



LowTEMP2.0

# Methodik zur Entwicklung von Pilot-Energie-Strategien



# LowTEMP-Trainingspaket – Gliederung

## Einführung

Einführung in Klimaschutzstrategie(n) & -ziele

Einführung in Energieversorgungssysteme und Niedertemperaturfernwärme (NTFW)

Energieversorgungssysteme im Ostseeraum

## Energiestrategien und Pilotprojekte

Methodik zur Entwicklung von Pilot-Energie-Strategien

Pilot-Energiestrategien - Ziele und Voraussetzungen

Pilot-Energie-Strategien – Beispiele

Pilot- bzw. Demonstrationsprojekte

Berechnung von THG-Emissionen

Lebenszyklusanalyse von NTFW

## Finanzielle Aspekte

Lebenszykluskosten von NT FW-projekten

Wirtschaftlichkeit und unrentierliche Kosten

Vertrags- und Zahlungsmodelle

Geschäftsmodelle und innovative Förderstrukturen

## Technische Aspekte

Rohrleitungssysteme

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Großmaßstäbliche Solarthermie

Ab- & Überschusswärme

Großmaßstäbliche Wärmepumpensysteme

Power-2-Heat und Power-2-X

Thermische, solare Eis- und PCM-Speichertechniken

Wärmepumpen-Systeme

Niedrigtemperatur und Fußbodenheizung

Trinkwarmwasserproduktion

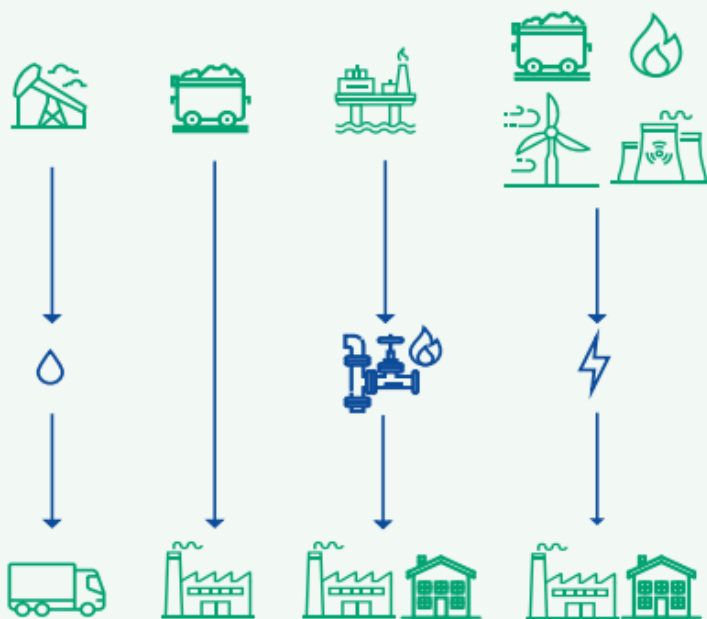
Lüftungssysteme

## Aus der Praxis

Innovative Praxis-Beispiele

# EU Strategie zur Integration des Energiesystems

**Das heutige Energiesystem:**  
lineare und verschwenderische  
Energieflüsse nur in eine  
Richtung



**Zukünftige integrierte  
Energiesysteme der EU:**  
Energieflüsse zwischen Nutzern und  
Erzeugern, Reduzierung von  
Ressourcen- und Geldverschwendung

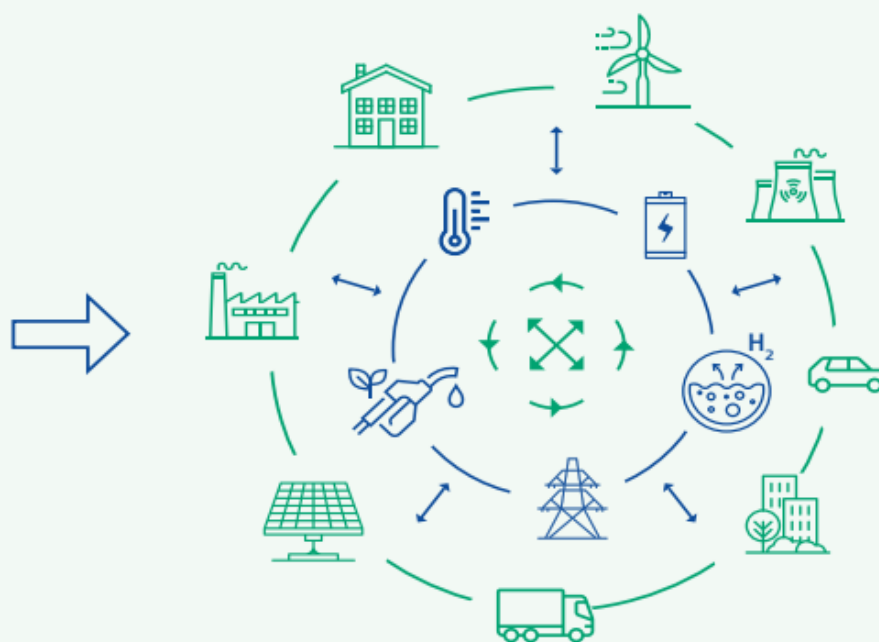


Abb. 1: Integrierte Energiesysteme in der EU [1]

# Notwendigkeit

- **Die Temperaturabsenkung** im Fernwärmenetzen ist ein komplexer Prozess, der die Erzeugung, Verteilung und den Wärmeverbrauch einschließt.
- **Eine langfristige Planung** ist erforderlich, um alle Elemente des Systems auf niedrigere Temperaturen im Netz auszurichten.
- **Die Implementierungsstrategie** ist ein nützliches Instrument, das die **Modernisierung des Gebäudes und der Infrastruktur** in eine **sinnvolle Reihenfolge** bringt.

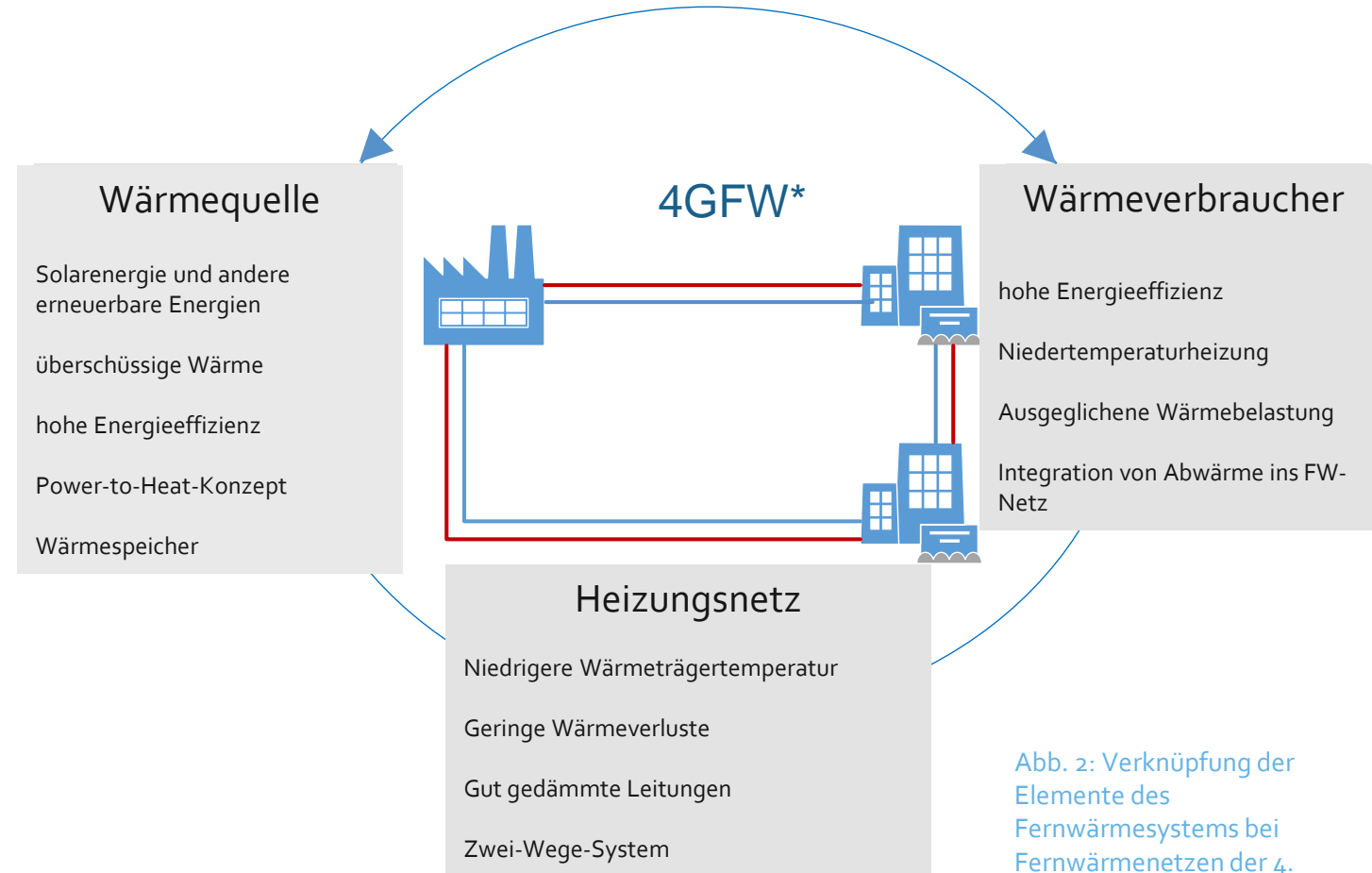


Abb. 2: Verknüpfung der Elemente des Fernwärmesystems bei Fernwärmenetzen der 4. Generation, eigene Grafik

# Hauptzielgruppen

- Gemeinden
- Enge Zusammenarbeit mit anderen Stakeholdern:
  - FW Netzbetreiber
  - Wärmelieferanten
  - Energieagenturen
  - Bauherren
  - Andere

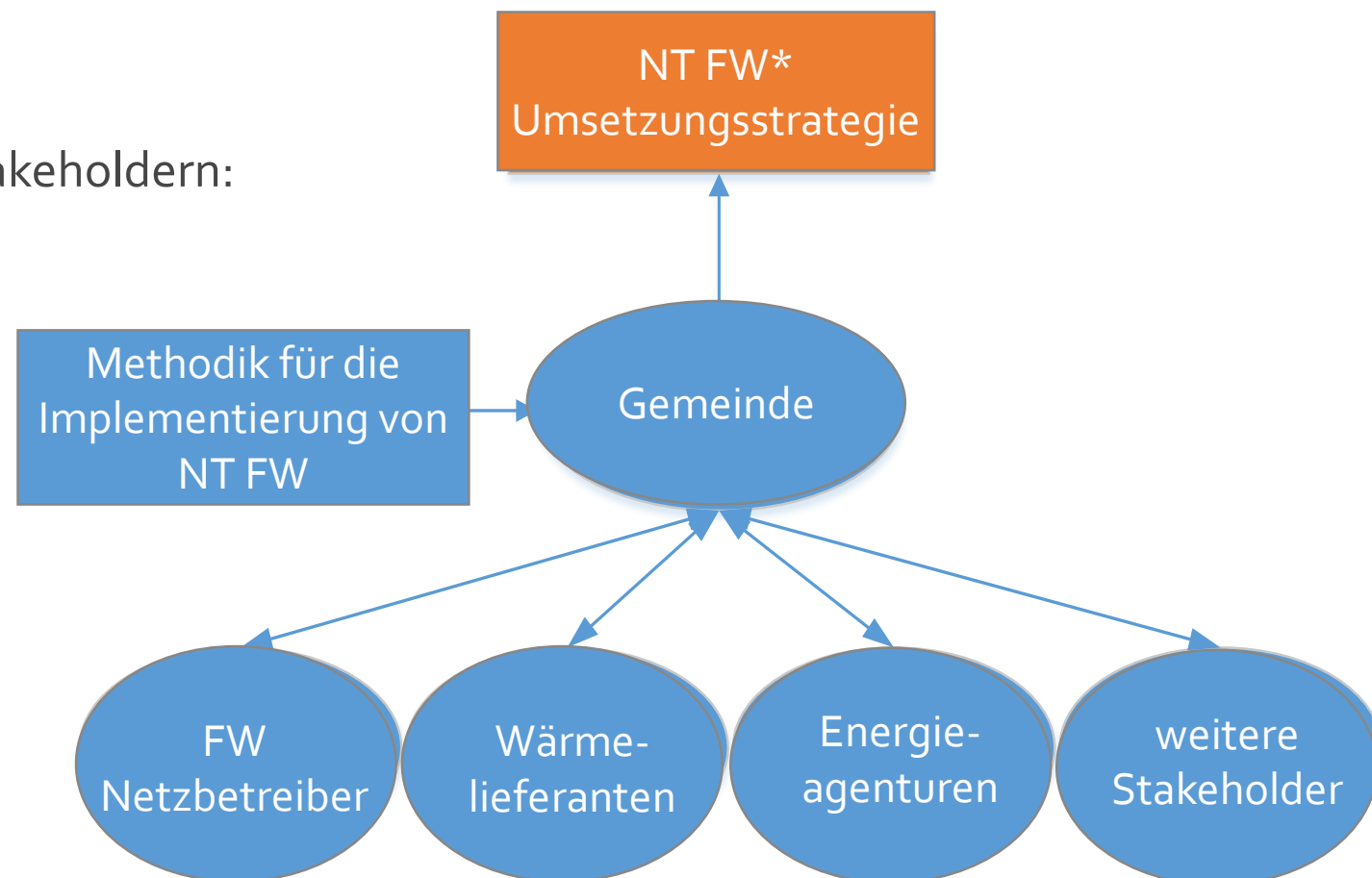


Abb. 3: hauptsächliche Zielgruppen zur Implementierung von NT FW Konzepten, eigene Grafik



# Hauptschritte für die Strategieentwicklung



Abb. 4: Schritte der Strategieentwicklung

# Analyse der Voraussetzungen

Unterlagen von bestehenden Planungen

- Strategien
- Aktionspläne
- Investitionspläne

Technische Voraussetzungen

- Standorte und Leistung der Energieerzeugungsanlagen
- Wärmeverteilungsnetze und Übertragungsstationen
- Vorhandene Netzwerkanalysen

Städtische Voraussetzungen

- Siedlungsstruktur und Wärmebedarfsdichte
- Lage potenzieller Bau- und / oder Rückbau von Wohngebieten

# Technische Voraussetzungen

## Wärmeerzeugungsanlagen und der größten Industrieanlagen

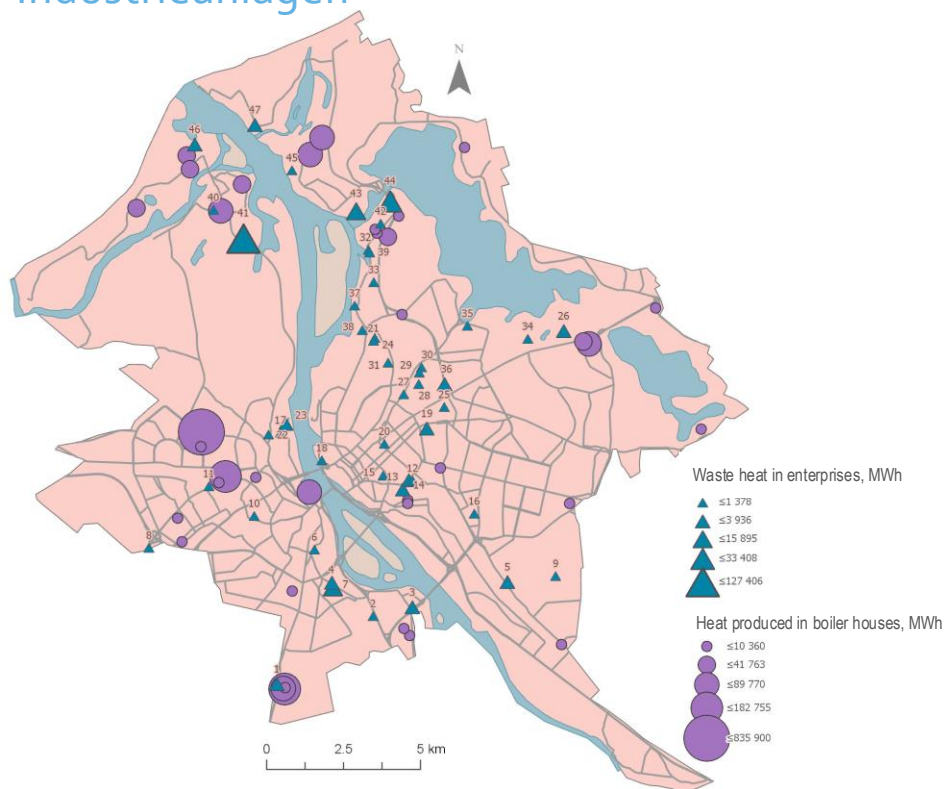


Abb. 5: Plan über vorhandene Abwärmepotenziale für Riga [2]

## Netzplan Fernwärme in Riga

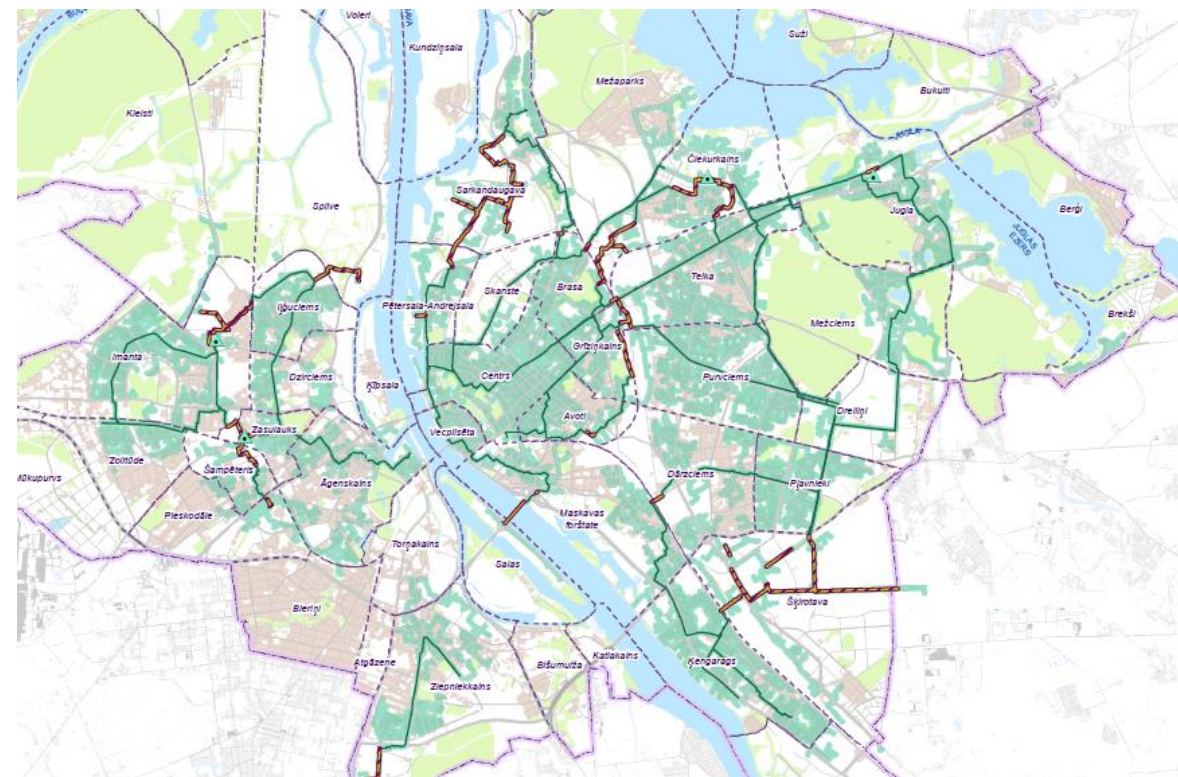


Abb. 6: Lage des Fernwärmenetzes in Riga [3]

# Stakeholder-Analyse

- Die Hauptakteure, die aufgrund ihrer Entscheidungsbefugnisse einen wesentlichen Einfluss auf die Richtung und Schnelligkeit einer lokalen Transformation haben:
- Energieversorger
- Wohnungsunternehmen
- Privateigentümer, Investoren etc...
- Behörden und öffentliche Dienstleistungsunternehmen (Abwasserunternehmen, Abfallunternehmen)

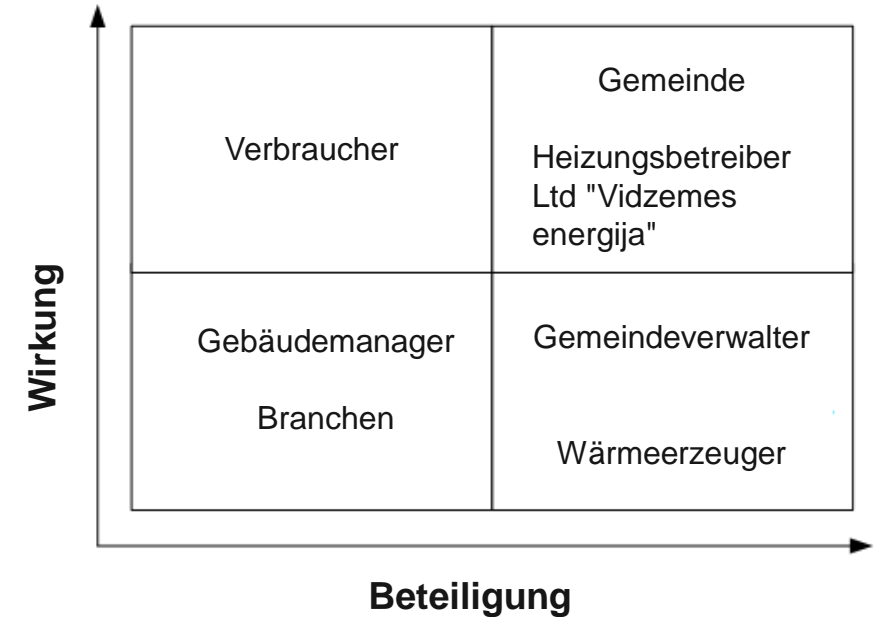


Abb. 7: Stakeholder-Analyse nach Beteiligung und Wirkung



# Institutioneller und organisatorischer Rahmen

- Der institutionelle Rahmen der FW-Unternehmen ist in jedem Land unterschiedlich:
  - Unternehmen in hauptsächlich kommunaler Hand (in Deutschland üblichste Eigentumsform von Fernwärmeunternehmen)
  - System im Besitz privater Eigentümer
  - Unternehmen im Besitz der Regierung
  - Der Betreiber kann eine gemeinnützige Organisation sein
- Die Organisation hat in Zukunft unterschiedliche Interessen an der Entwicklung von FW-Systemen.

# Analyse des Strategiepfades für die Transformation

- Zwei Hauptrichtungen für die Wärmeerzeugung:
- **lokale Wärmeversorgung durch einzelne Wärmelösungen (als „Tausend Blumen“-Szenario bezeichnet)**
- **Wärmeversorgung durch FW**
- Der Hauptaspekt - **Wärmebedarfsdichte eines bestimmten Gebiets.**

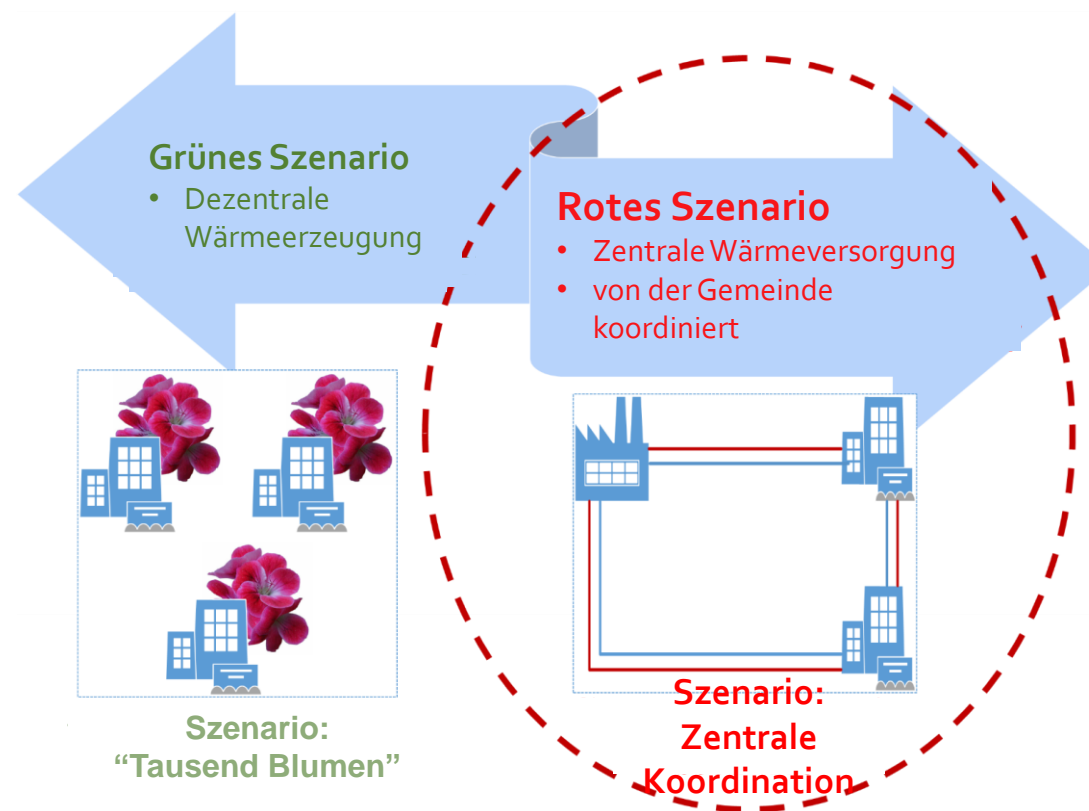
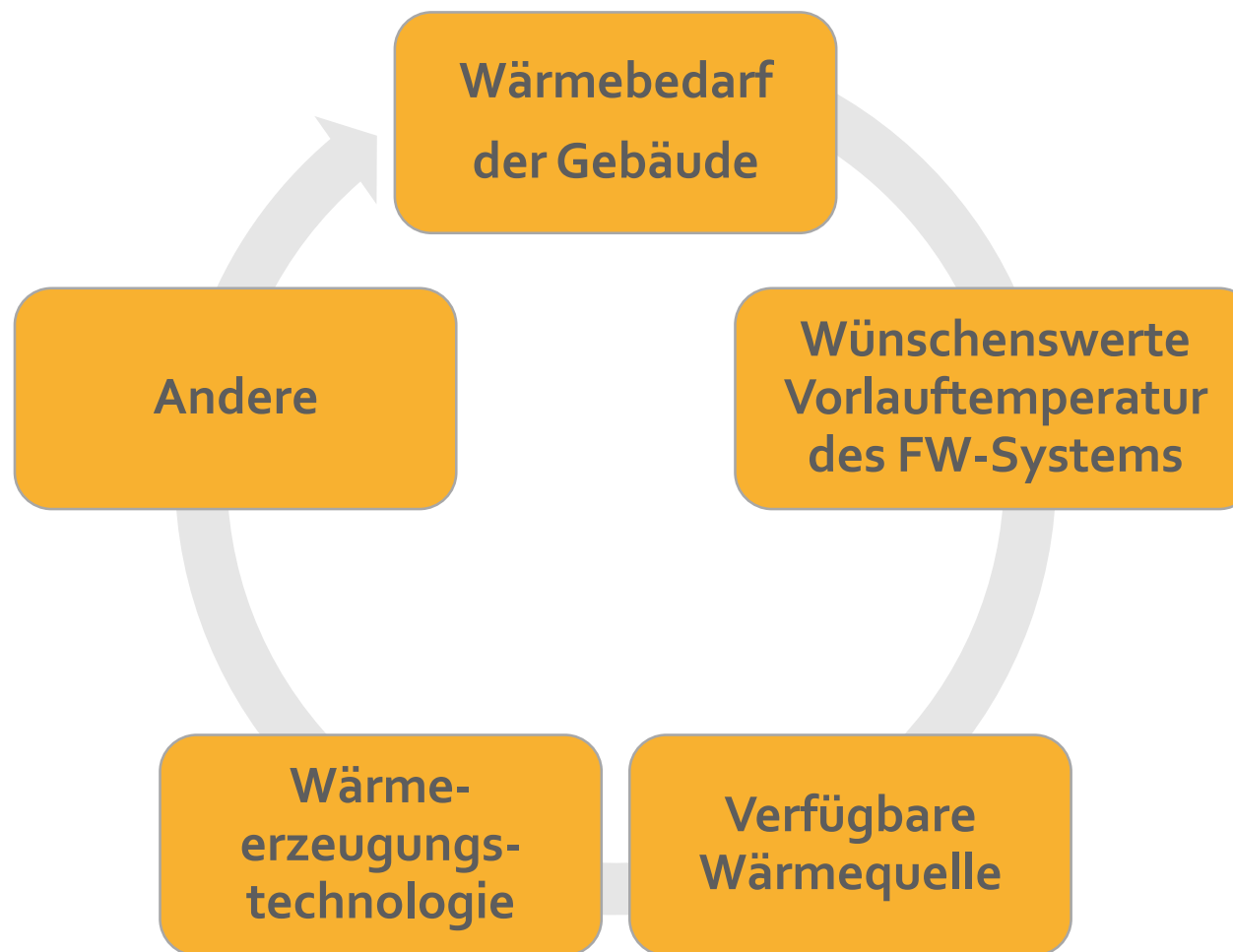


Abb. 8: mögliche Strategiepfade für die Entwicklung der Wärmeversorgung [4]



# Analyse des Strategiepfades für die Transformation



# Wärmebedarf der Gebäude

## Bestehende Gebäude

Programme zur Optimierung des Temperaturniveaus

Regelung und Anpassung von Unterstationen

Die Temperatur kann bis zu einem bestimmten Punkt abgesenkt werden

## Gemischte Gebäudeflächen

Energiekaskaden

Regelung und Anpassung von Unterstationen

Die Temperatur kann bis zu einem bestimmten Punkt gesenkt werden

## Neue und modernisierte Gebäude

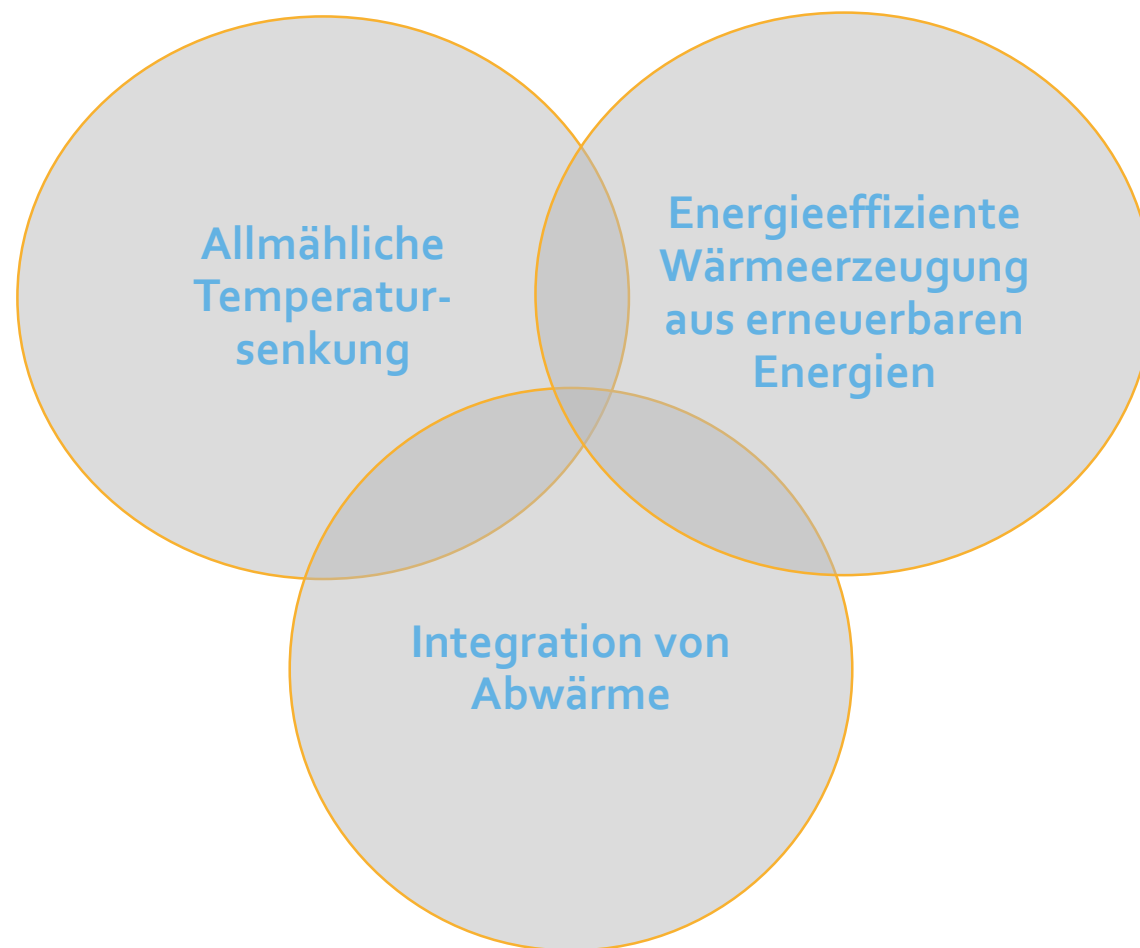
Geringer Wärmebedarf

Passende Wärmeerzeugungstechnologien

Niedrigere Vorlauftemperatur möglich



# Beispiel für Transformationspfade in Gulbene



# Erstmalige Identifizierung von Bereichen zur Umstellung auf Niedertemperatur Fernwärme



LowTEMP2.0

- Hauptkriterien, die verwendet werden können:
  - das Energieeffizienzpotential
  - Potenzial zur Integration von erneuerbare Energieträgern
  - Gebäude- und Wärmeverbrauchsichte
  - Potenzial zur Erhöhung der Dichte durch Integration neuer Wärmeverbraucher oder Ausstattung mit zusätzlichen Geräte im FW-Netz
  - Identifizierung von Wärmeüberschüssen aus Industriellen Prozessen, die in das FW-System integriert werden können
- Vorrang sollten Gebäude, FW-Netze oder Systeme haben, die energetisch modernisiert werden sollten

# Beispiel für technische Alternativen

Szenario	Technische Lösungen	Planen
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Hackschnitzelkesselhaus liefert die Wärme</li> <li>• 1,5 und 3,5 MW Kessel installiert</li> <li>• Betriebstemperatur (90 °C bis 70° C)</li> <li>• PV-Solarmodule</li> <li>• Prognostizierter leichter Anstieg des Wärmeverbrauchs aufgrund von Neuanschlüssen</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Hackschnitzelkesselhaus liefert die Wärme</li> <li>• 1,5 und 3,5 MW Kessel installiert</li> <li>• Reduzierte Betriebstemperaturen (70 °C bis 45 °C)</li> <li>• PV-Solarmodule</li> <li>• Prognostizierter leichter Anstieg des Wärmeverbrauchs aufgrund von Neuanschlüssen</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlast aus industrieller Abwärme (1 MW)</li> <li>• Zusätzliche Wärme aus dem Hackschnitzelkesselhaus (3,5 MW)</li> <li>• Reduced operating temperatures (70°C bis 45°C)</li> <li>• Prognostizierter leichter Anstieg des Wärmeverbrauchs aufgrund von Neuanschlüssen</li> </ul>	

Abb. 9: Schematische Darstellung der verschiedenen Szenarien, eigene Grafik



# Datensammlung

- Produzierte Wärme [MWh pro Jahr]
- Kraftstoffverbrauch [natürliche Einheiten oder MWh]
- Niedrigster Brennwert des Kraftstoffs [MWh / natürliche Kraftstoffeinheit (t, m<sup>3</sup> etc.)]
- Verbrauchte Wärmemenge für Raumwärme und zur Trinkwarmwasserbereitung [MWh pro Jahr]
- Wärmeverluste [MWh pro Jahr]
- Maximale Vor- und Rücklauftemperatur [°C]
- Länge des Wärmerohrs [m]
- Durchschnittlicher Durchmesser der Versorgungsleitungen [mm]



# Beispiel für Szenarioanalysen

	Bestehende Situation	Szen. 1	Szen. 2	Szen. 3
Installierte Kesselleistung [MW]	k.A.	1,5+3,5	1,5+3	3,5
Volumen des Holz-Lagertanks [m <sup>3</sup> ]	k.A.	10	10	10
Abgaskondensatorkapazität [MW]	k.A.	1,5	2,4	2,2
Länge neuer Heizungsnetze [m]	k.A.	681	681	681
Investitionen [T€ pro Jahr]	k.A.	3516	3486	2675
Produktionskosten [T€ pro Jahr]	750	613	584	631
Brennstoffkosten [T€ pro Jahr]	181	520	464	318
Kosten für gekaufte Wärme [T€ pro Jahr]	526	k.A.	k.A.	211
Stromkosten [T€ pro Jahr]	43	81	97	81
Wartungskosten des Rauchgaskondensatoren [T€ pro Jahr]	k.A.	13	23	21
Personalkosten [T€ pro Jahr]	14 4	17 3	17 3	14 4
Sonstige Kosten und Gewinnbeteiligung [T€ pro Jahr]	47 2	47 2	472	47 2
<b>Gesamtwartungskosten [T€ pro Jahr]</b>	<b>1366</b>	<b>1434</b>	<b>1403</b>	<b>1381</b>
<b>Spezifische Kosten der verkauften Wärme [€ / MWh]</b>	<b>55,71</b>	<b>56,18</b>	<b>54,96</b>	<b>54,09</b>

# SWOT-Analyse - Beispiel

## Alternative 1

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung lokaler und erneuerbarer Wärmequellen – Biomasse</li> <li>Niedrigere Brennstoffkosten</li> <li>Geringere Wärmeverluste</li> <li>Erhöhte Effizienz im Rauchgaskondensator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Höhere Investitionskosten für Biomassekessel</li> <li>Einstellung der Wärmeversorgungsanlagen</li> </ul>
Chancen	Bedrohungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterstützung der EU und der Regierung für alternative Energiequellen</li> <li>Preisstabilität der Biomasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abnahme der Biomassequalität</li> <li>Mangelnde Bereitschaft der Verbraucher zur Zusammenarbeit</li> <li>Brauchtrinkwasserbereitung</li> </ul>

## Alternative 2

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedrige Investitionskosten</li> <li>Niedrige Arbeitskosten</li> <li>Hoher Wirkungsgrad des Kessels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verwendung fossiler Brennstoffe</li> <li>Hohe Brennstoffkosten</li> <li>Hohe Umweltsteuern</li> <li>Höhere Wärmeverluste</li> </ul>
Chancen	Bedrohungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung der vorhandenen Erdgasinfrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instabile Brennstoffkosten</li> <li>Erhöhte Energie- und Umweltsteuern</li> </ul>

# Bewertung der Umsetzungsbedingungen



- In Übereinstimmung mit anderen Plänen, Programmen und Instrumenten durch Bereitstellung der erforderlichen Synergien
- Klären Sie die Verantwortlichkeiten, Prioritäten, Richtlinien und das Konfliktmanagement
- Sollte flexibel sein

# Reflexion und Lernen

- Indikatoren, die überwacht werden können, um einen klaren Überblick über die Ergebnisse zu erhalten:
  - Energiebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung [kWh]
  - Spezifische Energieverbrauchsparameter [kWh / Einwohner; kWh/m<sup>2</sup> etc...]
  - Leistung von Erzeugungsanlagen [kW / Einwohner]
  - Speicherkapazität[kW]
  - Effizienz technischer Anlagen
  - Anzahl und Umfang der energetischen Modernisierungsmaßnahmen für Gebäude
  - Art und Volumen der verbrauchten Energie [kWh pro Jahr]
  - Treibhausgas- Emissionen [Tonne pro Jahr/ MWh oder absolut]
  - Entwicklung der Wärmepreise [€ / kWh]
  - Länge der Fernwärmeleitungsnetze [km]
  - Temperatur des Rücklaufs [°C]

# Schlussfolgerungen

- Die Entwicklung einer langfristigen Strategie ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der Niedertemperatur-Fernwärme
- Die Analyse der Voraussetzungen ermöglicht es, den am besten geeigneten zukünftigen Transformationspfad für ein bestimmtes FW-System zu identifizieren
- Für jedes Untersuchungs- bzw. Entwicklungsgebiet sind detailliertere technische Analysen erforderlich, um verschiedene technische Alternativen hinsichtlich Energiequellen, Wärmeverteilung und Energiebedarf zu vergleichen
- Eine SWOT-Analyse kann durchgeführt werden, um die wichtigsten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für jede analysierte alternative NTFW-Lösung zu bewerten
- Es ist wichtig, die Hauptindikatoren der implementierten Pilotprojekte (Brennstoff- und Energieverbrauch, Wärmeverluste, Effizienz der Wärmeerzeugung usw.) zu überwachen, um Schlussfolgerungen für zukünftige Projekte zu ziehen



LowTEMP2.0

# Kontakt

## Riga Technical University

Faculty of Electrical and Environmental Engineering  
Institute of Energy Systems and Environment

Francesco Romagnoli  
Dagnija Blumberga

Azenes iela 12/1-609  
1048 Riga  
Latvia

E-mail: [francesco.romagnoli@rtu.lv](mailto:francesco.romagnoli@rtu.lv)  
Tel: +371 67089943  
[www.rtu.lv](http://www.rtu.lv)

[www.lowtemp.eu](http://www.lowtemp.eu)

## Übersetzung und Anpassung: Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Prof. Dr.-Ing. Matthias Koziol  
Cornelia Siebke

Konrad-Wachsmann-Allee 4  
03046 Cottbus  
Deutschland

E-Mail: [siebke@b-tu.de](mailto:siebke@b-tu.de)  
Telefon: +49 355 69 27 37  
[www.stadttechnik.de](http://www.stadttechnik.de)  
[www.lowtemp.eu](http://www.lowtemp.eu)



# Quellennachweis

[1] Factsheet: EU Energy System Integration Strategy 08 July 2020. Online:  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_1295](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1295) [zuletzt geprüft 15.12.21]

[2] Report "Development of heat supply and cooling systems in Latvia" report. Available online:  
[https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2021/02/DHCS\\_lv\\_1\\_nodevums\\_g\\_c.pdf](https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2021/02/DHCS_lv_1_nodevums_g_c.pdf) [zuletzt geprüft 15.12.21]

[3] Ltd. "Rigas siltums" [https://www.rs.lv/sites/default/files/page\\_file/rs\\_gada\\_parskats\\_2016\\_o.pdf](https://www.rs.lv/sites/default/files/page_file/rs_gada_parskats_2016_o.pdf) [zuletzt geprüft 15.12.21]

[4] Quelle: Barton J., Davies L., Dooley B., Foxon T.J et.al, 2018. Transition pathways for a UK low-carbon electricity system: Comparing scenarios and technology implications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82 (3); 2779-2790