

©Isoplus



DIE ROLLE ÜBERREGIONALER FERNWÄRMEVERBUNDSYSTEME IN BEZUG AUF DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT DER WÄRMEVERSORGUNG

JOSEF STEINEGGER

IEWT 2025

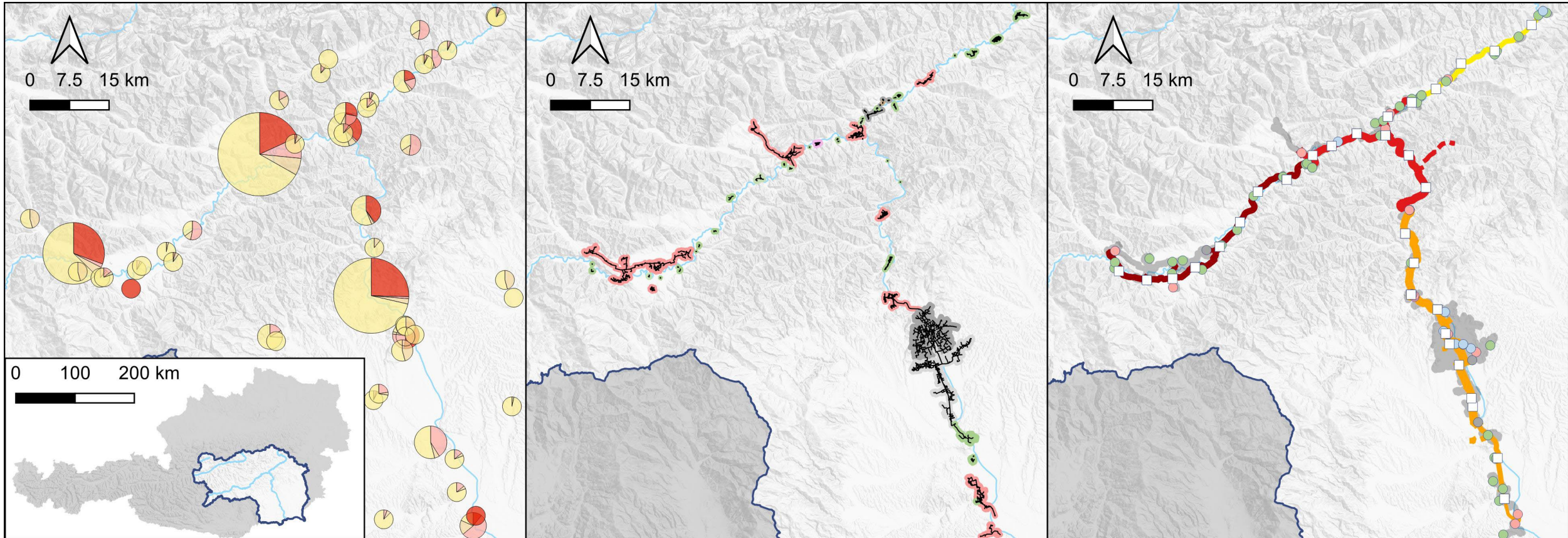
27.02.2025

FORSCHUNGSFRAGEN

Motivation: Über Versorgungssicherheit in Fernwärmenetzen wird wenig gesprochen. Wie verändert sich diese bei der Einführung von Wärmeverbundnetzen?!

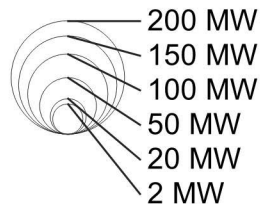
- Wie kann die Versorgungssicherheit im Fernwärmesektor für unterschiedliche Systeme einfach bestimmt werden und welche Metriken sind dafür nötig?
- Wie wirkt sich die Integration eines überregionalen Wärmeverbundsystems (ÜFWVS) im Vergleich zu herkömmlichen Fernwärmesysteme auf die Versorgungssicherheit aus?
- Welche Effekte könnte der Anschluss eines lokalen Wärmenetzes an ein ÜFWVS auf die lokale Versorgungsstruktur haben und welche Aspekte in Bezug auf die Versorgungssicherheit sollten dabei berücksichtigt werden?

HINTERGRUND – HEAT HIGHWAY STEIERMARK



Industrielle Abwärme

- Installierte Leistung
- Technisches Potential Hochtemperaturabwärme
- Technisches Potential Mitteltemperaturabwärme
- Technisches Potential Niedertemperaturabwärme



Wärmenetze

- Abwärme
- Biomassekessel
- Biomasse KWK
- Erdgaskessel
- Erdgas KWK
- Geothermie
- Müllverbrennung

Wärmequellen und andere Elemente

- Abwärme
- Biomasse
- Erdgas
- Andere Erneuerbare
- Umwälzpumpen

Wärmeübertragungsleitungen

- ÜFWWS Nord
- ÜFWWS Osten
- ÜFWWS Süden
- ÜFWWS Westen
- ÜFWWS Szenario 1 / 2 / 3

Orientierung

- Steiermark
- Flüsse

UNTERSUCHTE METRIKEN

AUSFALLSICHERHEIT

$$SAIDI = \frac{\sum_j n_j \cdot t_j}{N}$$



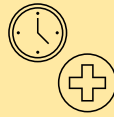
SAIDI ... System Average Interruption Duration Index

$$SAIFI = \frac{\sum_j n_j}{N}$$

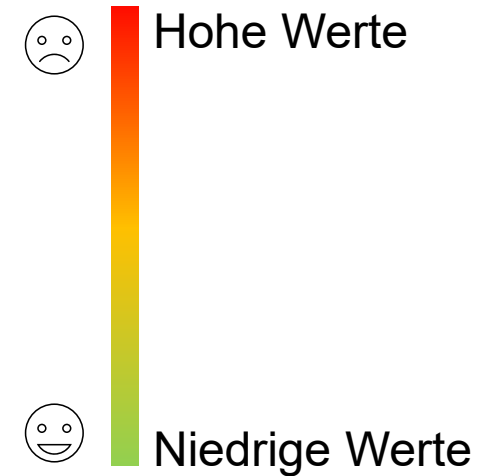


SAIFI ... System Average Interruption Frequency Index

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$



CAIDI ... Customer Average Interruption Duration Index



n ... Anzahl der betroffenen Netzbenutzer je Anlassfall

n ... Gesamtanzahl der Netzbenutzer

j ... Anlassfall

t ... Unterbrechungsdauer

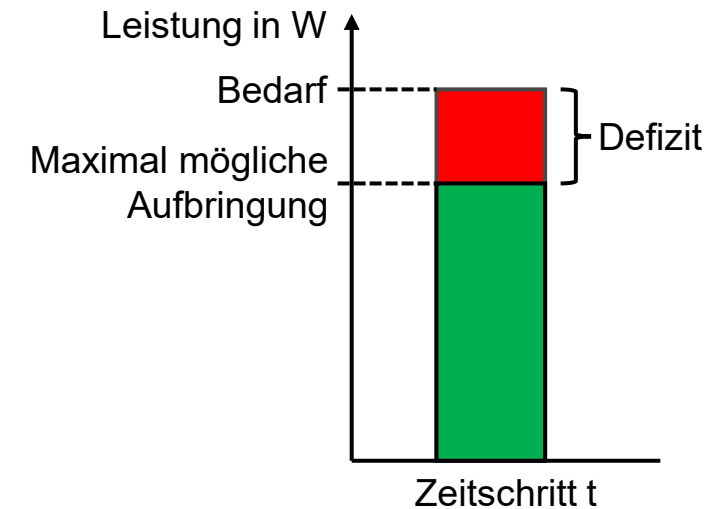
UNTERSUCHTE METRIKEN

AUSFALLSICHERHEIT

Wie kann ein Ausfall¹ in Wärmenetzen definiert werden?

- Unterbrechungsstufe 1:
 - Defizite (1-Aufbringung/Bedarf) < 1 %
 - Ausgleich durch Lastverschiebung oder Demand Response möglich
- Unterbrechungsstufe 2:
 - Defizite (1-Aufbringung/Bedarf) 1 % - 10 %
 - Dauer: < 15 Minuten
- Unterbrechungsstufe 3 :
 - Entspricht laut Definition einen Versorgungsausfall
 - Defizite (1-Aufbringung/Bedarf) > 10 %
 - Defizite (1-Aufbringung/Bedarf) < 1 % - 10 % & Dauer > 15 Minuten

Ausfall



UNTERSUCHTE METRIKEN

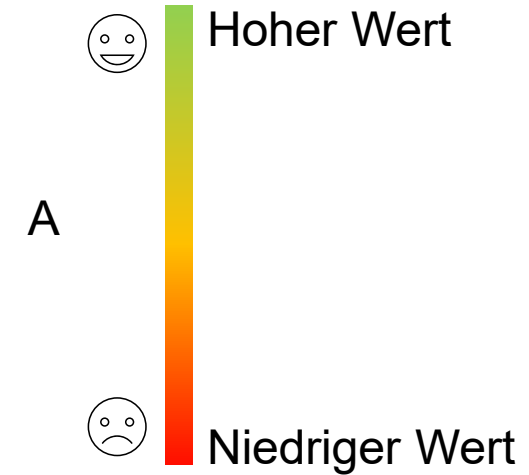
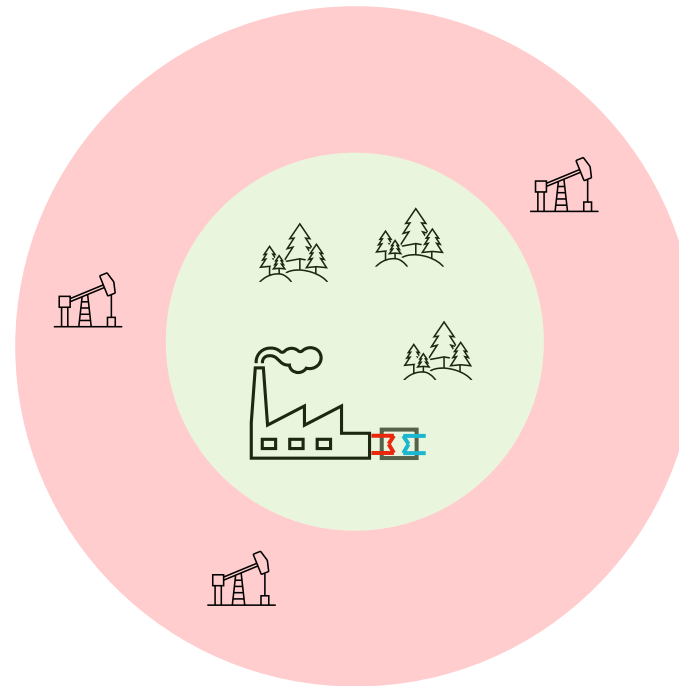
AUTARKIE (A)

$$A = \frac{E_{eig}}{E_{ges}}$$

A ↑ ● Rohstoffbeschaffung innerhalb der betrachteten Bilanzgrenze (E_{eig})

A ↓ ● Rohstoffbeschaffung außerhalb der betrachteten Bilanzgrenze

$$E_{ges} = \text{○} + \text{●}$$



UNTERSUCHTE METRIKEN

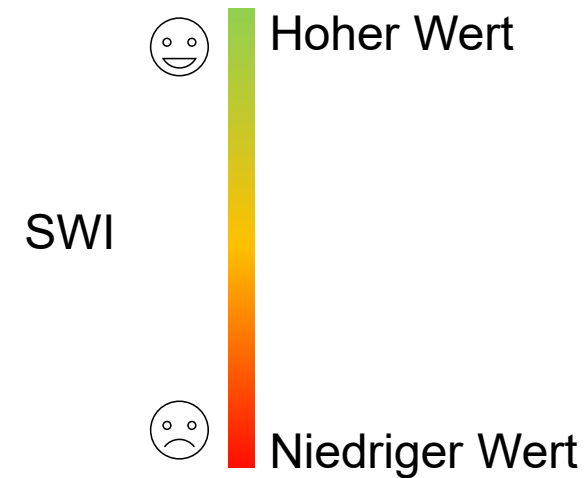
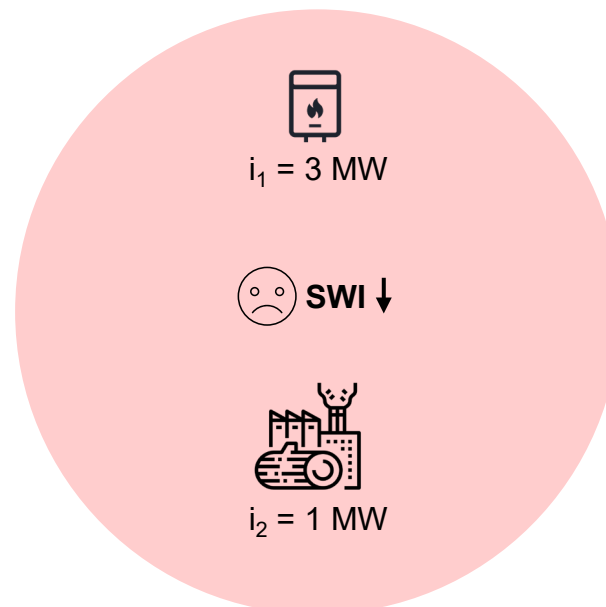
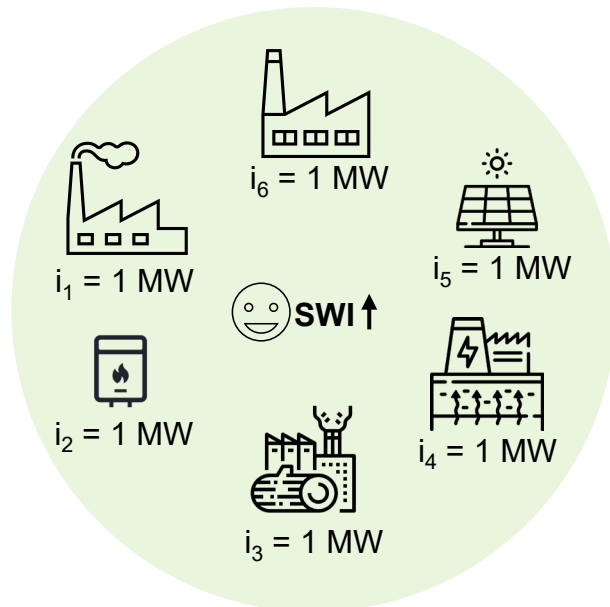
DIVERSIFIZIERUNG

$$SWI = - \sum_{i=1}^z S_i \cdot \ln S_i$$

SWI ... Shannon-Wiener-Index

S_i ... Verhältnis: Installierte Leistung der jeweiligen Technologie zur gesamt installierten Leistung

i ... Jeweilige Technologie



UNTERSUCHTE METRIKEN

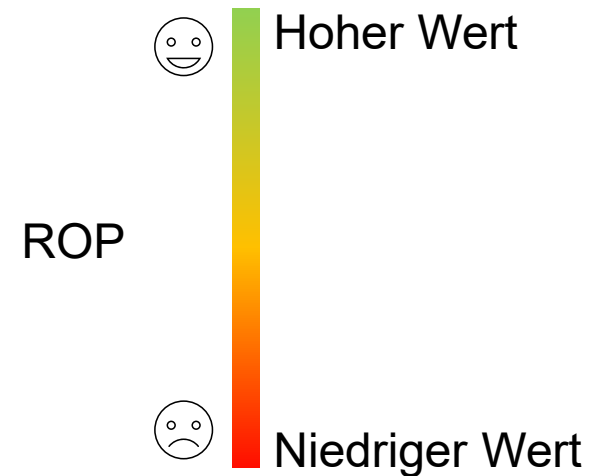
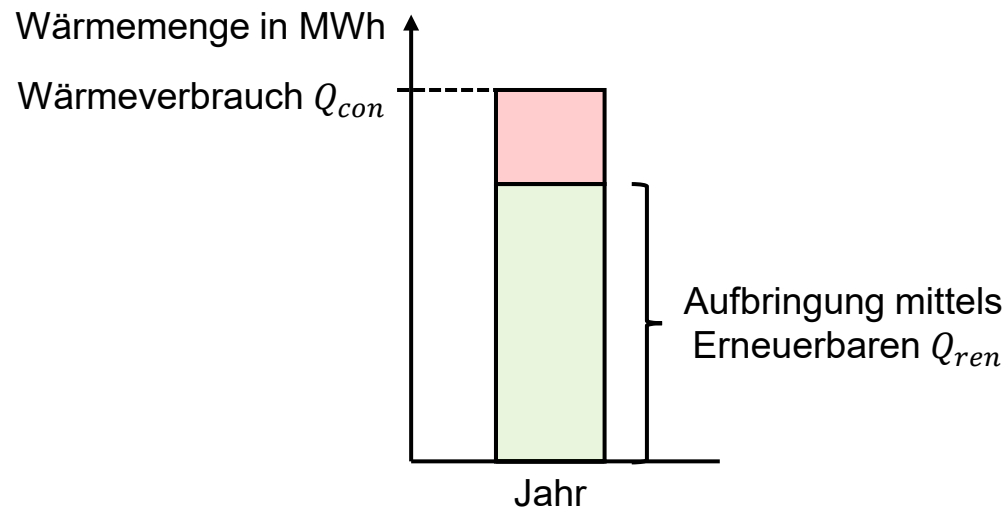
DURCHDRINGUNGSRATE ERNEUERBARE ENERGIE

$$ROP = \frac{Q_{ren}}{Q_{con}}$$

ROP ... Durchdringungsrate von erneuerbaren Technologien

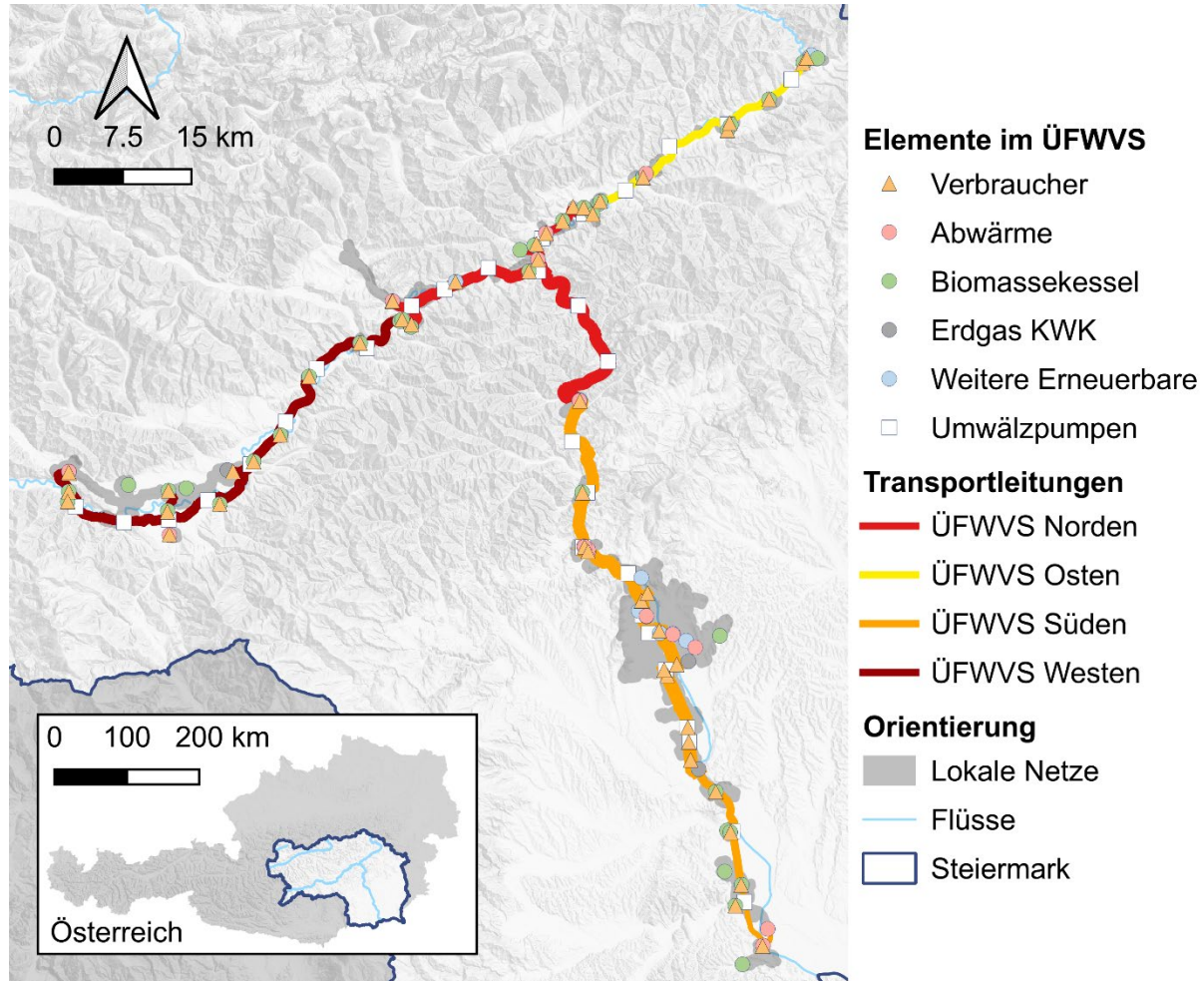
Q_{ren} ... Wärmemenge aus erneuerbarer Energie

Q_{con} ... Insgesamt verbrauchte Wärmemenge eines Jahres



CASE STUDY

UNTERSUCHUNG DER AUSWIRKUNGEN EINES ÜFWVS AUF EIN LOKALES NETZ

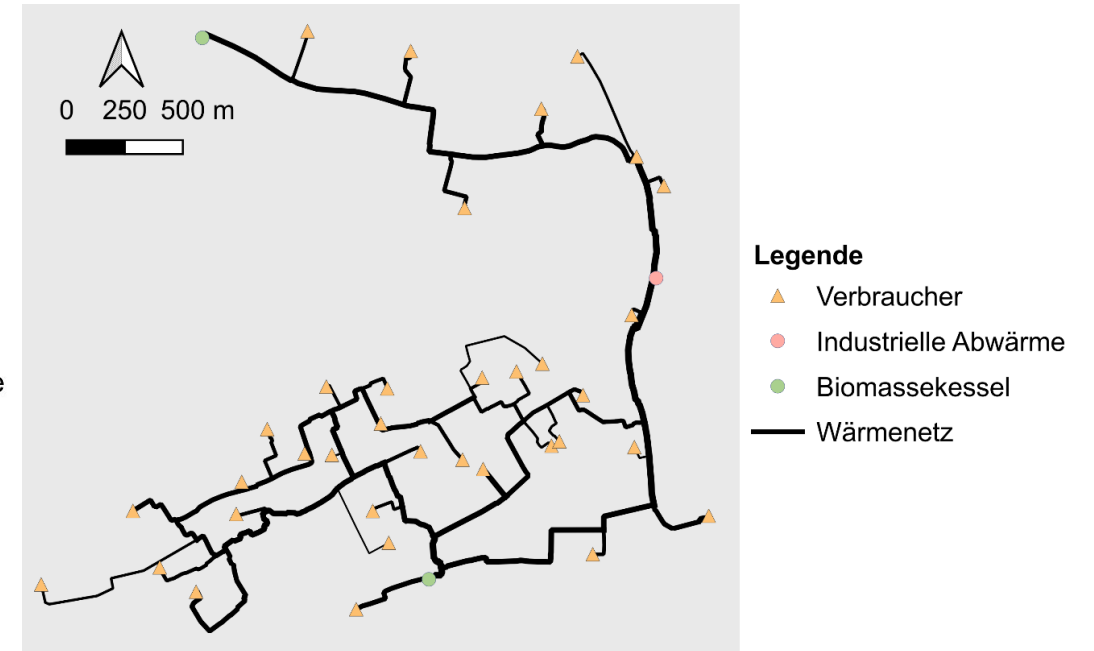
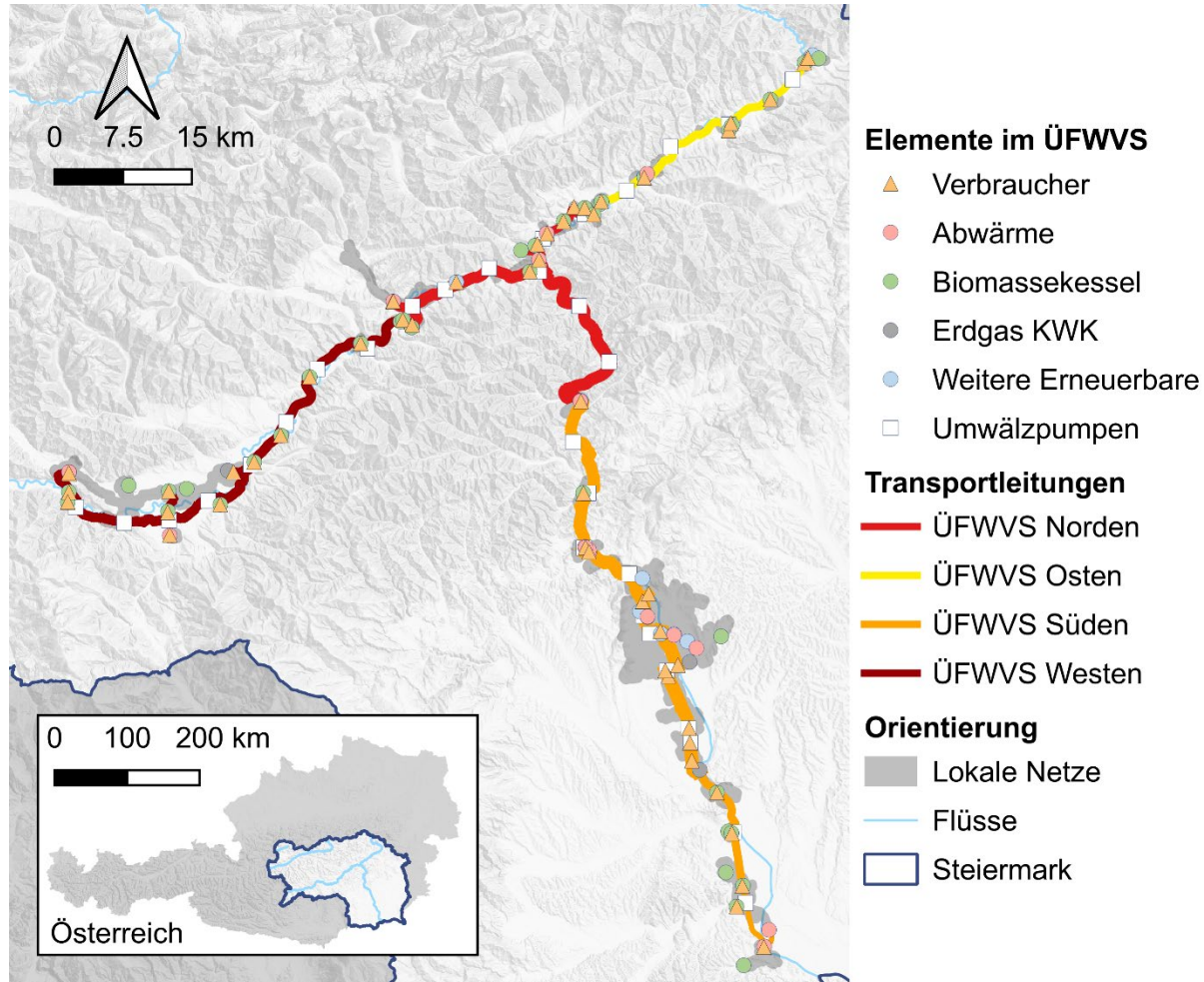


ÜFWVS - Hard Facts:

- Wärmebedarf 2022: 2362 GWh
- Länge Wärmetransportleitungen: 264 km
- Gesamte installierte Leistung 2022: 1285 MW

CASE STUDY

UNTERSUCHUNG DER AUSWIRKUNGEN EINES ÜFWVS AUF EIN LOKALES NETZ

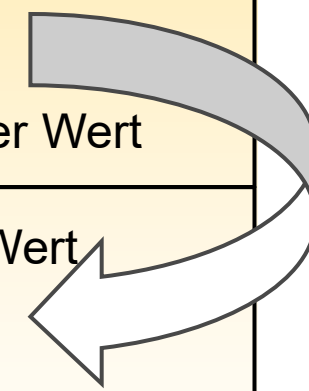
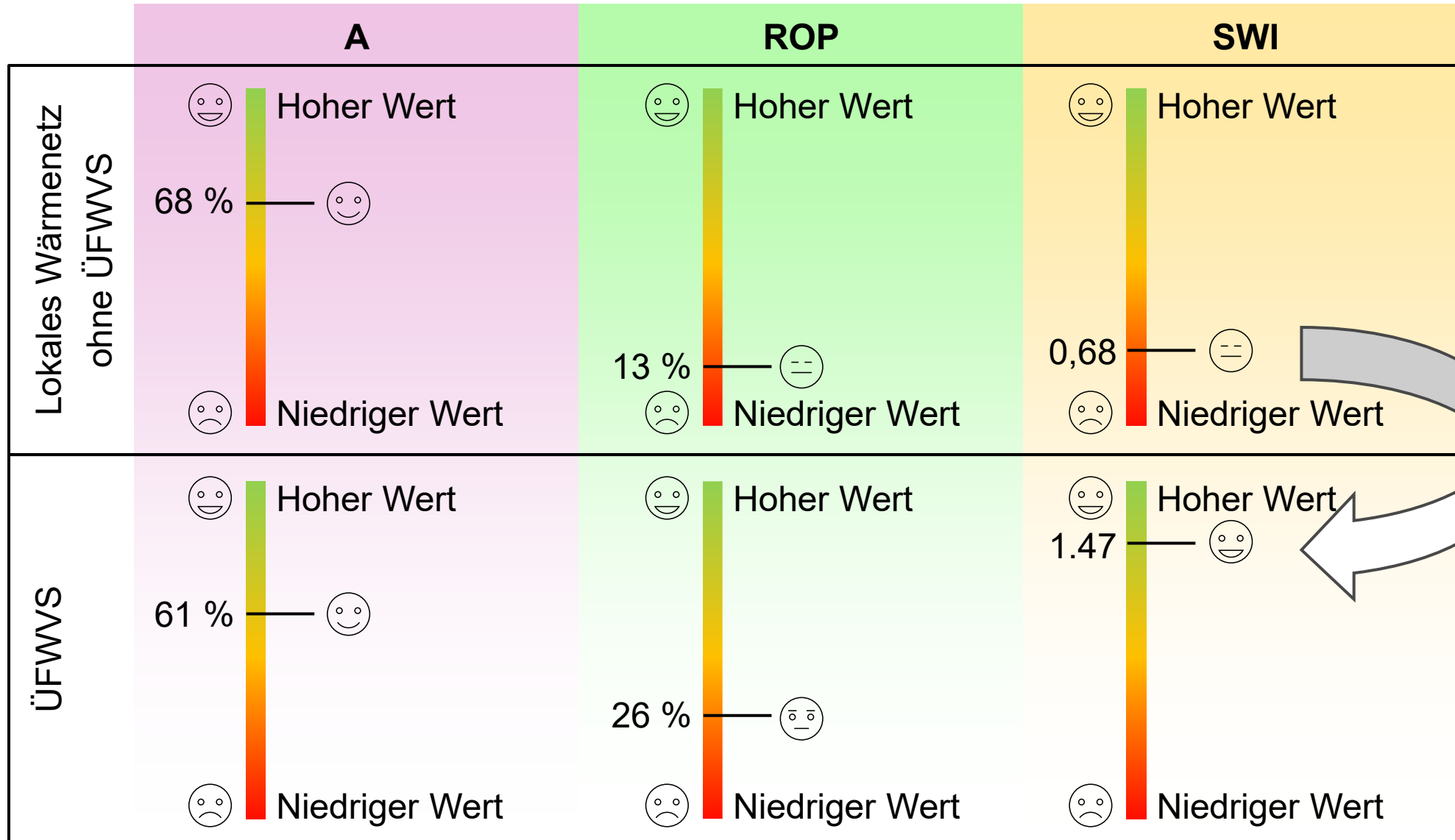


Lokales Netz - Hard Facts:

- Wärmebedarf 2022: 44 GWh
- Länge Wärmetransportleitungen: 19 km
- Gesamte installierte Leistung 2022: 28,6 MW

Versorgungssicherheit mit und ohne Anbindung?

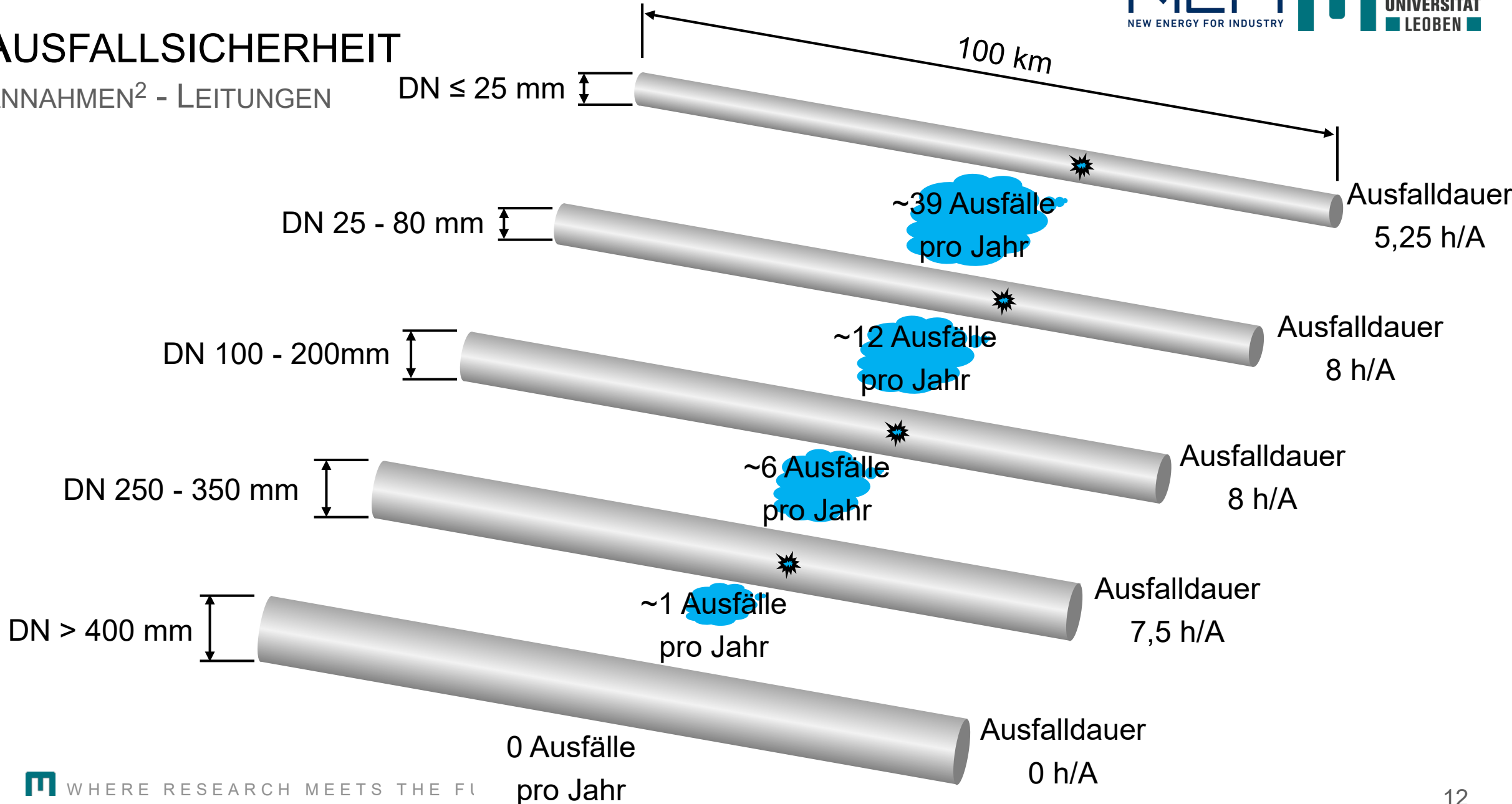
DIFFERENZIIERTE BETRACHTUNG BEIDER SYSTEME



Entscheidender Unterschied!

AUSFALLSICHERHEIT

ANNAHMEN² - LEITUNGEN



AUSFALLSICHERHEIT

MÖGLICHE LEITUNGS-AUSFÄLLE

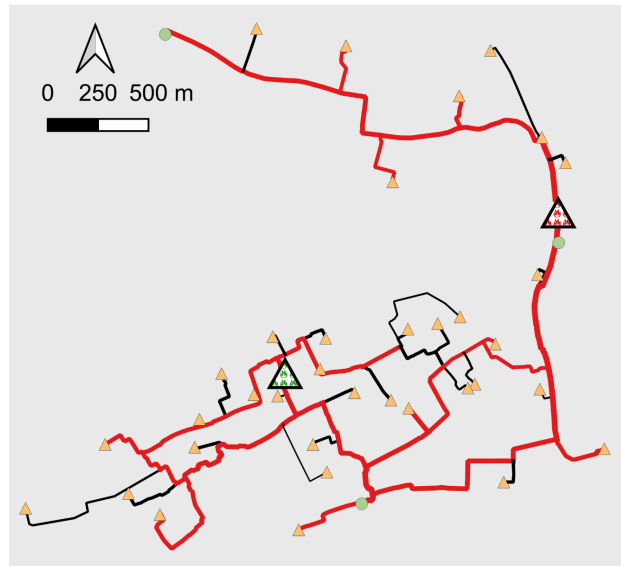


Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 25 - 80 mm

Ein Ausfall

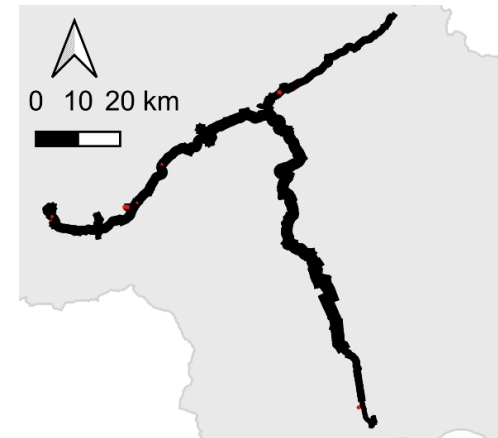
Legende

- Restliche Leitungen
- Betroffene Leitungen
- ▲ Verbraucher
- Industrielle Abwärme
- Biomasse
- ▲ Kritischer Ausfall
- ▲ Nicht kritischer Ausfall



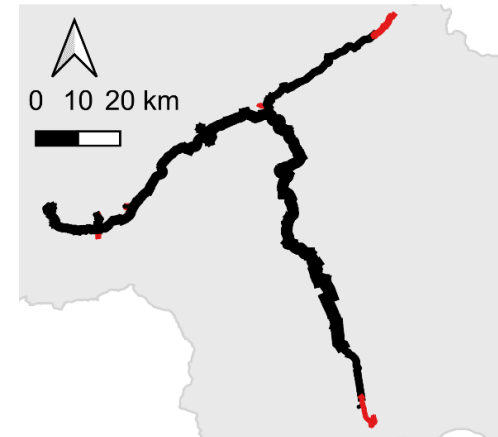
Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 100 - 200 mm

Ein Ausfall



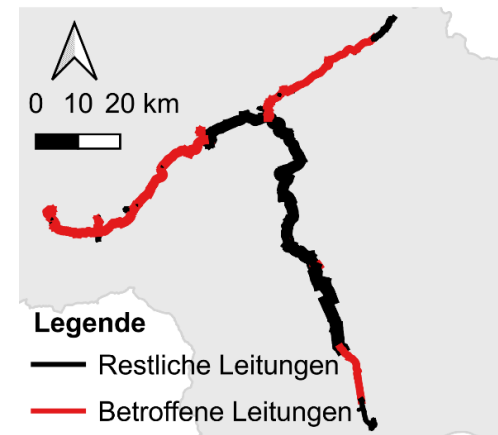
Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 25 - 80 mm

Ein Ausfall – irrelevant für das betrachtete lokale Netz



Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 100 - 200 mm

Zwei Ausfälle – irrelevant für das betrachtete lokale Netz



Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 250 - 350 mm

Ein Ausfall

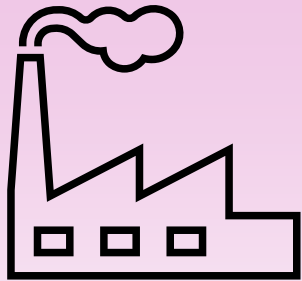
Legende

- Restliche Leitungen
- Betroffene Leitungen

AUSFALLSICHERHEIT

WEITERE ANNAHMEN²

KWK

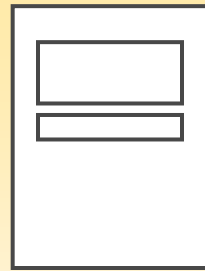


~0,7

Ausfälle pro
Jahr

Ausfalldauer:
< 1,0 h/A

Heizkessel

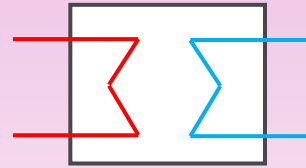


~0,3

Ausfälle pro
Jahr

Ausfalldauer:
1,5 h/A

Wärmeübertrager

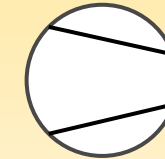


~0,007

Ausfälle pro
Jahr

Ausfalldauer:
3,5 h/A

Umwälzpumpe

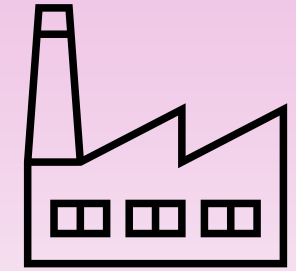


~0,059

Ausfälle pro
Jahr

Ausfalldauer:
1,0 h/A

Abwärme

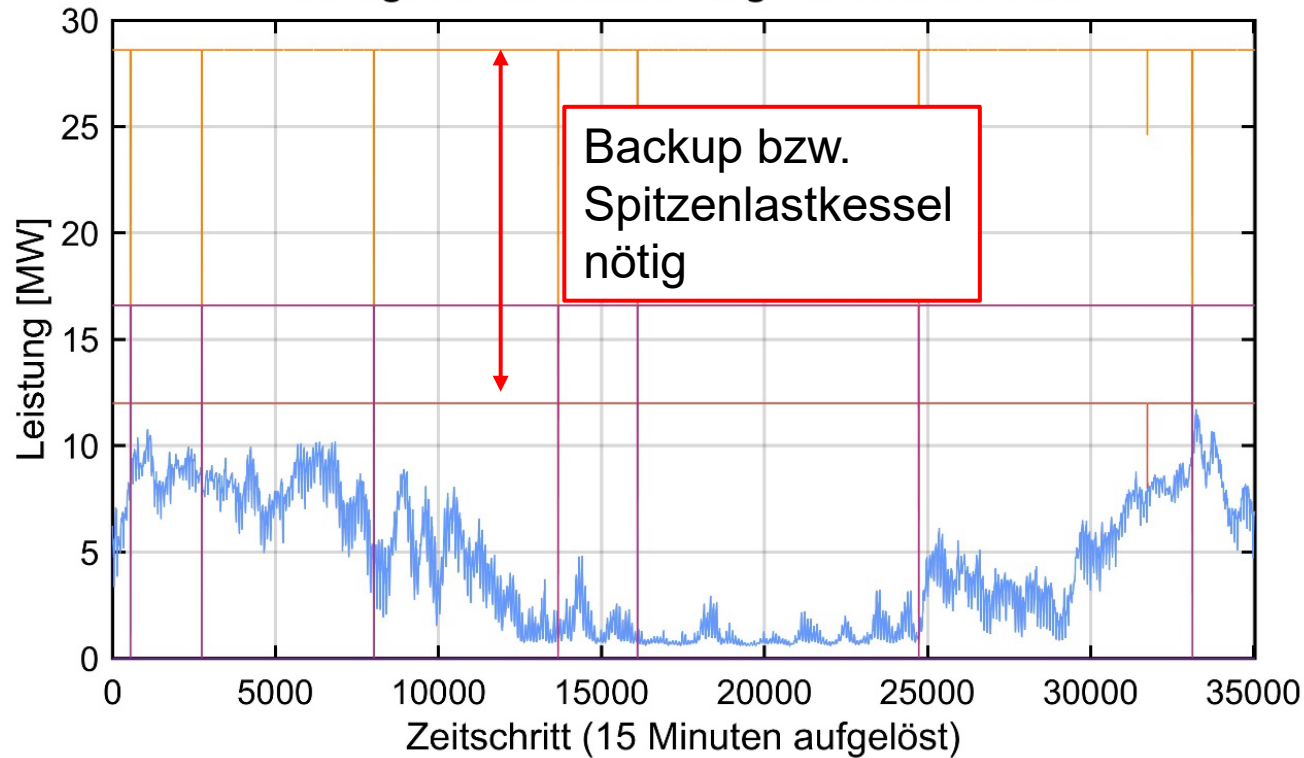


Jede einzelne
Anlage
individuell
untersucht

AUSFALLSICHERHEIT

VERFÜGBARKEIT DER WÄRMEQUELLEN

Verfügbare Wärmeleistung vs. Wärmebedarf



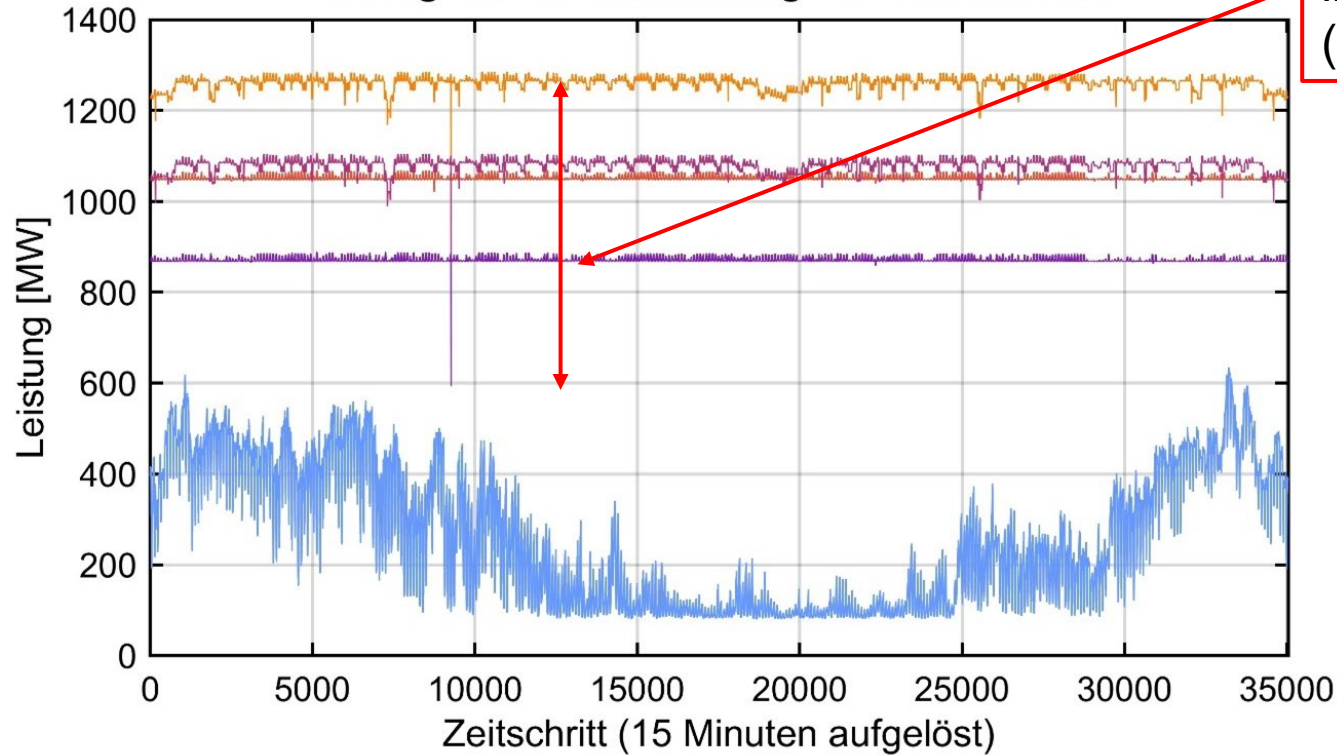
Lokales Netz:
- Individuelle
Anlagenausfälle können
problematisch sein

- Wärmebedarf
- Verfügbare Wärmeleistung
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Abwärme
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Biomasse
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Biomasse und ohne Abwärme

AUSFALLSICHERHEIT

VERFÜGBARKEIT DER WÄRMEQUELLEN

Verfügbare Wärmeleistung vs. Wärmebedarf



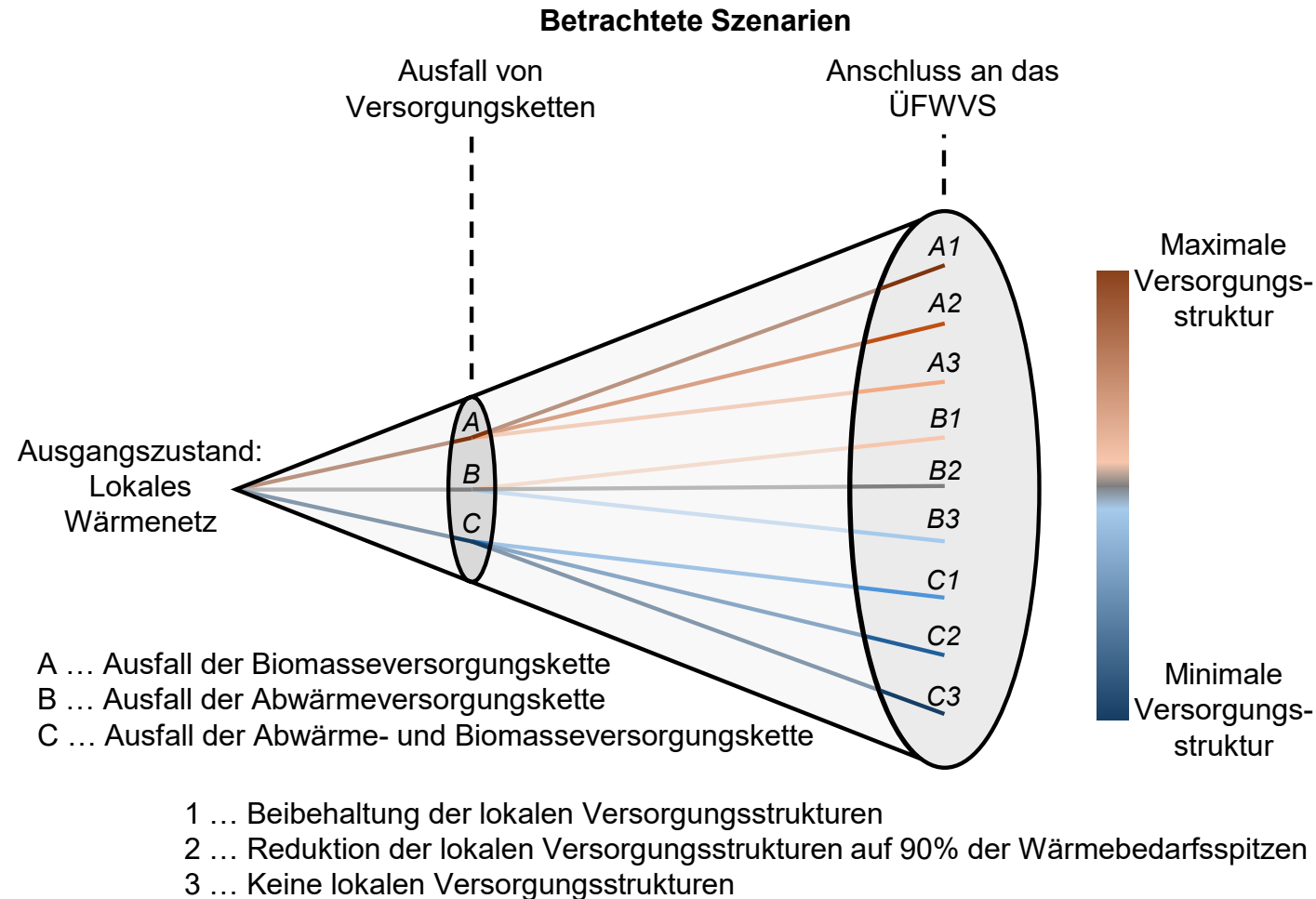
Die lokalen Backups machen sich in diesen enormen Redundanzen (~600 MW) ersichtlich

ÜFWVS:
- Individuelle Anlagenausfälle sind irrelevant im Verhältnis zu der gesamt installierten Leistung

- Wärmebedarf
- Verfügbare Wärmeleistung
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Abwärme
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Biomasse
- Verfügbare Wärmeleistung ohne Biomasse und ohne Abwärme

SZENARIEN

UNTERSUCHTE SZENARIEN BEZOGEN AUF DIE AUSFALLSICHERHEIT



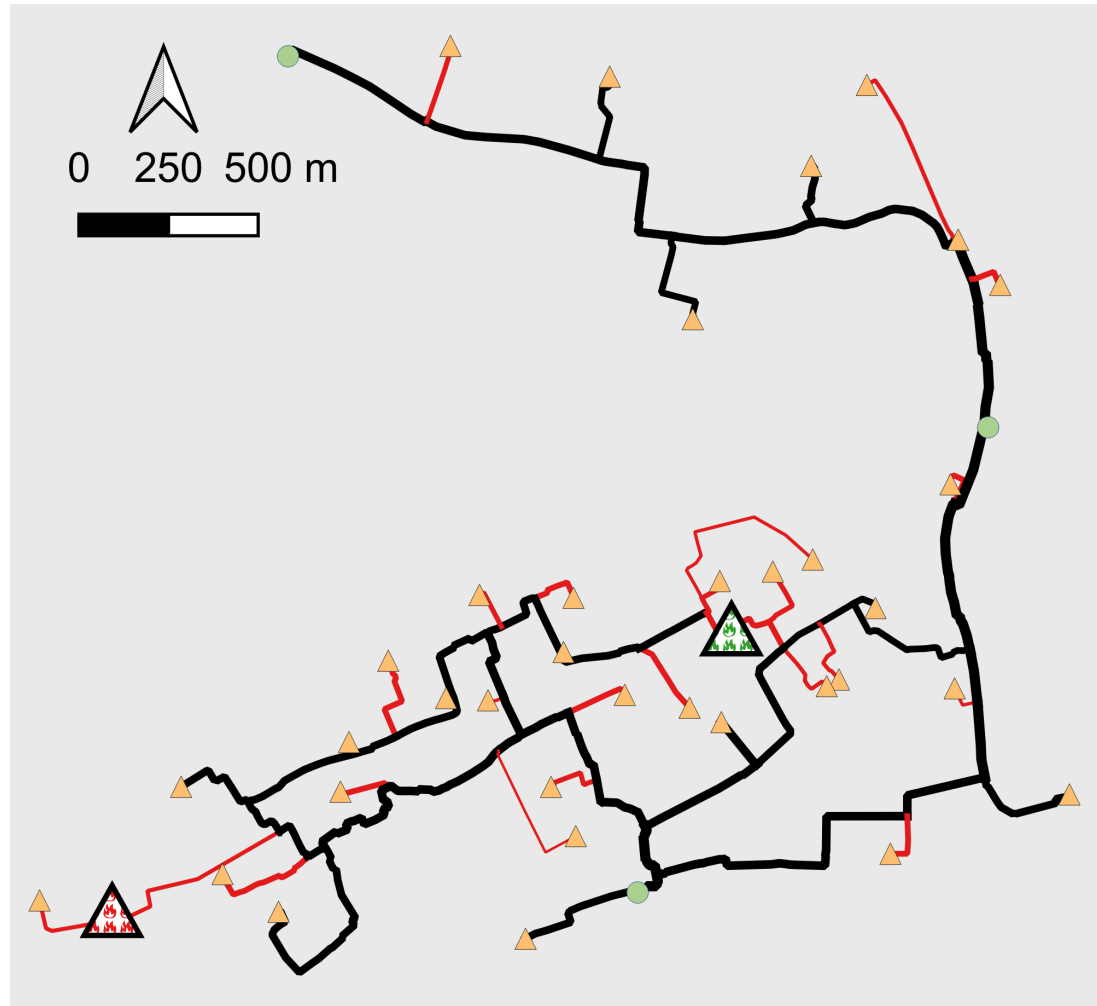
Diese Szenarien wurden einmal auf kritische (K) Fälle und einmal auf nicht kritische (nK) Fälle untersucht.

K: Wenn die Ausfälle an Örtlichkeiten auftreten, die die Versorgungssicherheit des untersuchten lokalen Netzes wesentlich beeinflussen

nK: Wenn die Ausfälle an Örtlichkeiten anfallen, die die Versorgungssicherheit des untersuchten lokalen Netzes nicht wesentlich beeinflussen

SZENARIEN

BEISPIEL - KRITISCH VS NICHT KRITISCHER FALL



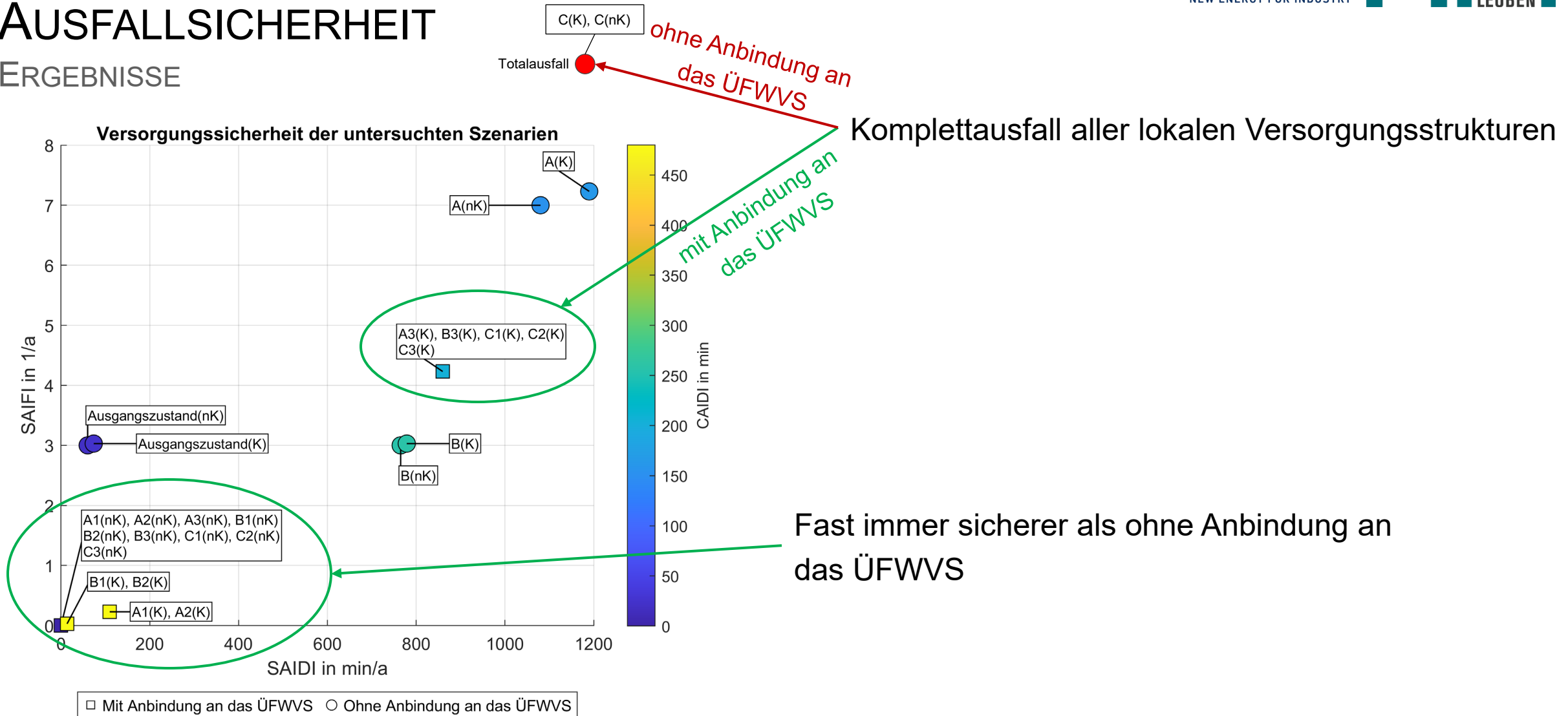
Mögliche Leitungsausfälle bei den Rohrdurchmessern von DN 25 - 80 mm

Legende

- Restliche Leitungen
- Betroffene Leitungen
- ▲ Verbraucher
- Industrielle Abwärme
- Biomasse
- ▲ Kritischer Ausfall
- ▲ Nicht kritischer Ausfall

AUSFALLSICHERHEIT

ERGEBNISSE



SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Durch die Integration von ÜFWVS kann die Versorgungssicherheit signifikant erhöht werden.
- Gleichzeitig könnten Backupsysteme ohne nennenswerte Einbußen bei der Versorgungssicherheit abgebaut werden, was zu Kosteneinsparungen führen könnte.
- Auch ohne ÜFWVS weisen lokale Wärmenetze eine hohe Versorgungssicherheit auf, solange nicht mehrere Versorgungsketten zur Wärmegewinnung gleichzeitig ausfallen.
- Ein Ausfall einzelner Anlagen kann in lokalen Wärmenetzen, die nicht an ein ÜFWVS angebunden sind, die Versorgungssicherheit beeinträchtigen, während dies bei Anbindung an das ÜFWVS nicht der Fall ist.
- Um eine größtmögliche Versorgungssicherheit zu gewährleisten, sollte im lokalen Netz zumindest eine Anlage, die idealerweise 90 % der Verbrauchsspitzen abdecken kann, bestehen bleiben.

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



DIPL.-ING. JOSEF STEINEGGER

CHAIR OF ENERGY NETWORK TECHNOLOGY
UNIVERSITY OF LEOBEN

JOSEF.STEINEGGER@UNILEOBEN.AC.AT
03842 402 5421