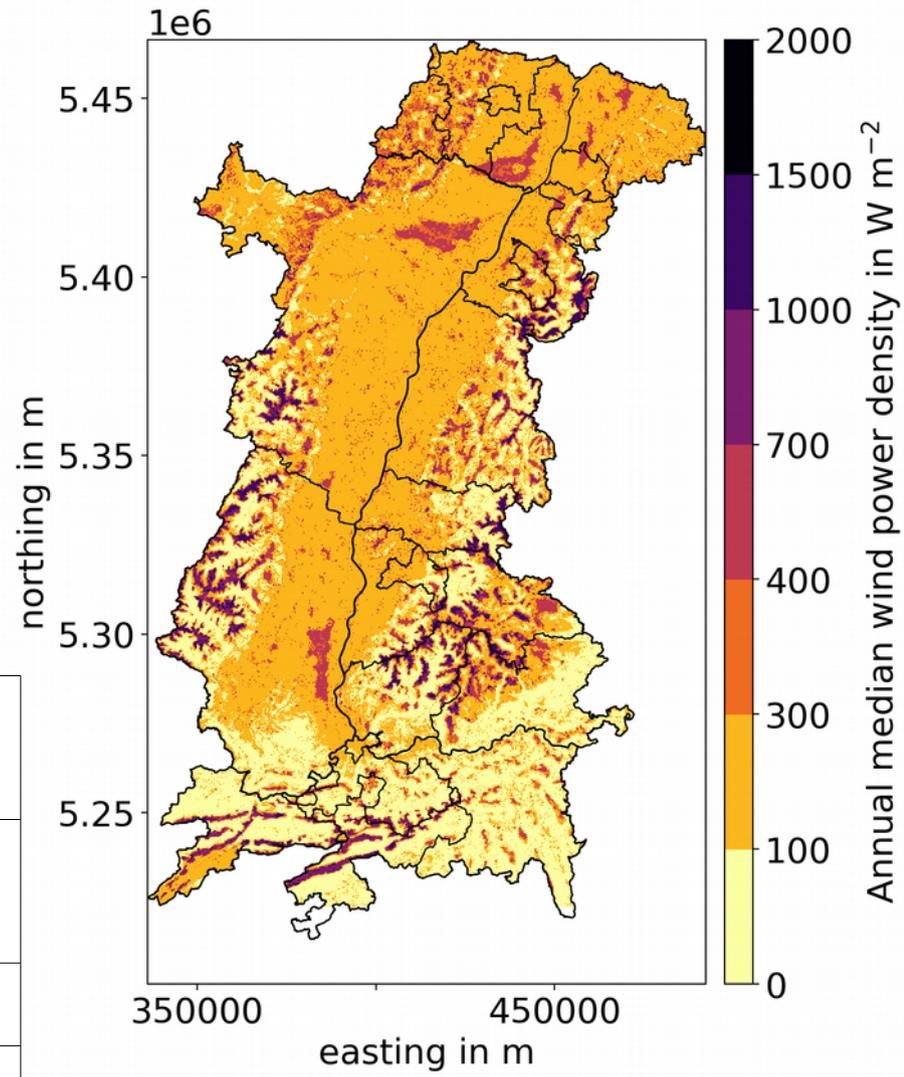


Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



Windenergie – Theoretisches Potential

- Räumlich hoch aufgelöstes statistisches Windmodell WSWS (Jung und Schindler, 2017)
- Höchstes Potential in den Hochlagen der Mittelgebirge



Jährliche höhengemittelte Windleistungsdichte (120, 140, 160m)

Windenergie-dichte in W/m ²	Eignung	Flächen-anteil in %
< 100	Nicht geeignet	87
~ 400	Geeignet	7
> 700	Gut geeignet	6

Einteilung nach Manwell et al., (2009)

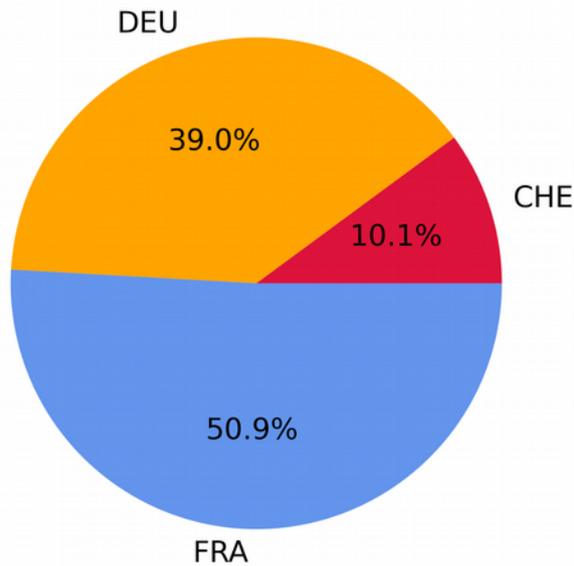


Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

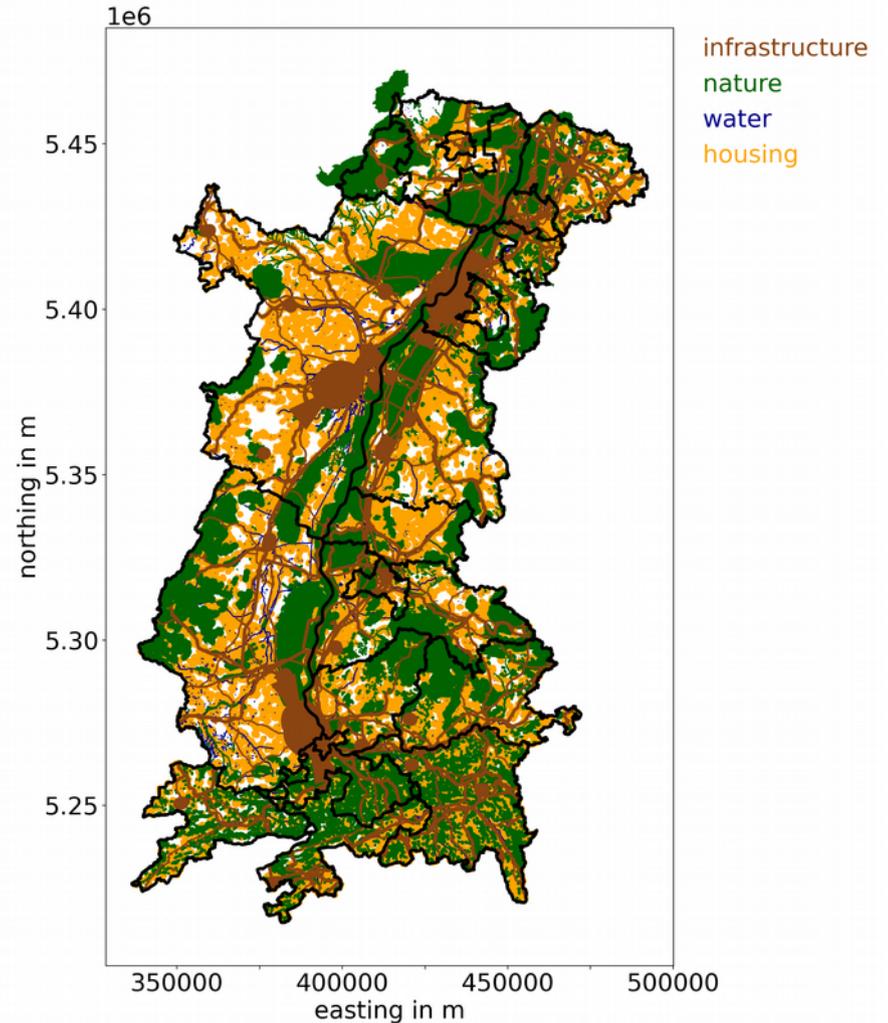


Windenergie – Fallbeispiel (1)

- Geografische Analyse:
~ 15% der Gesamtfläche verfügbar
- Berücksichtigung rechtlicher
Kriterien für Baden-Württemberg
(Jäger et al., 2016)



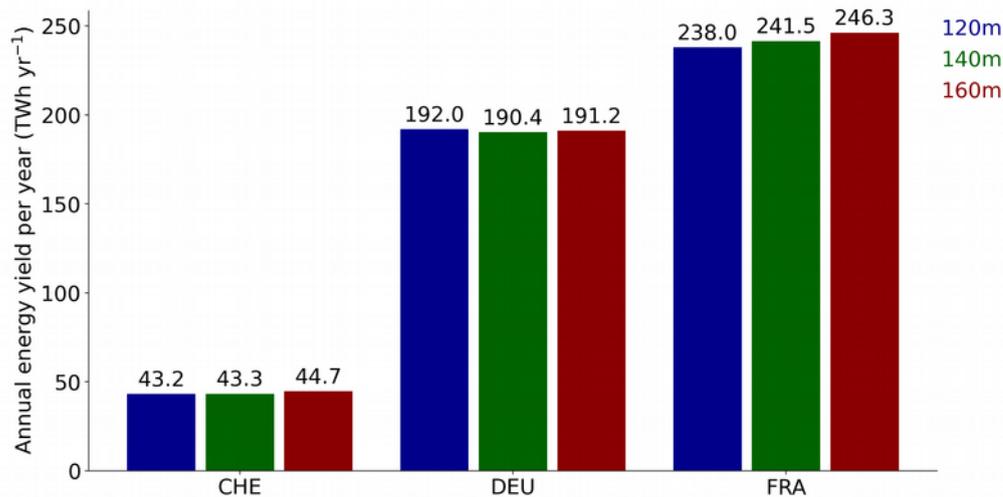
Verteilung der Fläche nach Ländern



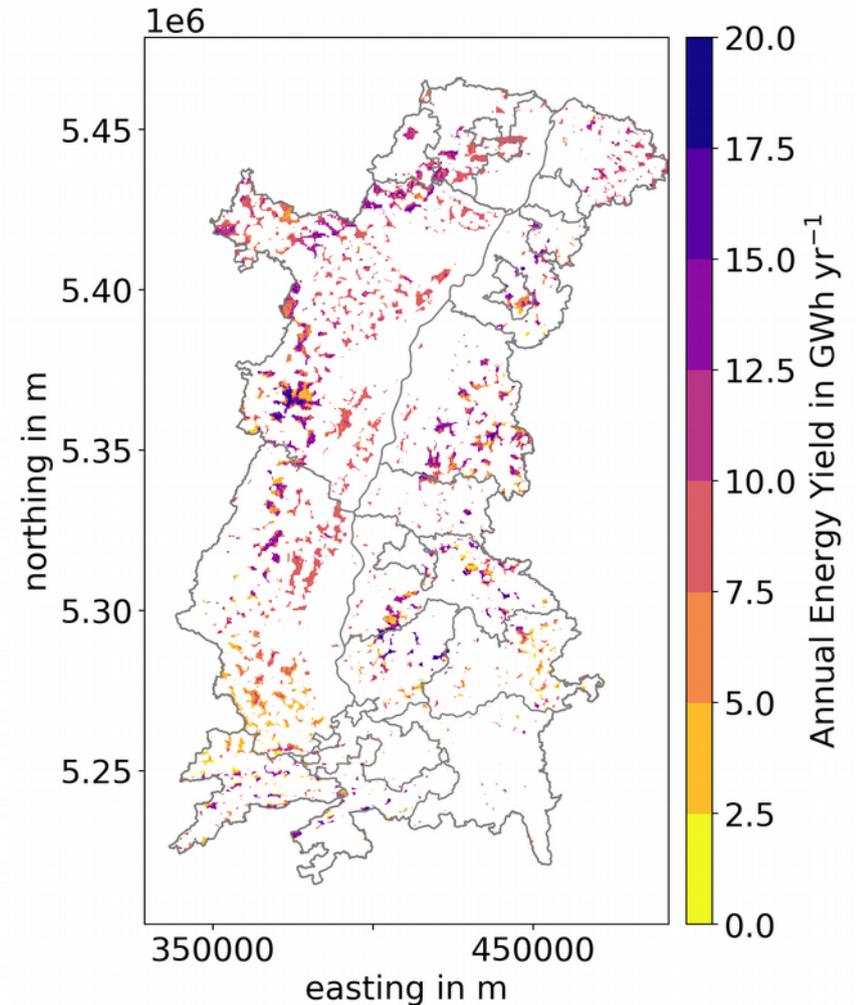
Einschränkungen für Windkraftanlagen nach Kategorien

Windenergie – Fallbeispiel (2)

- Geringe Höhenabhängigkeit des Windenergieertrags
- Konkreter Windenergieertrag stark abhängig von rechtlicher Einschränkung der Flächen
- Strombedarf TMO ~ 41 TWh (2018)



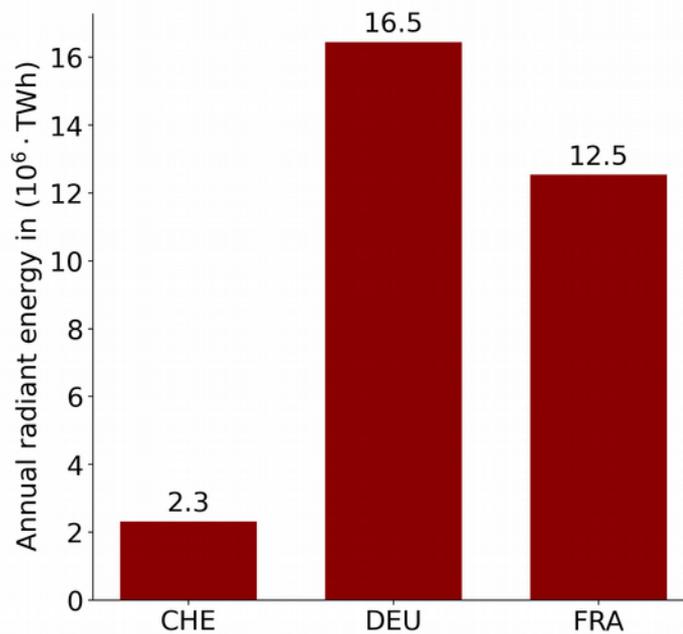
Jährlicher Energieertrag für Enercon E 115 in Abhängigkeit der Höhe und nach Ländern



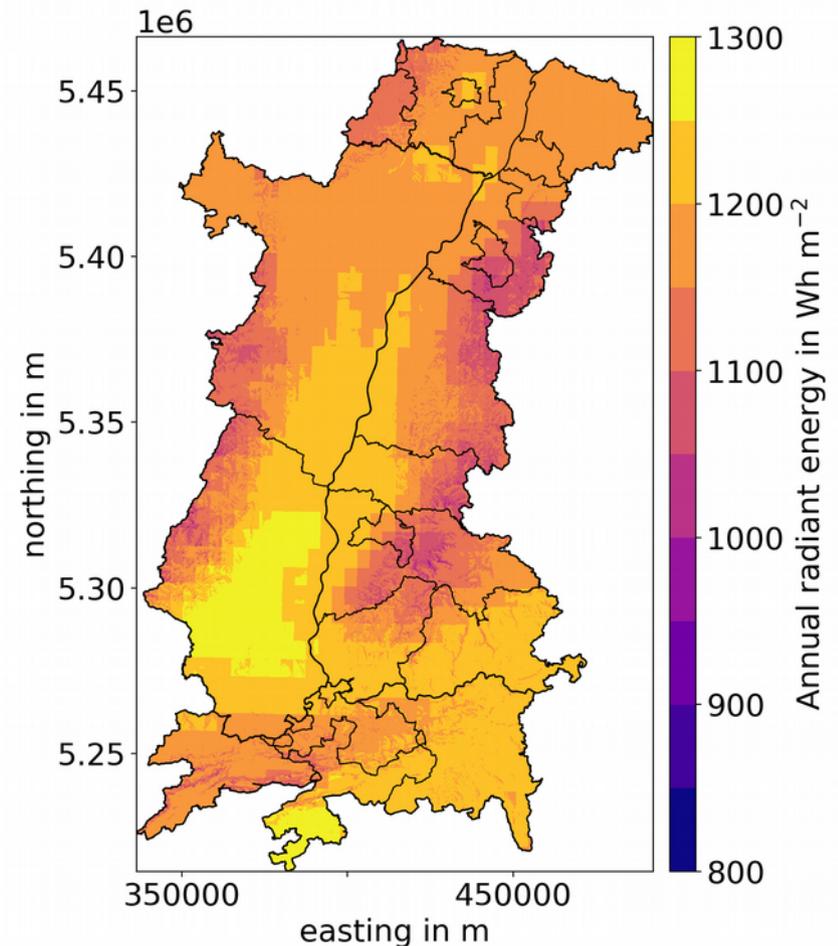
Jährlicher Energieertrag für Enercon E 115, Nabenhöhe 120m

Solarenergie – Theoretisches Potential

- Berechnung der solaren Einstrahlung durch GIS-Tool PVMAPS (Huld, 2017)
- Gesamtes theoretisches Potential: ~ 31 Millionen TWh



Jährliche Strahlungsenergie auf horizontale Fläche nach Ländern



Geografische Verteilung der jährlichen Strahlungsenergie auf horizontale Fläche

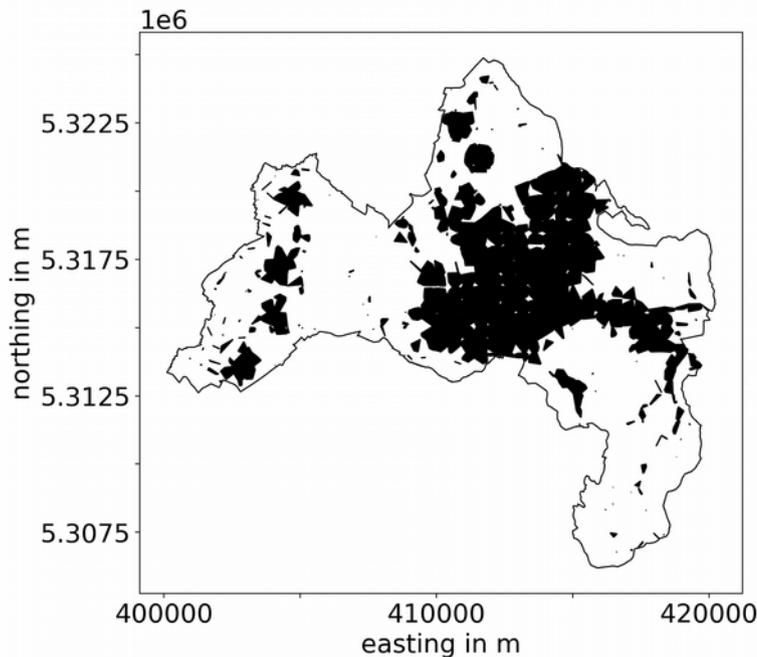


Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

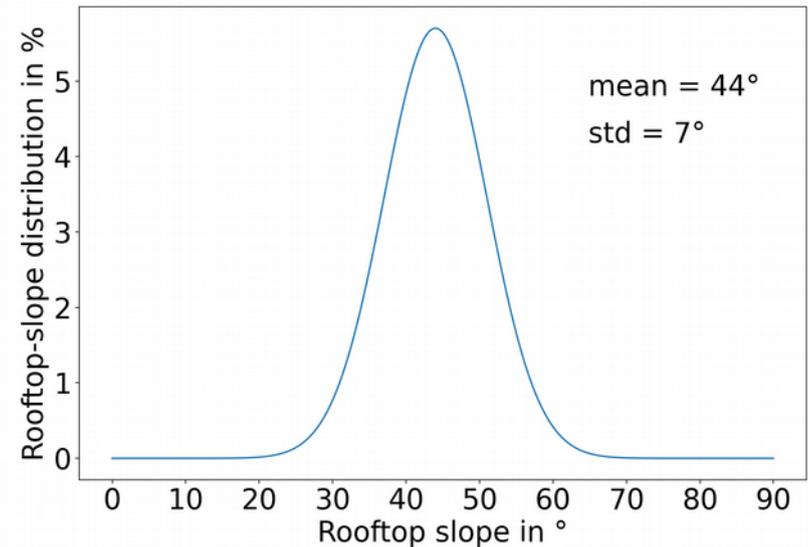


Solarenergie – Dachflächenpotential (1)

- Ermittlung der Dachfläche mit OSM
- Statistische Verteilung der Dachgeometrie
 - Gleichverteilte Dachausrichtung
 - Normalverteilte Dachneigung
- Berechnung der solaren Einstrahlung für Kombinationen von Ausrichtung und Neigung



Gebäudestruktur für Freiburg im Breisgau



Dachflächenverteilung

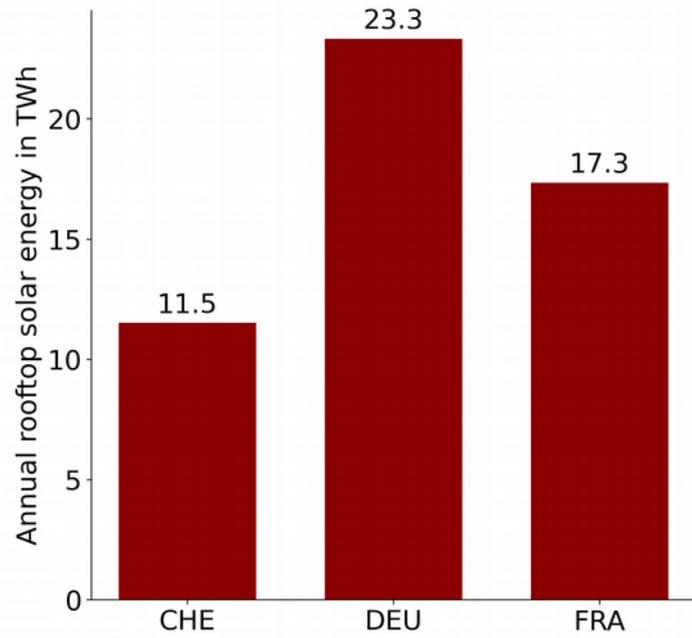


Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
 Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
 Dépasser les frontières : projet après projet
 Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

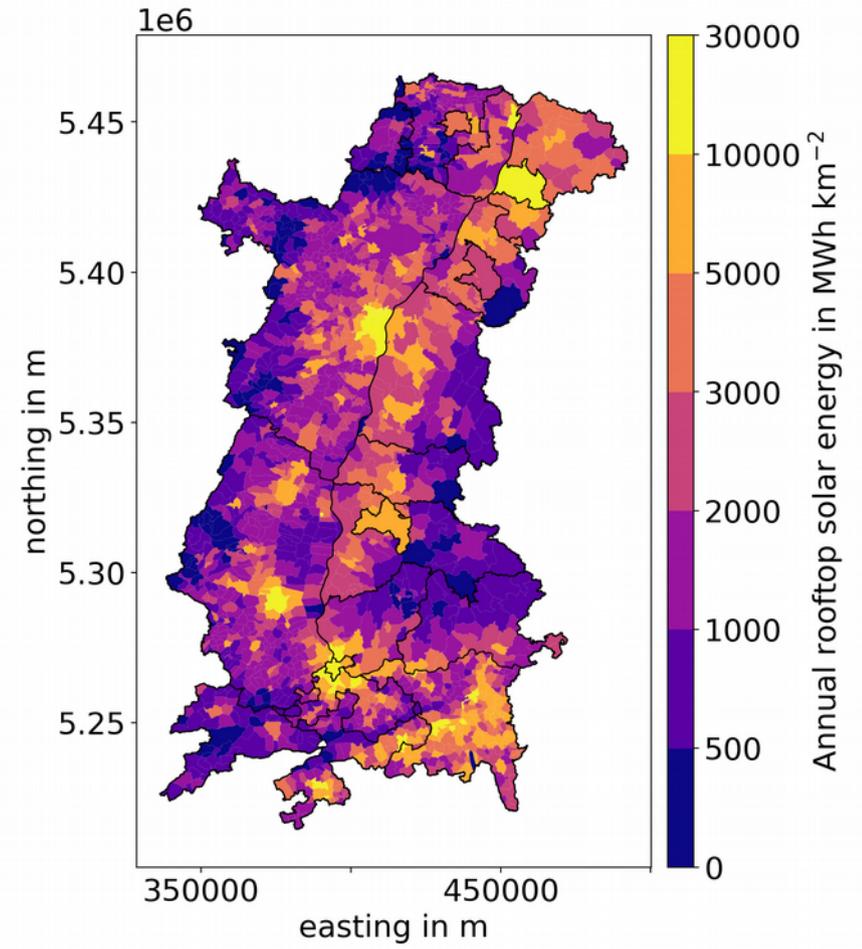


Solarenergie – Dachflächenpotential (2)

- Erste Abschätzung:
Hohes Potential für Dachflächen PV
- Strombedarf TMO ~ 41 TWh (2018)



Jährlicher Dachflächen PV Energieertrag nach Ländern



Geografische Verteilung des jährlichen Dachflächen PV Energieertrags



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt





Université de Strasbourg



badenova Energie. Tag für Tag



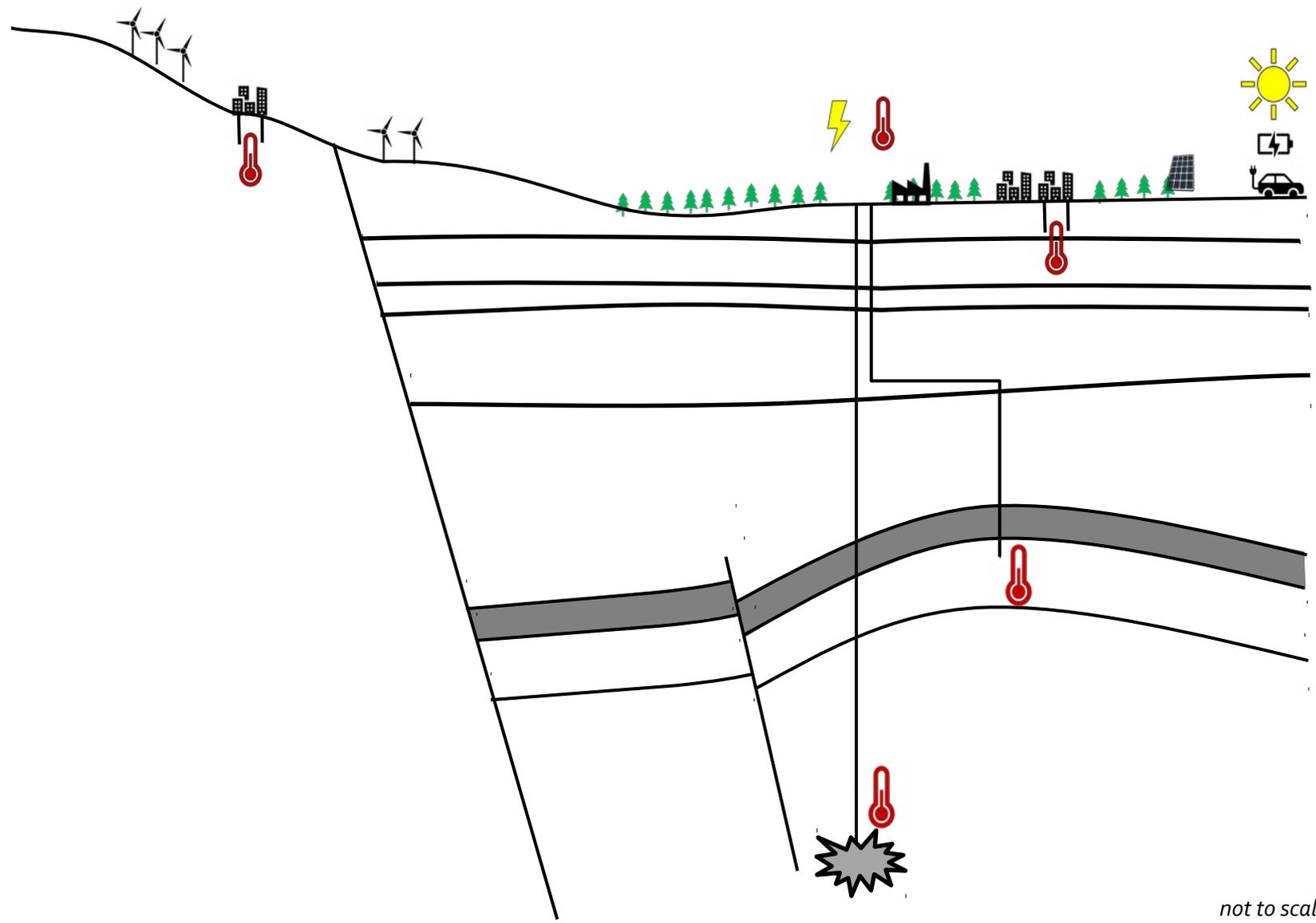
Strasbourg.eu eurrometropole



TRÄNSNET BW



Geothermische Potentiale



not to scale

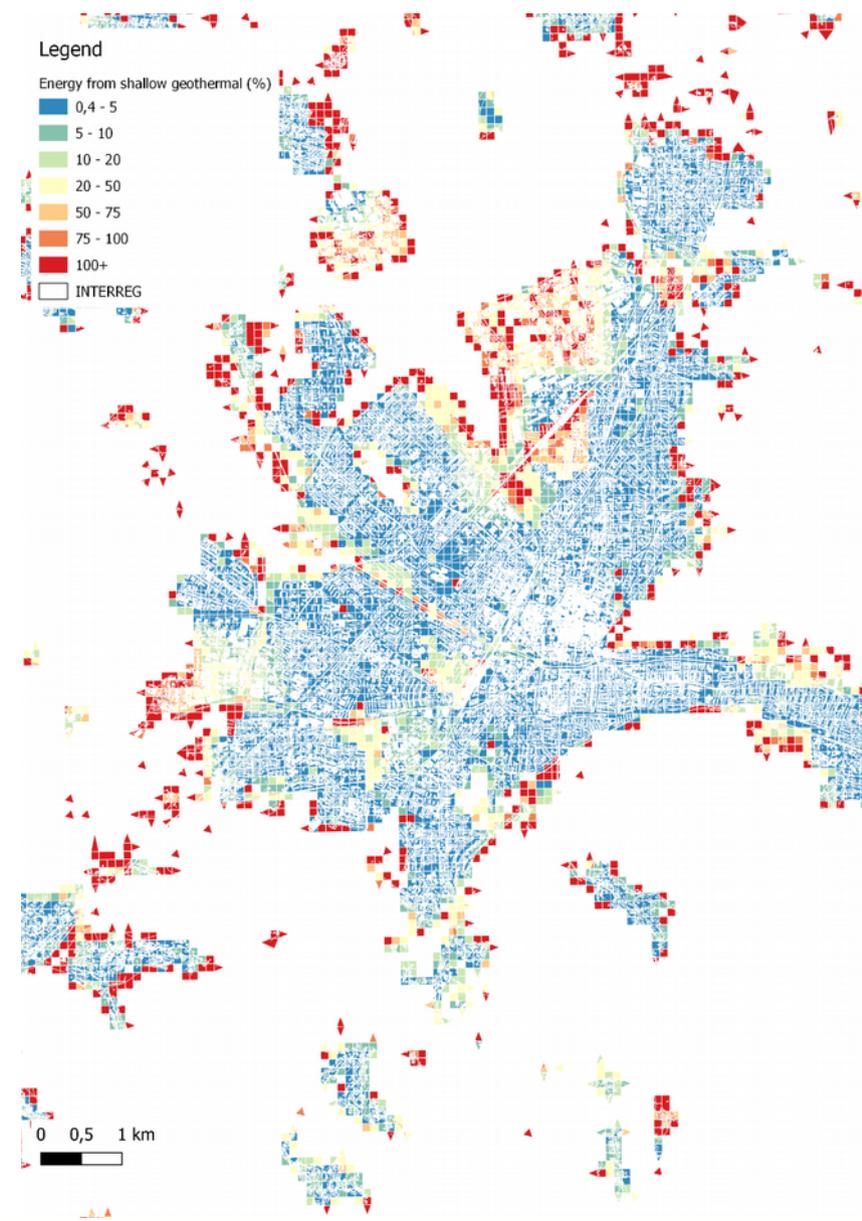


Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



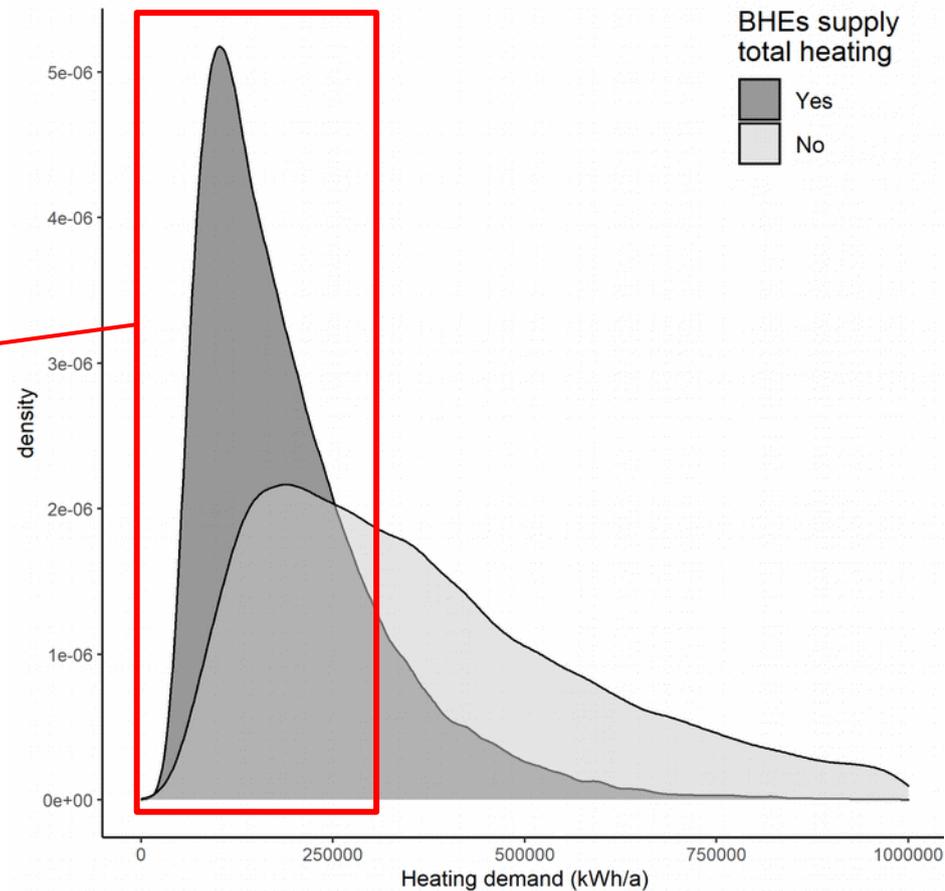
Theoretische oberflächennahe geothermische Potentiale

- Wieviel des Heizenergiebedarfs kann durch oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden) abgedeckt werden?
- Stark abhängig von der Art der Bebauung & Bevölkerungsdichte



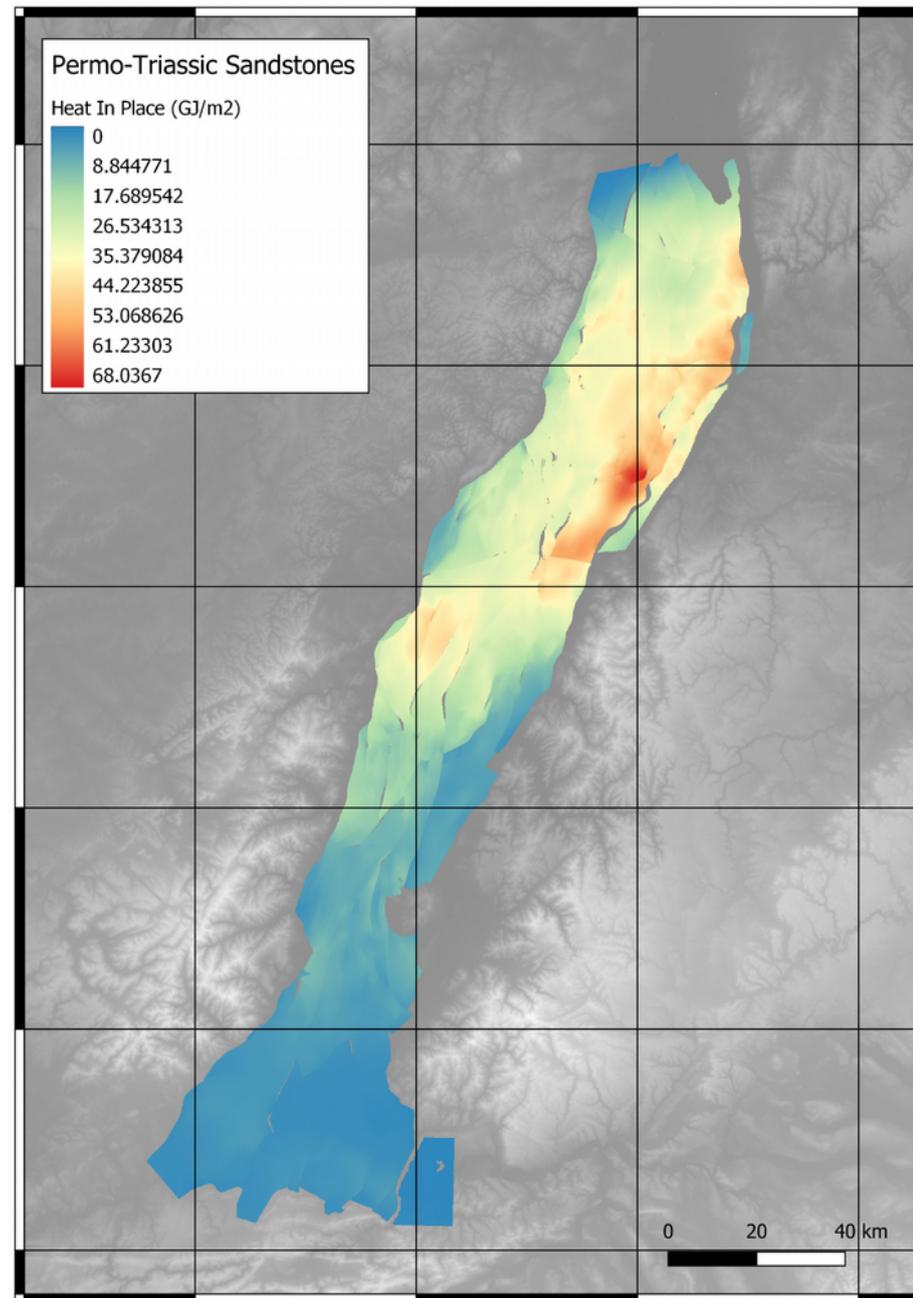
Theoretische oberflächennahe geothermische Potentiale

- Wieviel des Heizenergiebedarfs kann durch oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden) abgedeckt werden?
- Stark abhängig von der Art der Bebauung & Bevölkerungsdichte
- Ein & Zweifamilienhäuser haben das größte Potential



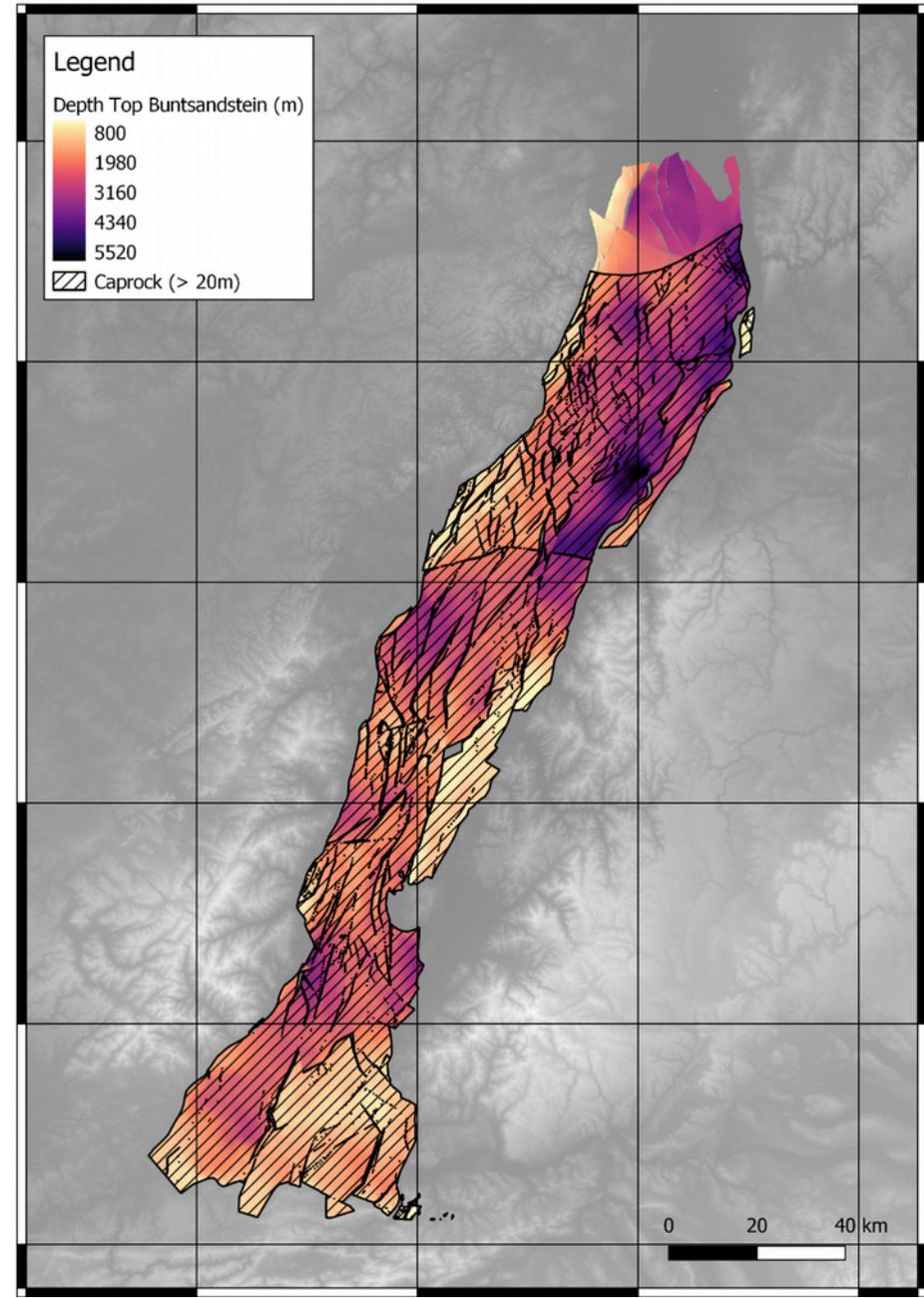
Theoretische tiefe geothermische Potentiale

- Wie hoch ist das tiefen geothermische Energiepotential?
- Insgesamt $7.4 \cdot 10^{12}$ GJ Heat in Place
- Kann *theoretisch* den gesamten Energiebedarf der TNO abdecken
- Wo und wie kann tiefe Geothermie am besten eingesetzt werden?



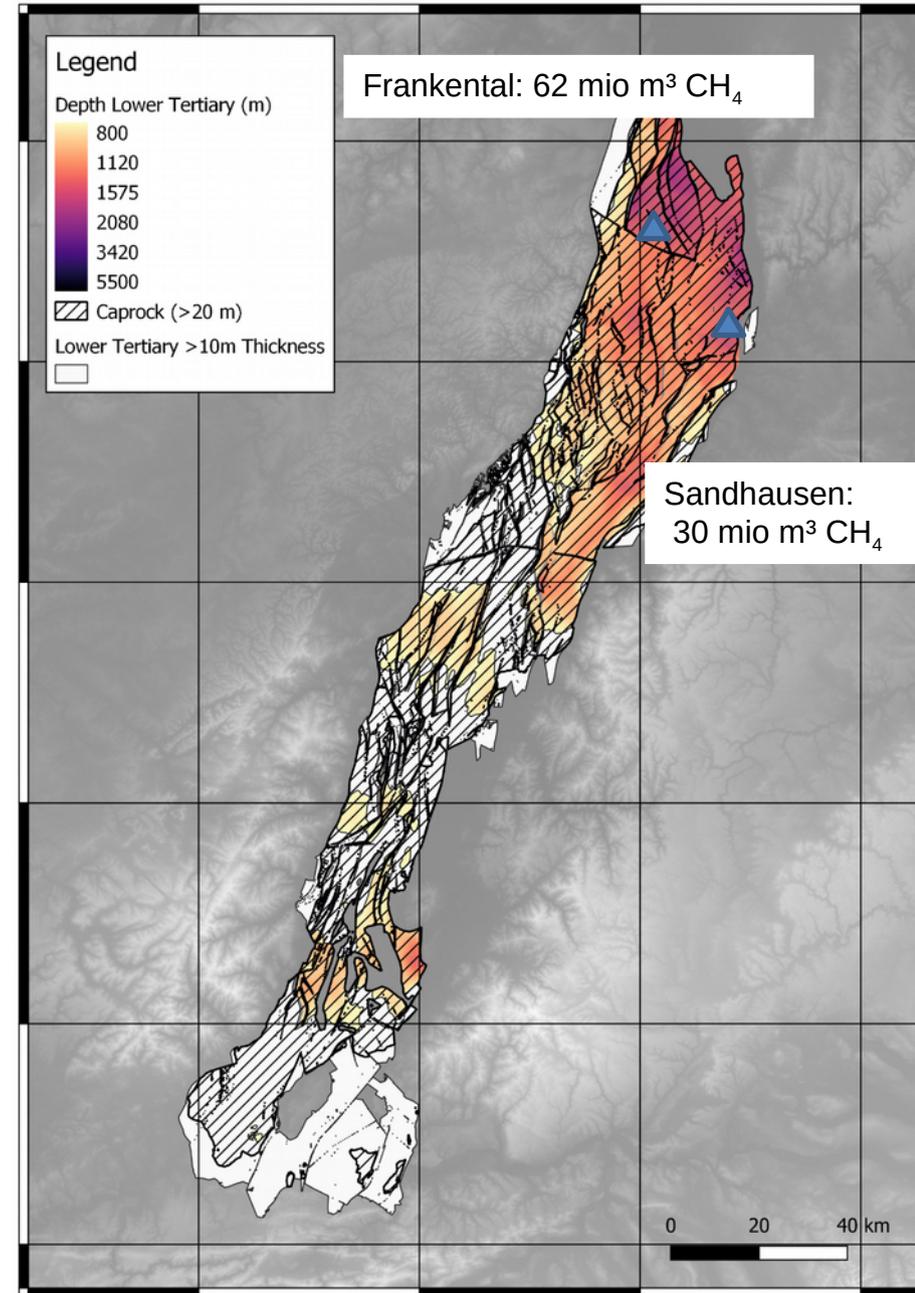
Theoretische Energiespeicherungspotentiale

- Potential für Gasspeicherung in Aquiferen und Salzkavernen
- Buntsandstein und Unteres Tertiär
- Geologischer Aufbau des Oberrheingrabens ist tektonisch komplex
- Detaillierte Voruntersuchungen an einzelnen Standorten nötig



Theoretische Energiespeicherungspotentiale

- Potential für Gasspeicherung in Aquiferen und Salzkavernen
- Buntsandstein und Unteres Tertiär
- Geologischer Aufbau des Oberrheingrabens ist tektonisch komplex
- Detaillierte Voruntersuchungen an einzelnen Standorten nötig



Université de Strasbourg



badenova Energie. Tag für Tag



Strasbourg.eu eurrometropole



TRANSNET BW



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



GeORG Daten

Zusammenfassung

- Abschätzung der maximalen Verfügbarkeit Erneuerbarer Energie und geografische Bewertung in Langzeitperspektive
- Wind und Sonne: Keine Aussage über zeitliche Schwankungen
- Hohes theoretisch nutzbares Energiepotential in der TMO
- Hohes theoretisches Potential für geologische Energiespeicher



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)

Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



Ausblick

- Technische und Rechtliche Vertiefung der Potentialanalyse
- Berücksichtigung weiterer Potentiale: PV-Freifläche, Biomasse, Wasser
- Flache Geothermie: Energie für Wärmepumpennutzung muss noch mit einberechnet werden
- Tiefe Geothermie: Kopplung mit Wärmebedarf größerer Städte
- Energiespeicherung: Volumenabschätzungen für Salzkavernenspeicher



Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)

Dépasser les frontières : projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

