



# EIN OPTIMAL POWER FLOW-ANSATZ ZUR PLANUNG NATIONALER CO<sub>2</sub>- PIPELINENETZWERKE

---

SUSANNE HOCHMEISTER

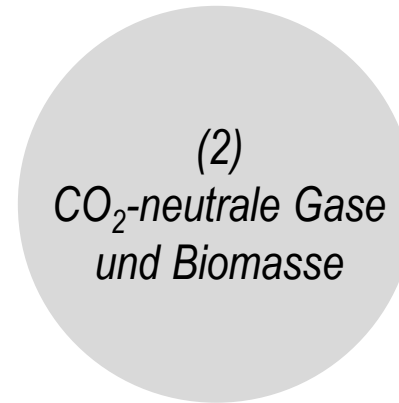
ENINNOV

11.-13. FEBRUAR 2026

# MOTIVATION



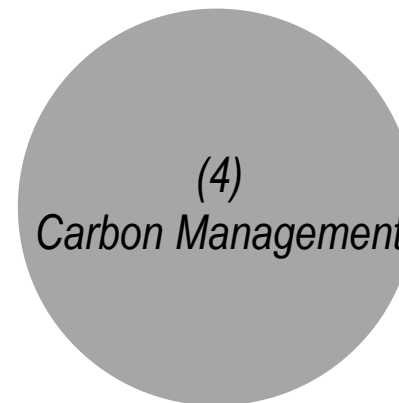
Wärmepumpen, Motoren



Wasserstoff, Bio-CH<sub>4</sub>,  
synthetisches CH<sub>4</sub>, feste  
Biomasse

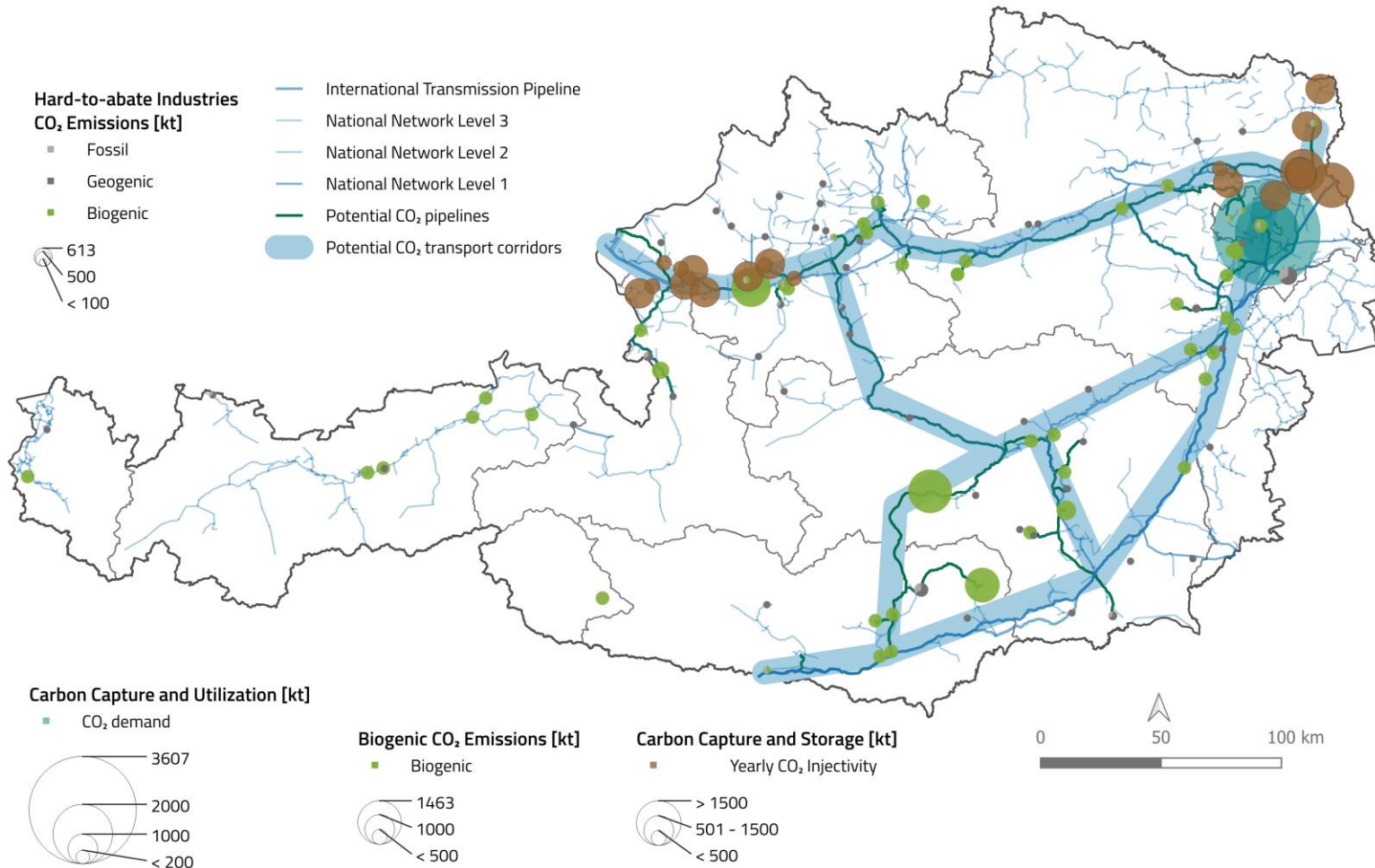


Ersatz von Primärrohstoffen



Fokus auf Hard-to-abate  
Emissionen, Vermeidung von  
fossilen “Lock-ins”

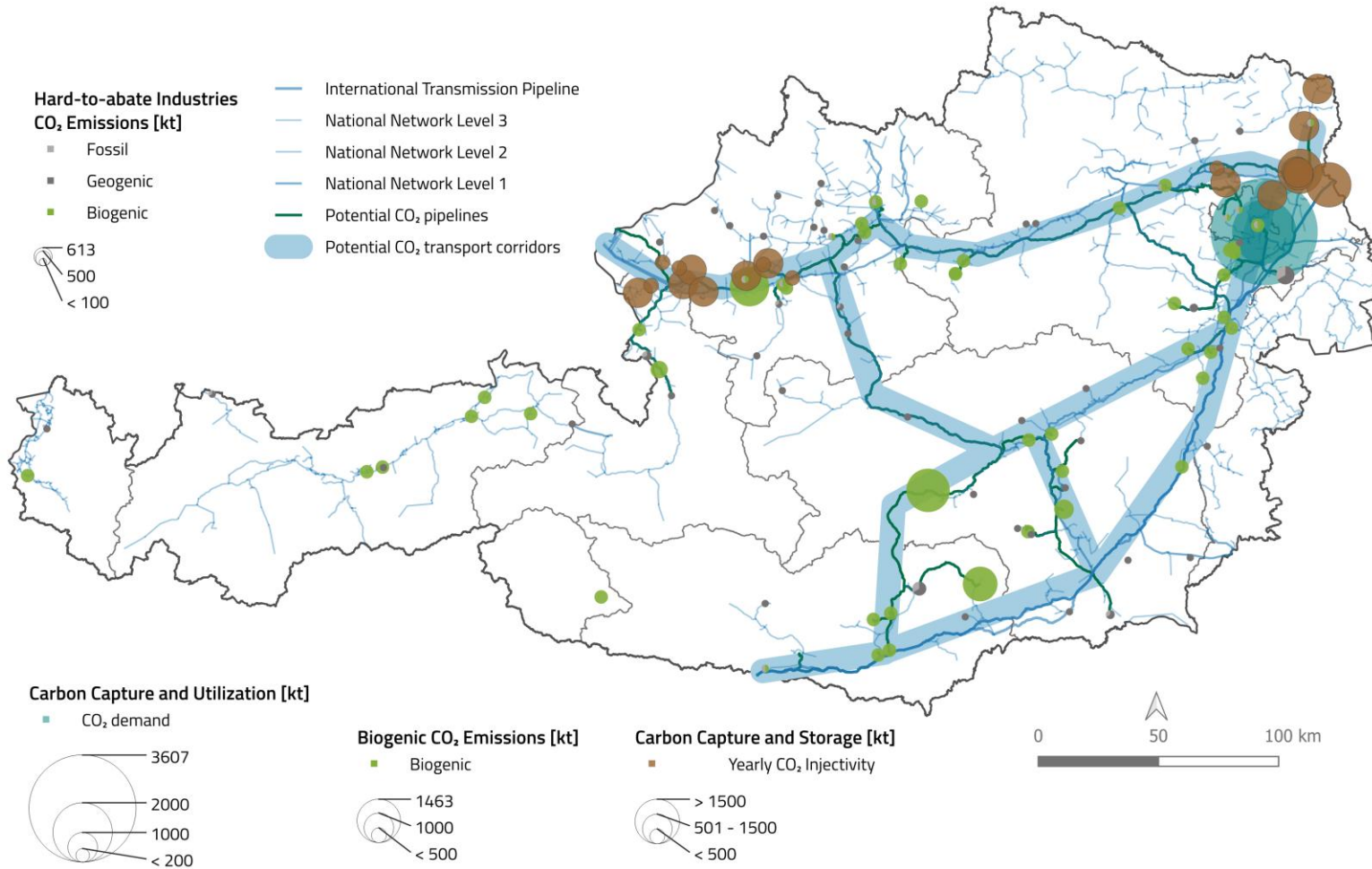
# MOTIVATION



„Ein effizienter und damit kostengünstiger und umweltfreundlicher Transport von CO<sub>2</sub> vom Ort der Abscheidung an großen Punktquellen zu Lagerstätten bzw. zur Weiterverarbeitung ist unerlässlich.“

„Ein nationales Rohrleitungssystem muss jedenfalls die verschiedenen großen Industrieanlagen (Punktquellen) mit geologischen Speicherstätten oder sonstigen Abnehmern von CO<sub>2</sub> verbinden.“

# MOTIVATION



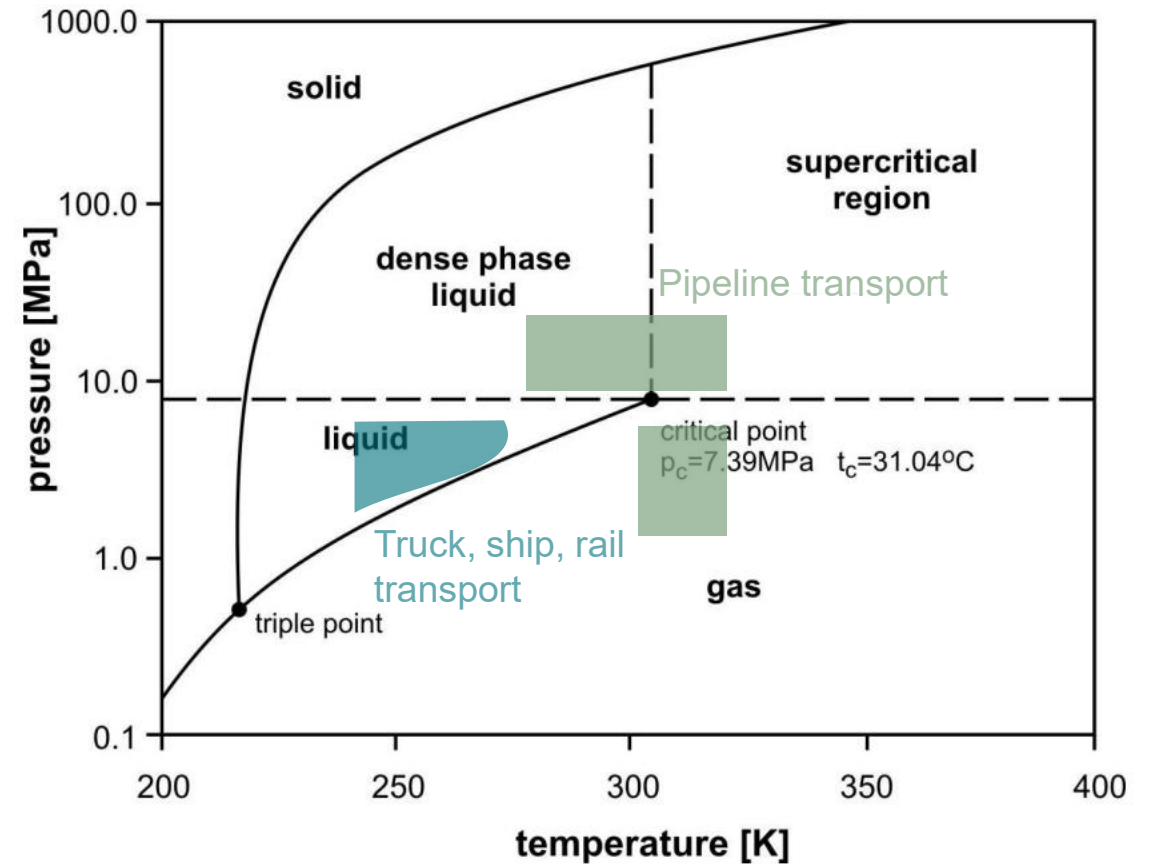
- Wie lassen sich CO<sub>2</sub>-Netze physikalisch konsistent und kostenoptimal auslegen?
- Wo können in Österreich erste CO<sub>2</sub>-Hubs und -Cluster entstehen, die einen kosteneffizienten Hochlauf ermöglichen?



# CO<sub>2</sub>-TRANSPORT

Die physikalischen Eigenschaften von CO<sub>2</sub> unterscheiden sich erheblich von Erdgas:

- Für den Pipeline-Transport ist CO<sub>2</sub> in der überkritischen oder dichten Phase besonders effizient.
- In dicht besiedelten Gebieten wird CO<sub>2</sub> aus Sicherheitsgründen häufig in gasförmigem Zustand transportiert.



# CO<sub>2</sub>-TRANSPORT

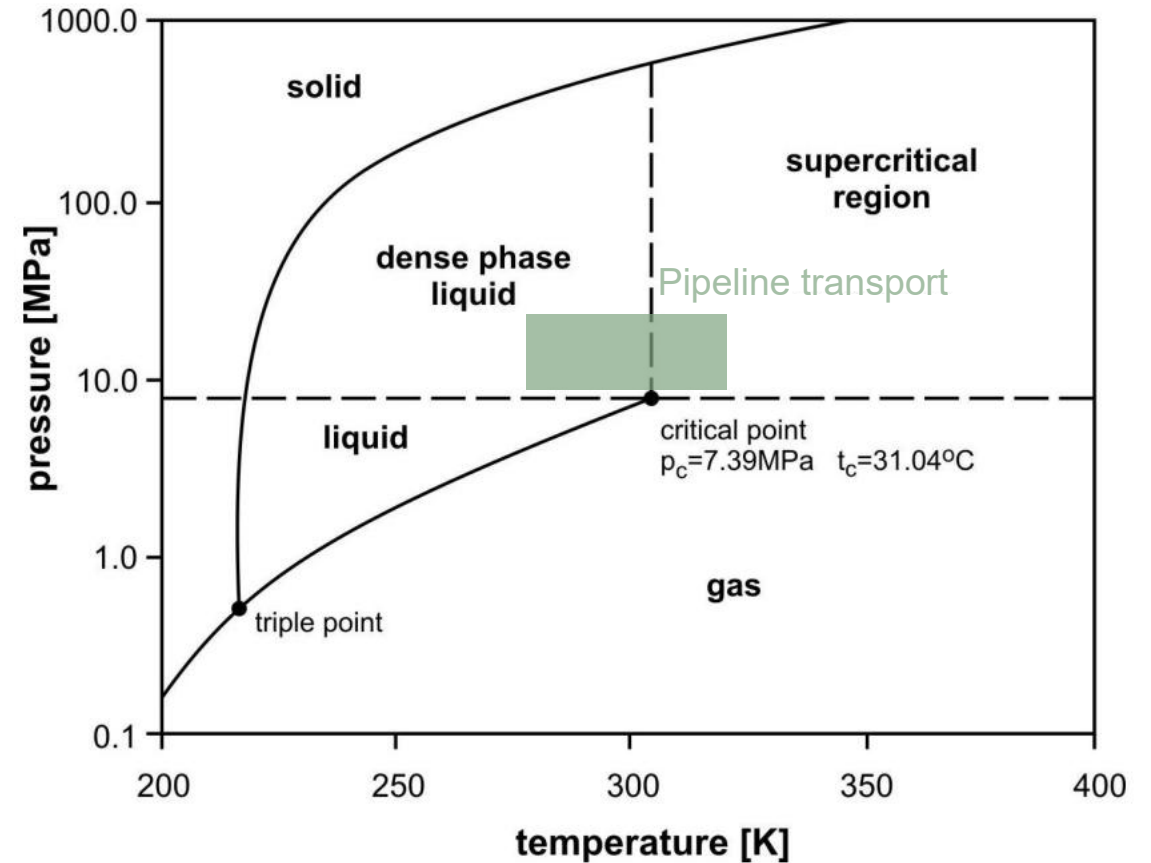
## DICHTE PHASE

### Vorteile:

- Hohe Dichte → Hohe Transportkapazität
- Geringere Druckverluste
- Energieaufwand für die Zwischenverdichtung geringer

### Nachteile:

- Hoher Energieaufwand für die Verflüssigung
- Höhendifferenz herausfordernd
- Erdgasleitungen können aufgrund des Druckniveaus nicht genutzt werden
- Hohe CAPEX



# CO<sub>2</sub>-TRANSPORT

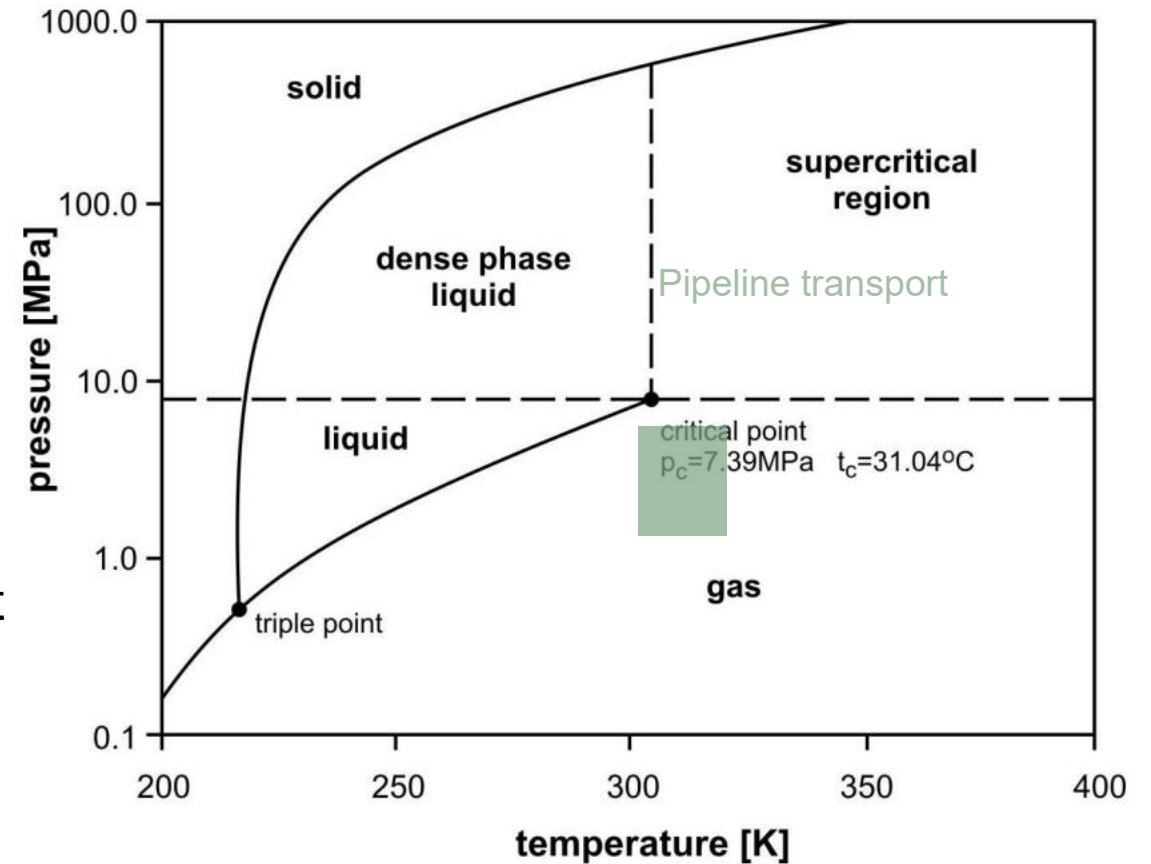
## GASFÖRMIG

### Vorteile:

- Erdgasleitungen können genutzt werden
- Geringe CAPEX
- Sicherheit

### Nachteile:

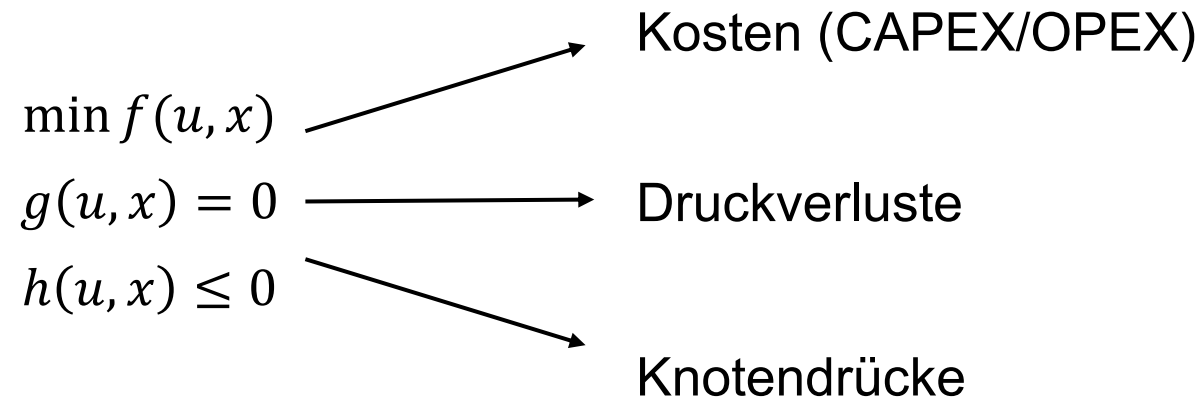
- Geringe Dichte → Geringe Transportkapazität
- Höhere Druckverluste
- Energieaufwand für die Zwischenverdichtung höher



# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

## OPTIMAL POWER FLOW FÜR CO<sub>2</sub>-TRANSPORTNETZE

**Wie lassen sich CO<sub>2</sub>-Netze physikalisch konsistent und kostenoptimal auslegen?**

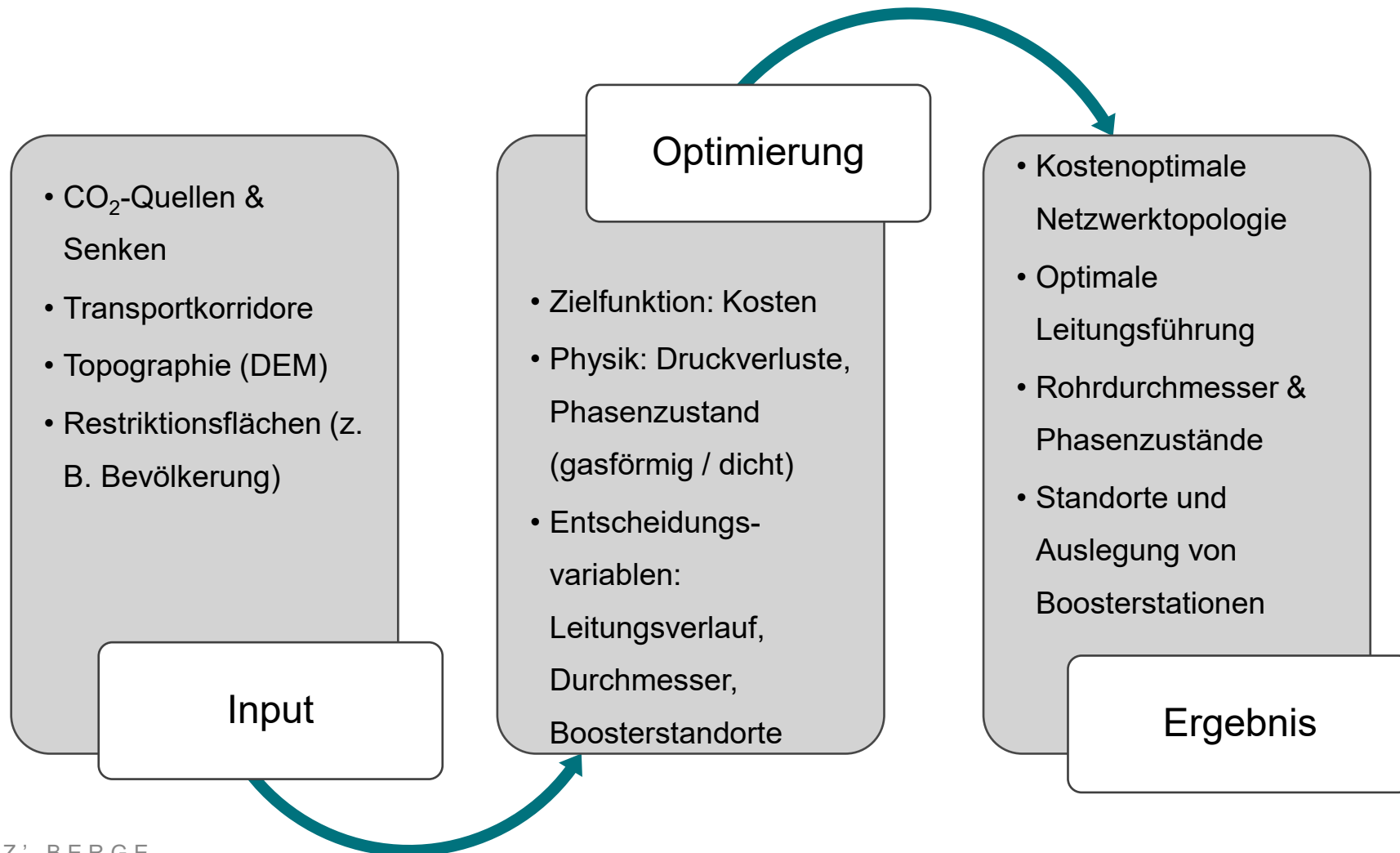


Bestehende Optimierungsmodelle berücksichtigen die physikalischen Randbedingungen des CO<sub>2</sub>-Transports nicht hinreichend. **Optimal Power Flow-Modellen** können Randbedingungen wie Druckverlust beim Design der Netzwerke berücksichtigen.



# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

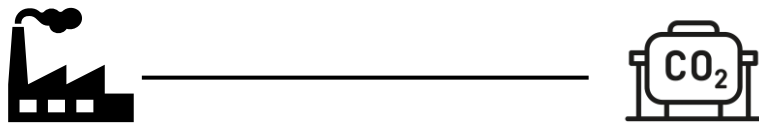
## OPTIMAL POWER FLOW FÜR CO<sub>2</sub>-TRANSPORTNETZE



# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

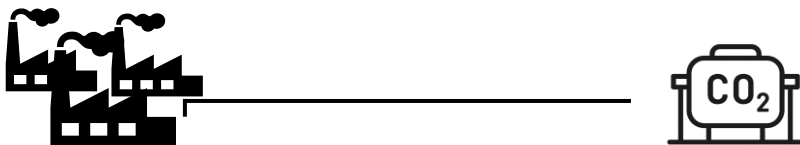
## Kurzfristig: **Point-to-point Verbindungen**

Einzelne CO<sub>2</sub>-Quellen werden direkt mit nahegelegenen Speicherstätten oder Industrieanlagen verbunden.



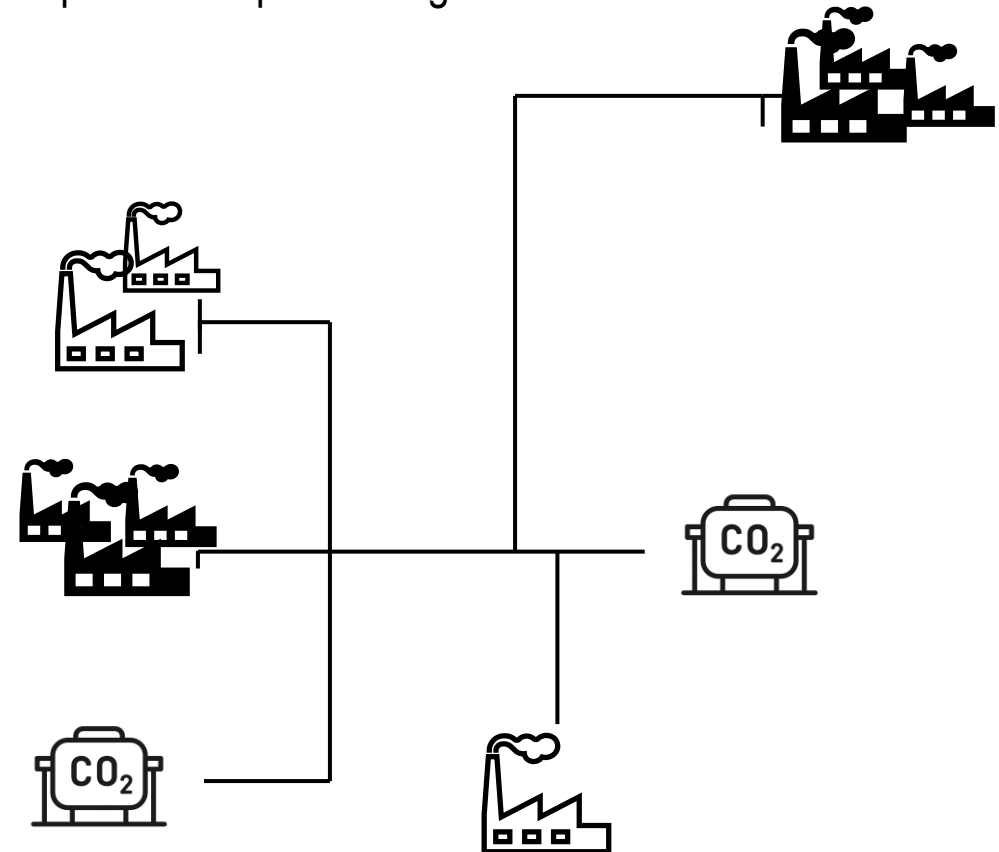
## Mittelfristig: **Regionale Hubs & Cluster**

CO<sub>2</sub>-Ströme aus mehreren Quellen werden in regionalen Hubs gebündelt und über größere Distanzen transportiert.



## Langfristig: **Überregionale Verbundnetze**

Verbundnetze ermöglichen grenzüberschreitenden CO<sub>2</sub>-Transport und -Speicherung mit Skaleneffekten.



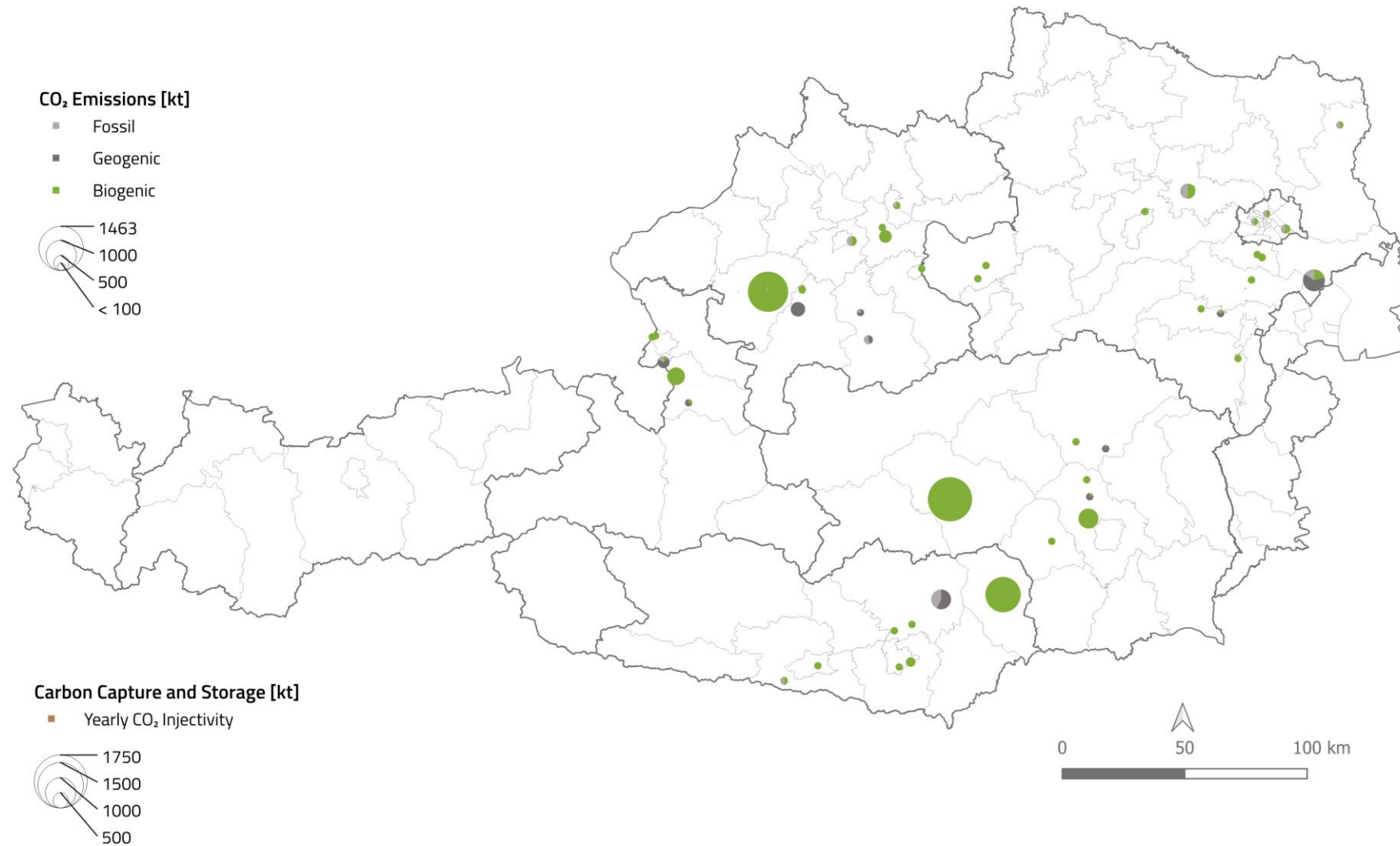
# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

## Rahmenbedingungen in Österreich?

- Regulatorische Unsicherheit:
  - Aktuelles Speicherverbot und laufende politische Neubewertung erschweren langfristige Infrastrukturentscheidungen
- Begrenzte Senkenverfügbarkeit:
  - Onshore-Speicherpotenziale begrenzt und konkurrierend mit anderen Untergrundnutzungen
- Binnenlage Österreichs:
  - Kein direkter Zugang zu Offshore-Speichern → langfristig Abhängigkeit von grenzüberschreitenden Netzen

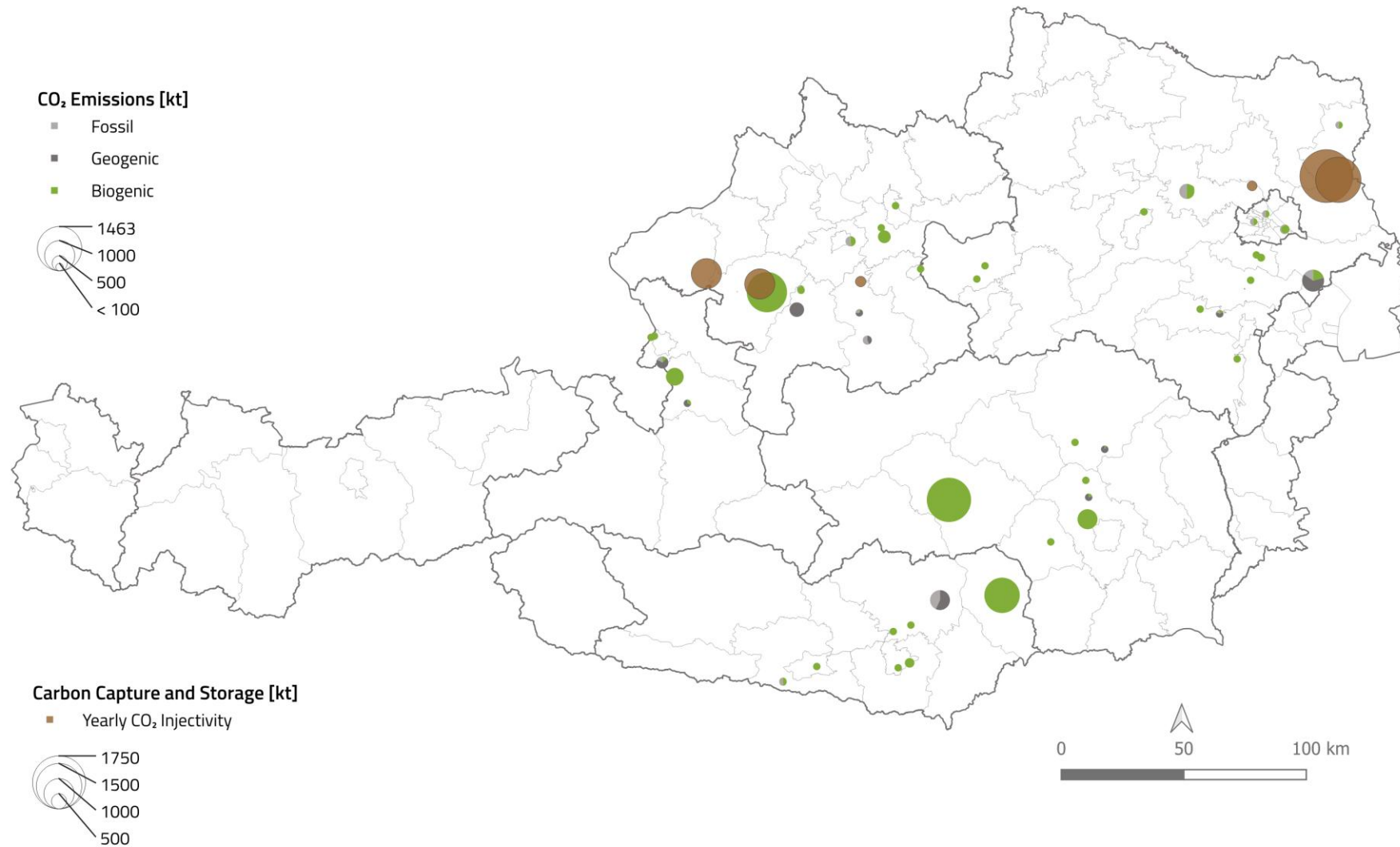
**Wo können in Österreich erste CO<sub>2</sub>-Hubs und -Cluster entstehen, die einen kosteneffizienten Hochlauf ermöglichen?**

# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



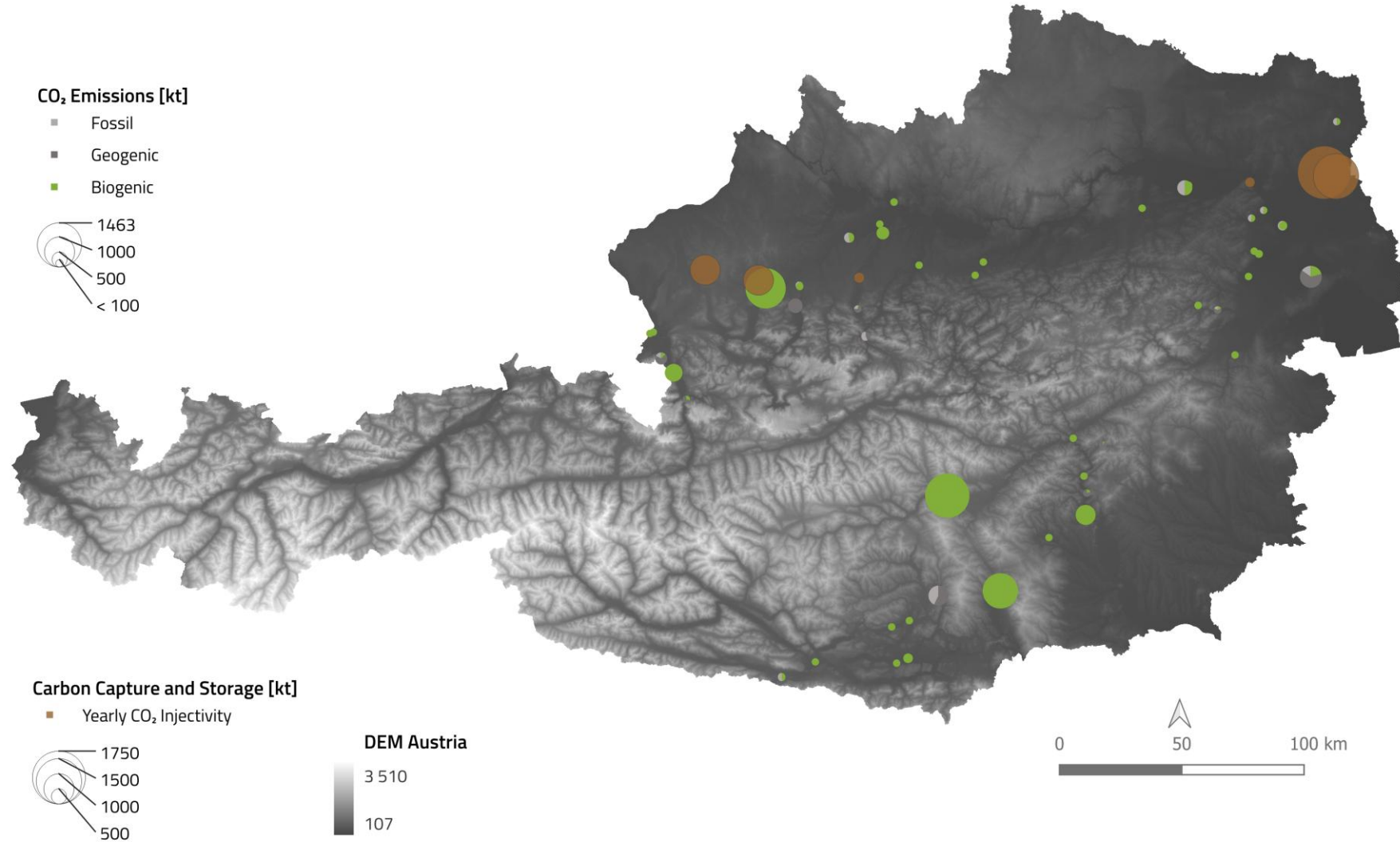
Zukünftige CO<sub>2</sub>-  
Emissionen der Hard-to-  
abate Emittenten +  
biogenes CO<sub>2</sub>

# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



Geologische CO<sub>2</sub>-  
Speicherung:  
Einspeiseraten begrenzt

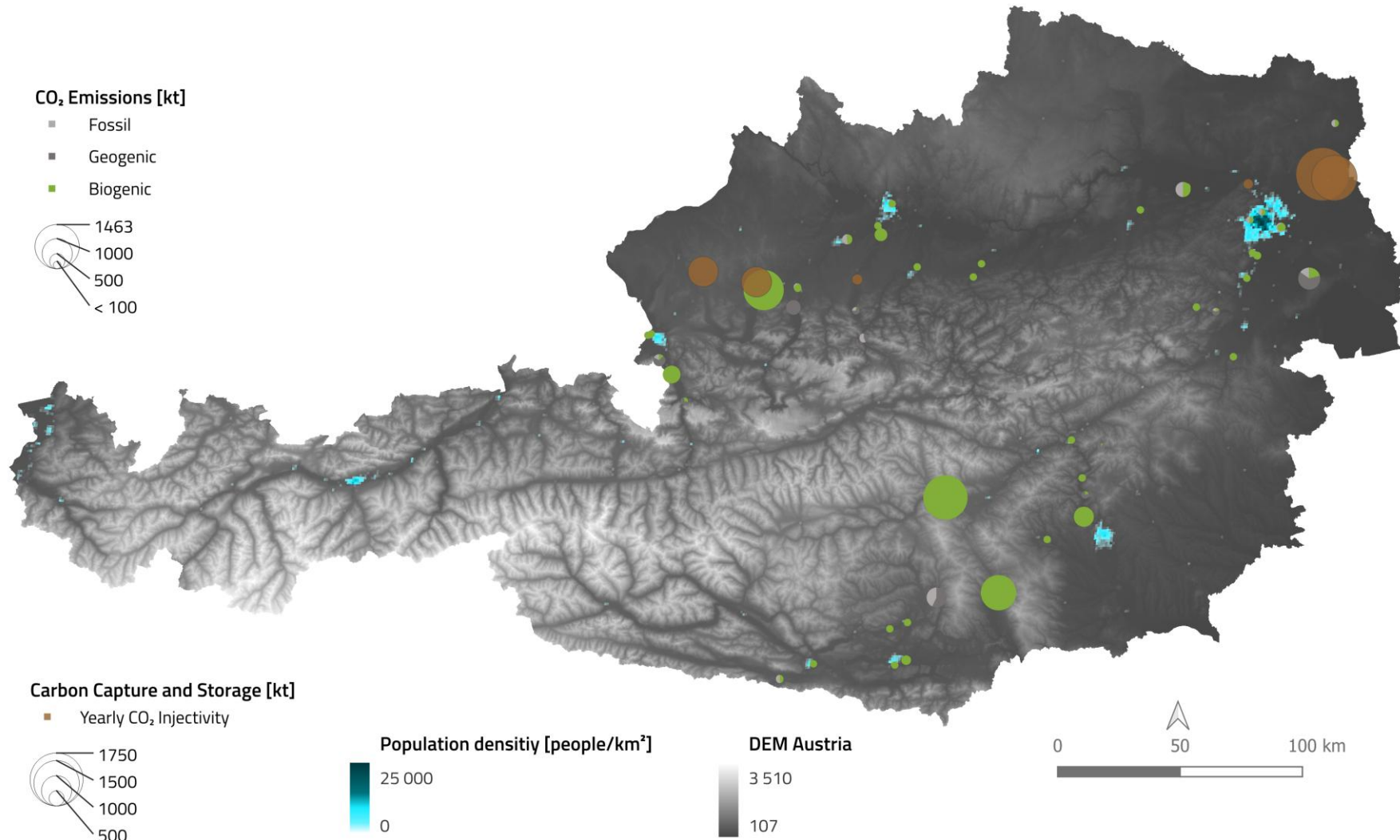
# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



Topographie als  
physikalische Restriktion

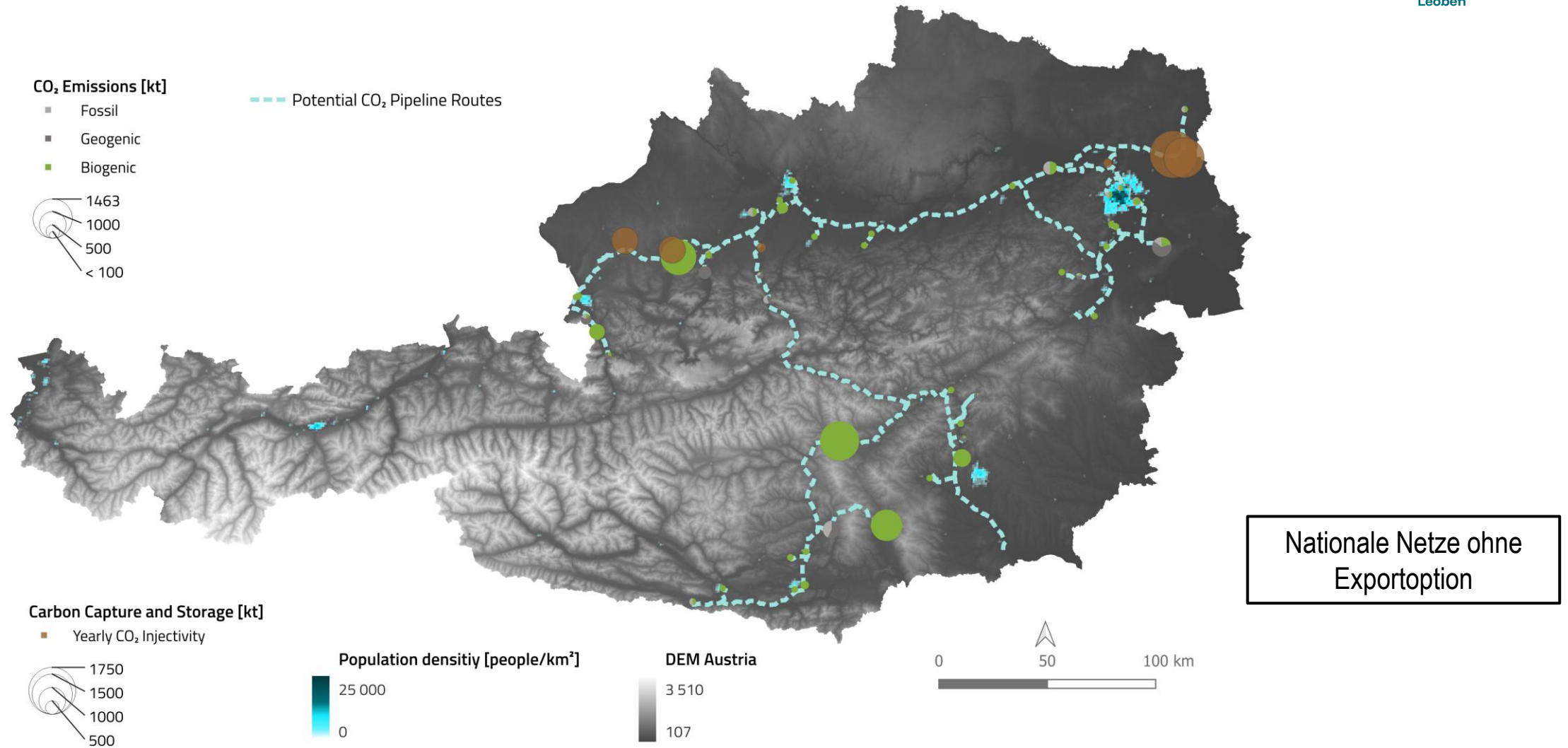


# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

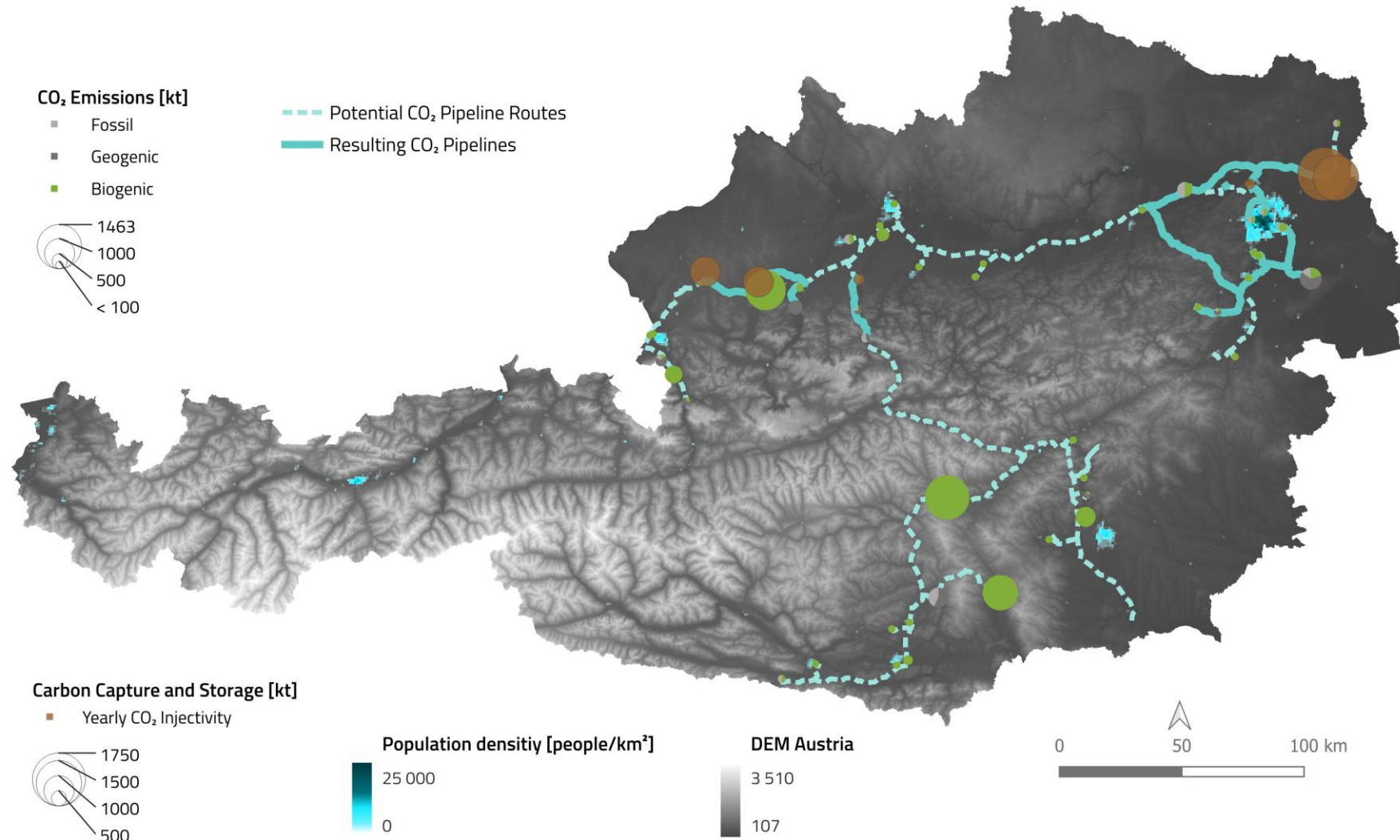


Bevölkerungsdichte als  
Planungsrestriktion

# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN

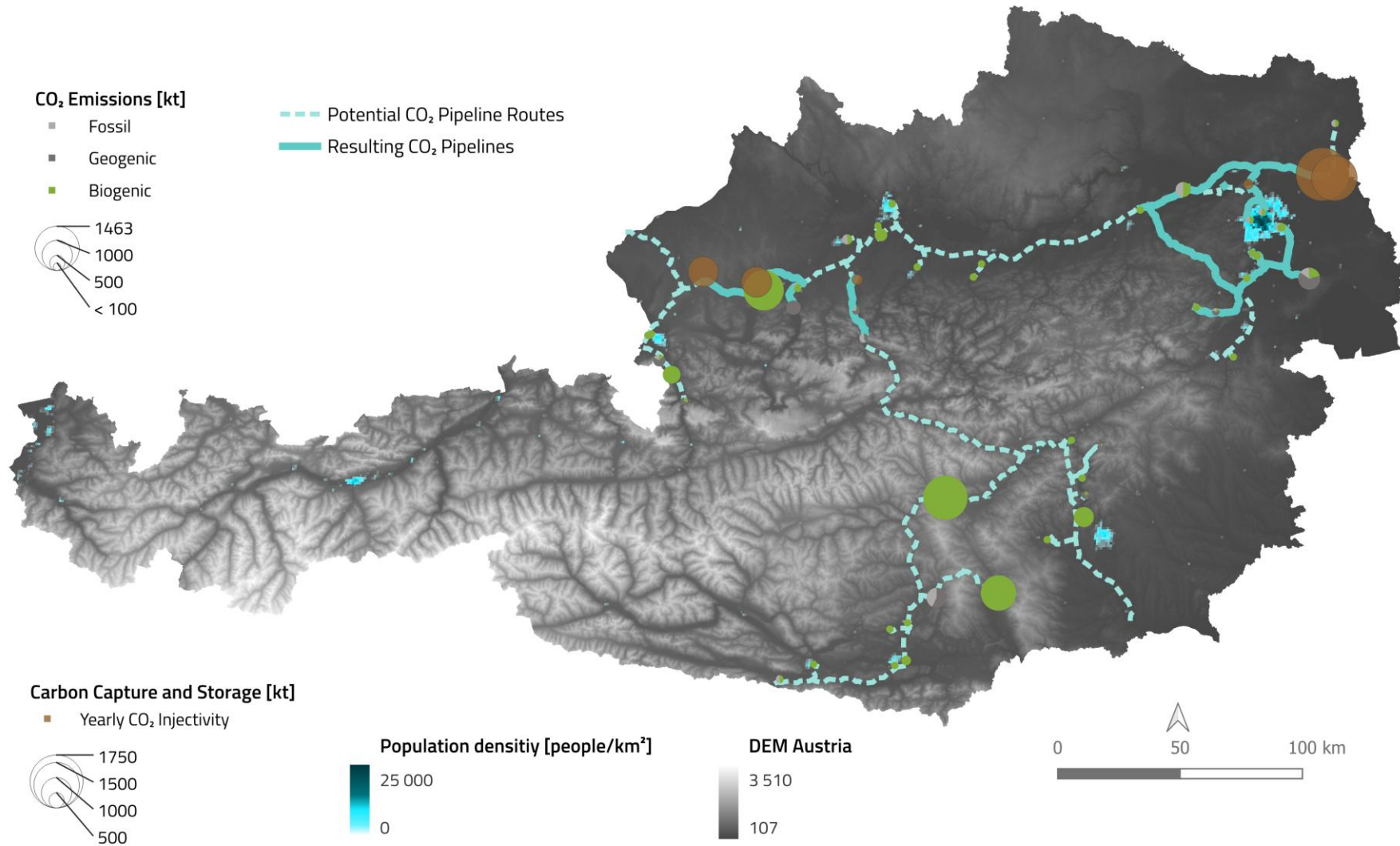


# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



Hubs & Cluster als  
Startstruktur

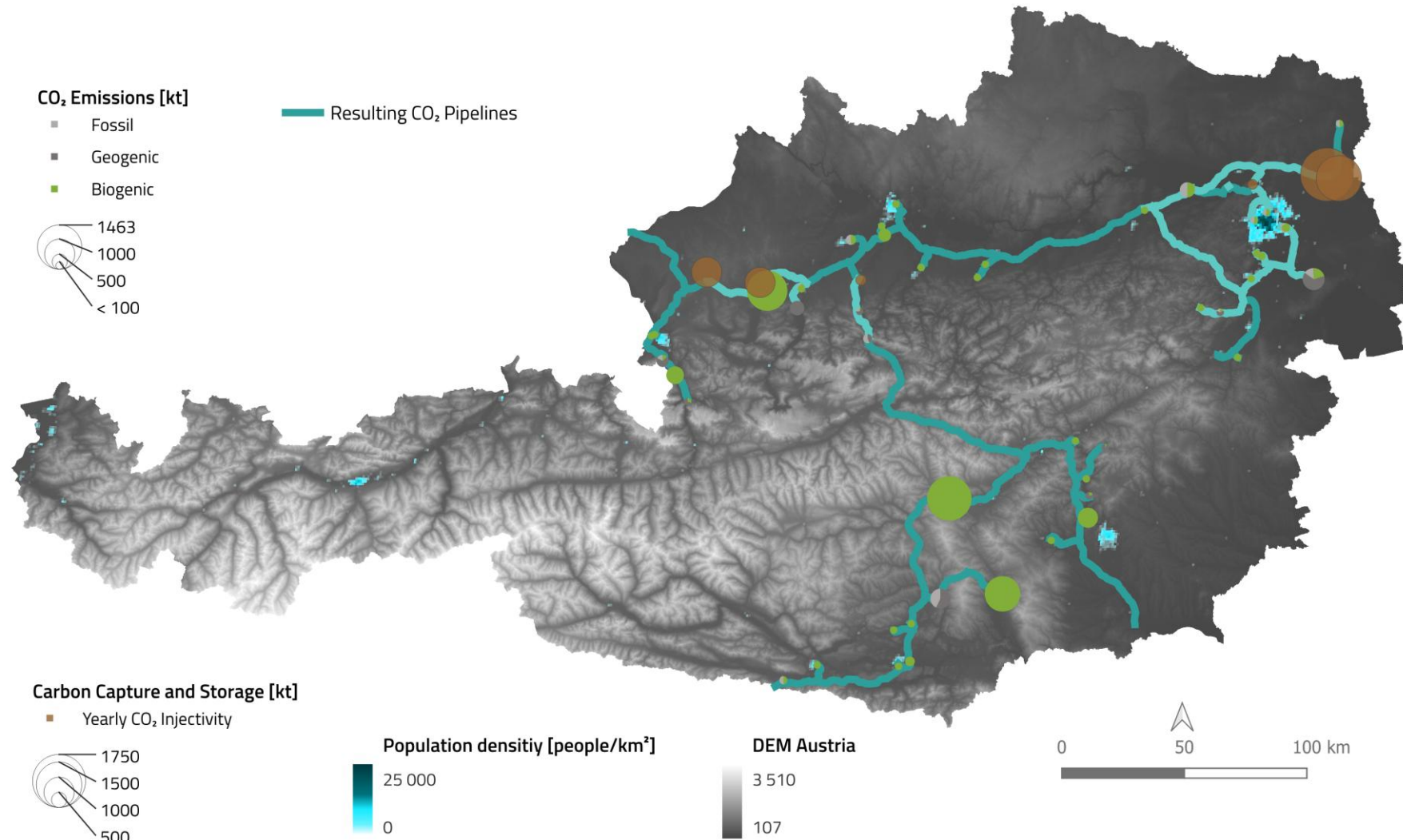
# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



Integration von  
Exportkorridoren



# ENTWICKLUNG VON CO<sub>2</sub>-NETZEN



Überregionaler  
Endausbau

# ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von CO<sub>2</sub>-Quellen, Senken und Exportanbindungen bestimmt maßgeblich mögliche Startpunkte und Ausbaupfade.
- Physikalische Randbedingungen (Druckverluste, Topographie) und Betriebskosten beeinflussen die Netzstruktur.
- Optimierungsbasierte Planungsansätze ermöglichen eine robuste Identifikation kosteneffizienter Netztopologien und geeigneter Hubs unter Unsicherheiten.
- Zukünftige Arbeiten sollten regulatorische Entwicklungen, zeitlich gestaffelte Ausbaupfade sowie die Integration in europäische CO<sub>2</sub>-Netze explizit berücksichtigen.



---

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

---



**SUSANNE HOCHMEISTER**



**THOMAS KIENBERGER**