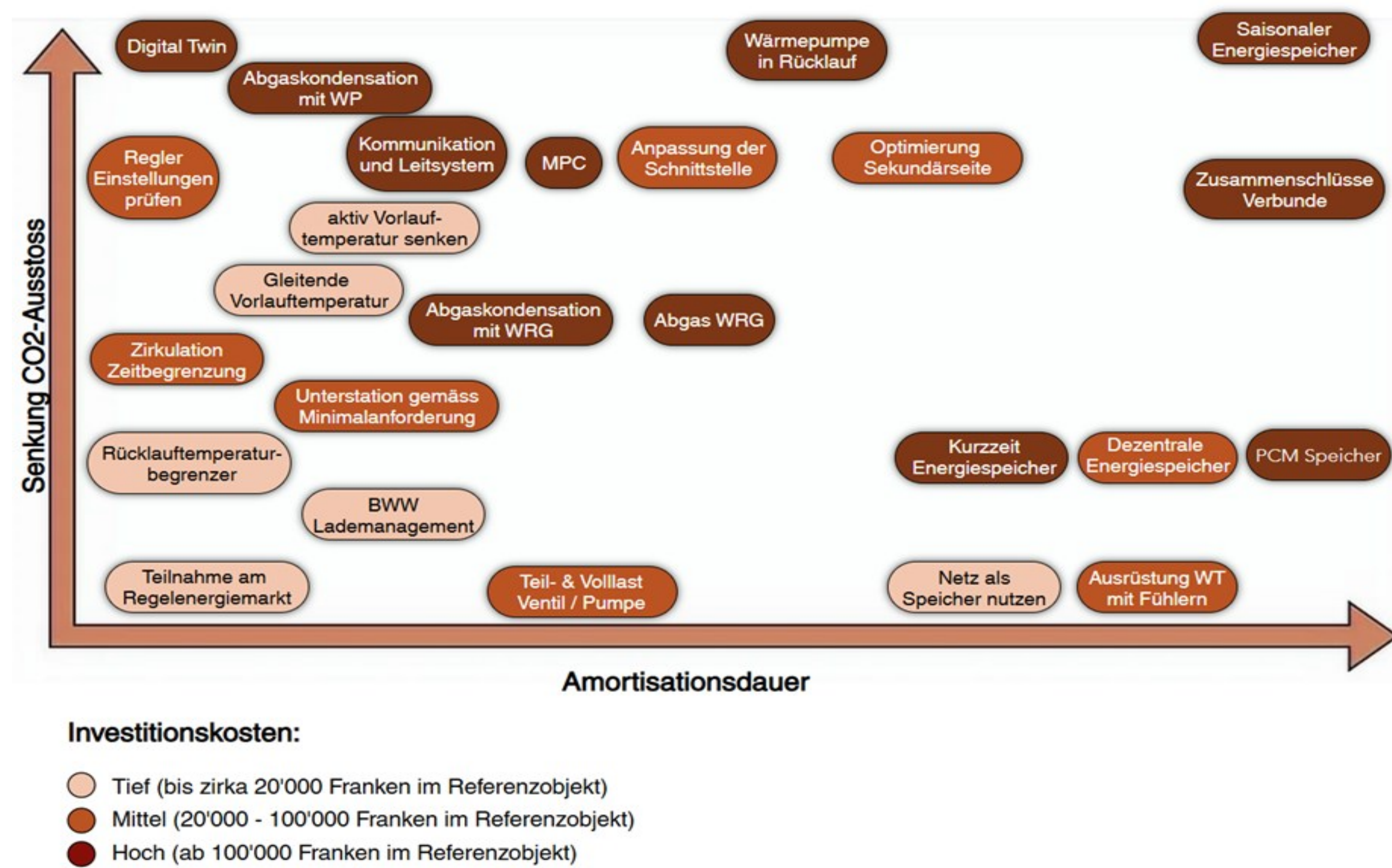
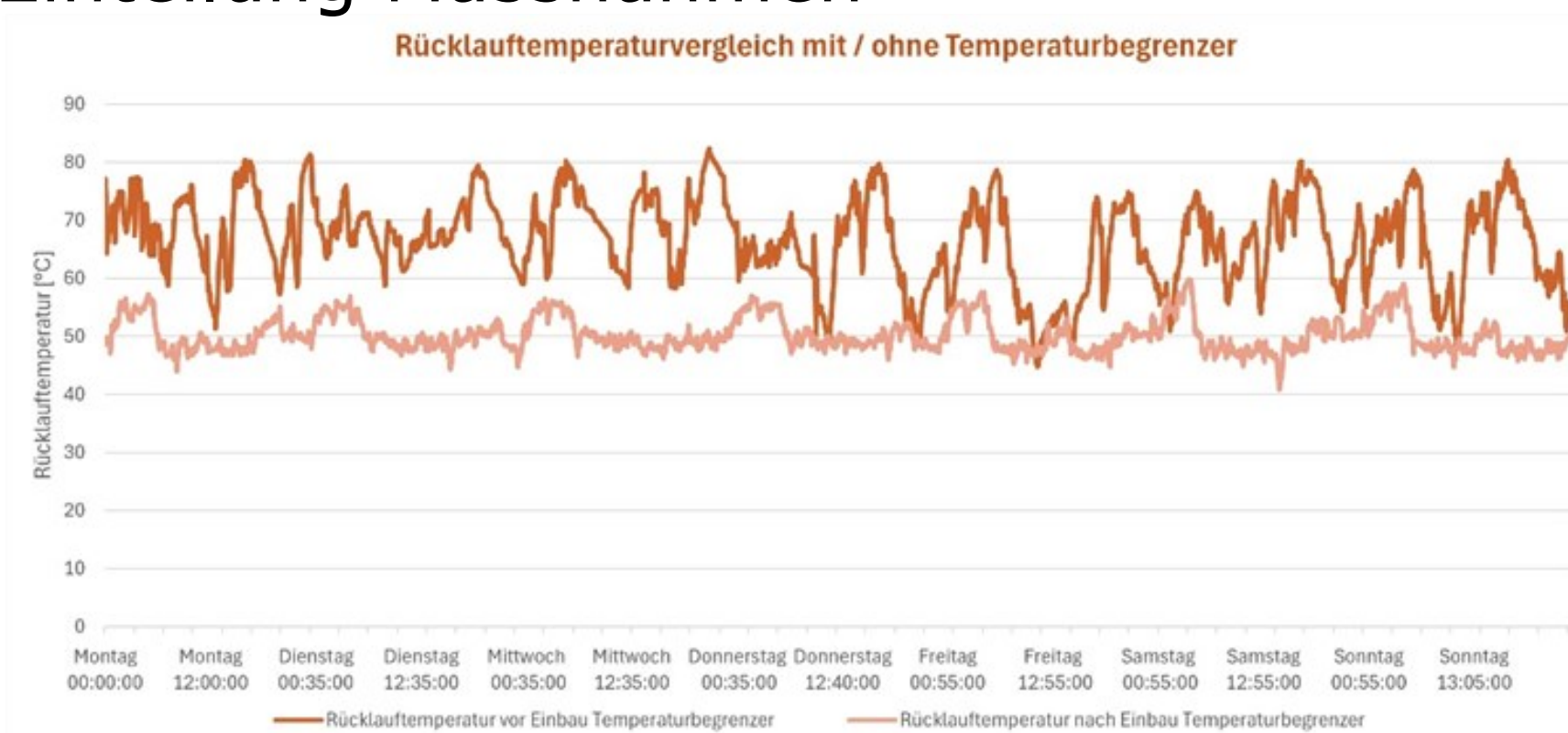


Bachelor-Thesis Gebäudetechnik und Energie

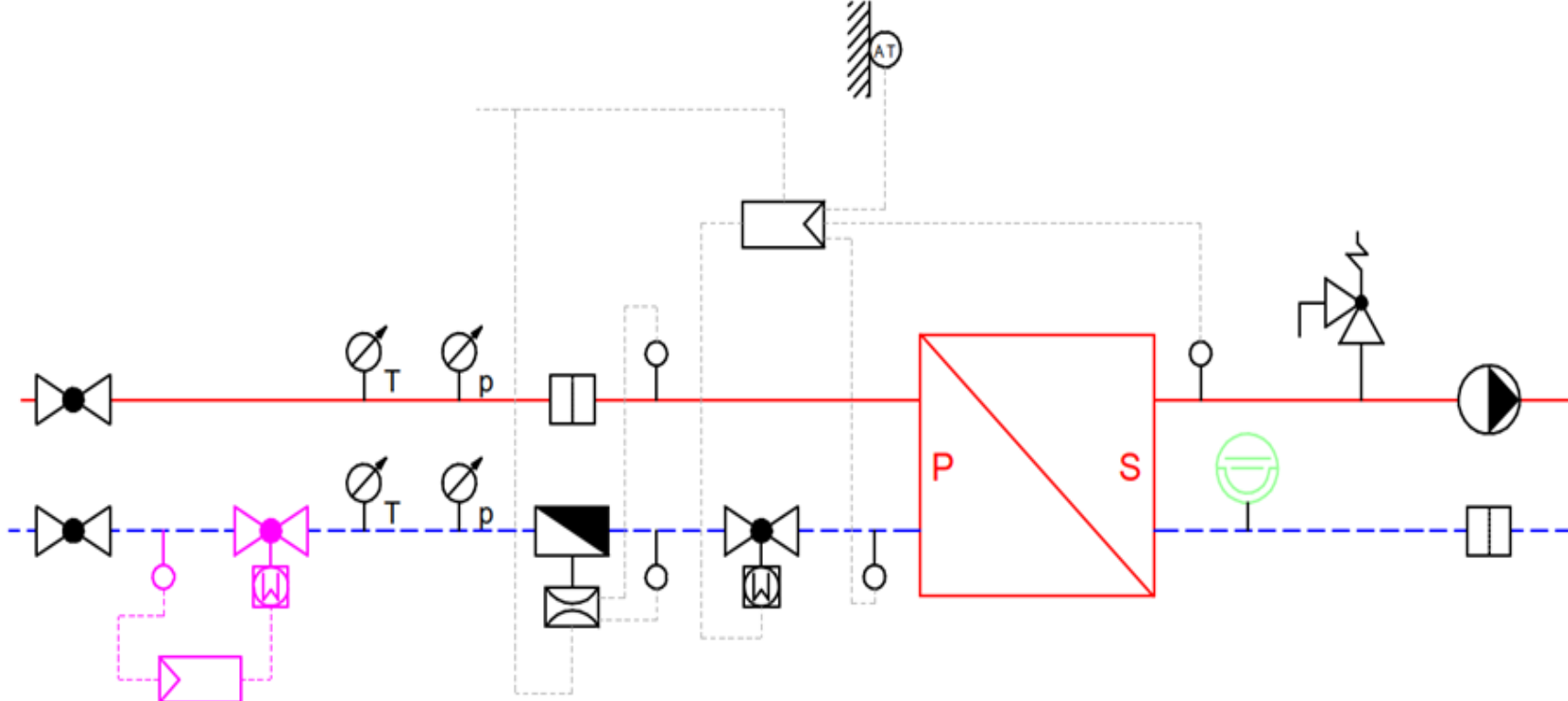
Leitfaden energetischen Betriebsoptimierung bei Wärmeverbunden



Einteilung Massnahmen

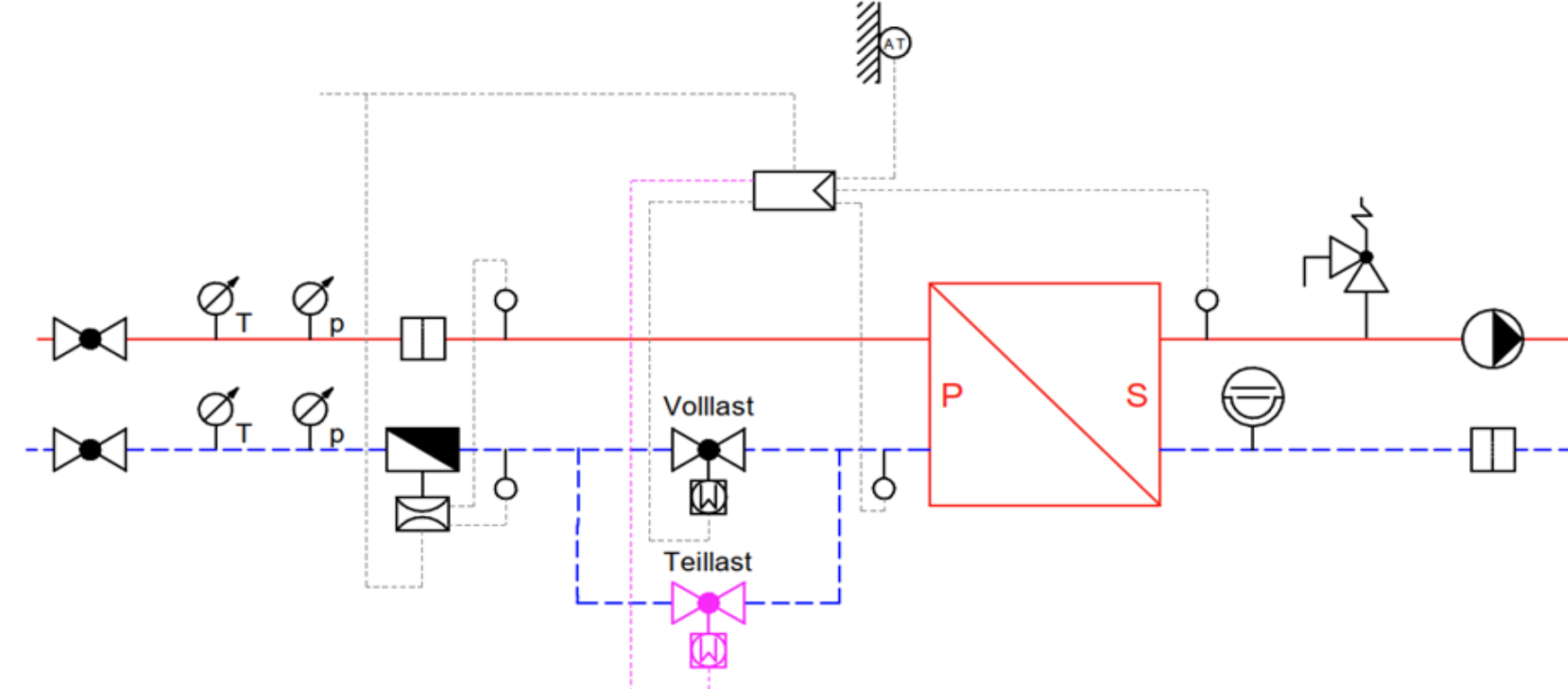


Rücklauf-temperatur mit / ohne Begrenzer



Einbindung Rücklauf-temperaturbegrenzer

Netzfahrweise Konstant / Gleitend-Konstant



Ergänzung Teillastventil

Problemstellung

In der Schweiz werden fünf Prozent der Energie von thermischen Netzen für die Raumwärme und BWW-Aufbereitung geliefert. Um einen Beitrag zum Erreichen des Netto-Null Emissionsziels zu leisten, könnten gemäss Expertenprognosen dieser Anteil bis zum Jahr 2050 auf bis zu 40 Prozent ansteigen.

Betreiber von thermischen Netzen haben dabei das Ziel, einen effizienten Betrieb der Anlage zu gewährleisten, die Verluste zu reduzieren und den Einsatz fossiler Brennstoffe möglichst zu minimieren. Obwohl Ansätze zur energetischen Optimierung des Betreibers in der Literatur beschrieben sind, fehlt es an klaren Massnahmen und Handlungsempfehlungen sowie ansprechender Darstellung dieser Ansätze.

Lösungskonzept

Um Informationen über die verschiedenen Massnahmen zu erhalten, wird Fachliteratur gelesen, Expertengespräche werden geführt und von Betreibern ausgefüllte Fragebögen

ausgewertet. Um den ökologischen und ökonomischen Ertrag der verschiedenen Massnahmen zu vergleichen, wird ein Referenzobjekt erstellt.

Ergebnisse

Für alle 25 ausgewählten Massnahmen wurden Steckbriefe erstellt, die die Massnahme selbst beschreiben sowie Vor- und Nachteile, Einsparpotentiale, Einsatzmöglichkeiten, mögliche hydraulische Einbindung und weitere relevanten Hinweise enthalten. Zusätzlich wurden für bestimmte Massnahmen Detailbeschreibungen angefertigt.

Die erstellten Steckbriefe und Detailbeschreibungen sind auf einer von uns entwickelten Webseite aufgeschaltet. Das auf der Startseite integrierte Diagramm bietet einen sofortigen Überblick über die verschiedenen Massnahmen und klassifiziert sie bereits nach Amortisationsdauer, CO₂-Einsparungen und den Investitionskosten.

Aus ökonomischer Sicht ist zu erkennen, dass Massnahmen mit Reguliereinstellungen

Abgaskondensation mittels WRG

Beschreibung
Das Ziel der Abgaskondensation ist es, die Wärmeenergie aus dem Abgas zurückzugewinnen, bevor sie über den Kamin an die Luft entweicht. Dabei wird sie dem Rauchgas mithilfe eines Wärmetauschers entzogen. Der Wärmeaustausch erfolgt, indem die heissen Rauchgase die Rohrwände des Wärmetauschers erwärmen und ihre Wärme damit an den kühleren Rücklauf abgeben. Bei der Abgaskondensation wird das Rauchgas unter die Taupunkttemperatur abgekühlt, um nebst der sensiblen Wärme auch die latente Wärme zurückgewinnen zu können. Feuchte Brennstoffe sind dabei besonders vorteilhaft. Die Abgaskondensation mit WRG wird in der Regel bei Wärmeerzeugern > 1 MW-Leistung mittels der Verbrennung ohne kondensierenden Kessel eingesetzt. Damit der Wasserdampf im Rauchgas kondensieren kann, ist eine tiefe Netzrücklauf-temperatur eine Voraussetzung. Durch den höheren Anlagewirkungsgrad kann bei gleichgrosser Nutzenergie an Brennstoff eingespart werden. Je nach Betriebsbedingungen ergibt sich ein Jahreswärmegewinn von ca. 15 %.

- | | |
|--|---|
| Vorteile | Nachteile |
| <ul style="list-style-type: none"> + Erhöhung des Anlagewirkungsgrades + kleinerer Brennstoffbedarf + Wärmerückgewinnung von latenter und sensibler Energie | <ul style="list-style-type: none"> - grösserer Platzbedarf - abhängig von der Netzrücklauf-temperatur - grösserer Wartungsaufwand (Kondensat, Rauchgaswärmetauscher) |

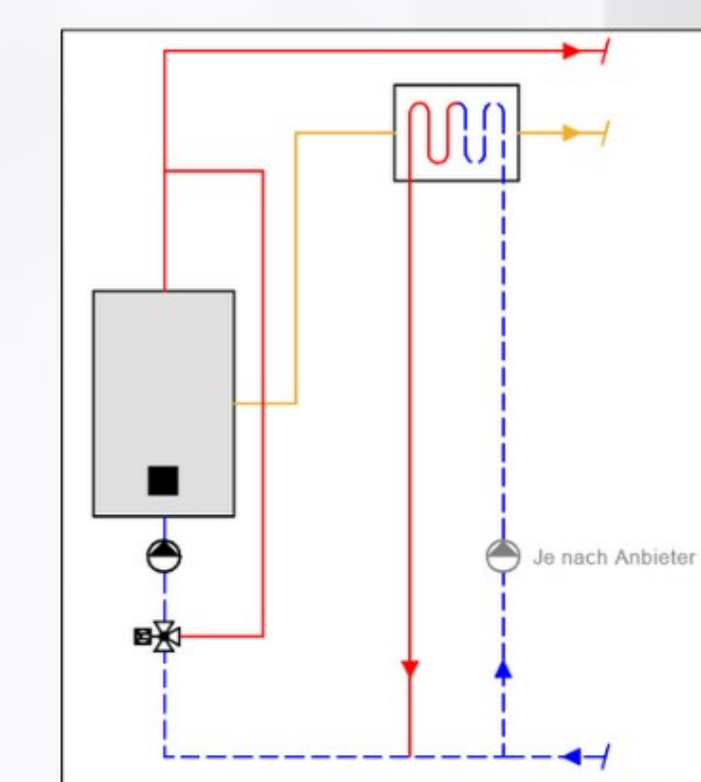
Einsparpotential-CO₂	Investitionskosten	Amortisationsdauer
 750 Hin- & Rückfahrten (Luzern - Zürich - Luzern)	 117'000 - 175'000 CHF	 6 - 10 Jahre

- | | |
|---|---|
| Energieeinsparung | Hinweise |
| <ul style="list-style-type: none"> • Endenergie • Substitution Endenergie | <ul style="list-style-type: none"> • Ablauf der Abgaskondensation einplanen • Taupunkttemperaturen beachten |

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------|-----------|---------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Einsatzmöglichkeiten | Taupunkttemperaturen von Rauchgas (abhängig von Brennstofffeuchte und Luftüberschusszahl) | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Kapazitätssteigerung • Spitzenlastabdeckung • Brennstoffreduktion | <table border="0"> <tr> <td>Heizöl:</td> <td>ca. 47 °C</td> </tr> <tr> <td>Erdgas:</td> <td>ca. 57 °C</td> </tr> <tr> <td>Pellets λ=2.0:</td> <td>ca. 39 - 42 °C</td> </tr> <tr> <td>Trockenschnitzel λ=2.0:</td> <td>ca. 47 - 51 °C</td> </tr> <tr> <td>Frischschnitzel λ=2.0:</td> <td>ca. 55 - 60 °C</td> </tr> </table> | Heizöl: | ca. 47 °C | Erdgas: | ca. 57 °C | Pellets λ=2.0: | ca. 39 - 42 °C | Trockenschnitzel λ=2.0: | ca. 47 - 51 °C | Frischschnitzel λ=2.0: | ca. 55 - 60 °C |
| Heizöl: | ca. 47 °C | | | | | | | | | | |
| Erdgas: | ca. 57 °C | | | | | | | | | | |
| Pellets λ=2.0: | ca. 39 - 42 °C | | | | | | | | | | |
| Trockenschnitzel λ=2.0: | ca. 47 - 51 °C | | | | | | | | | | |
| Frischschnitzel λ=2.0: | ca. 55 - 60 °C | | | | | | | | | | |

- Wärmerückgewinnung ist abhängig von**
- Rücklauf-temperatur Fernwärmenetz
 - Wassergehalt im Brennstoff
 - Luftüberschusszahl (je kleiner desto besser)
 - Temperatur des Rauchgases

Hydraulische Einbindung



Weiterführende Literatur
[Abgaskondensation zur Wirkungsgraderhöhung und Feinstaubabscheidung](#)
[Optimierung von Kondensationsanlagen & Einbindung von Wärmepumpen](#)
[Grundlagen der Abgaskondensation bei Holzfeuerungen](#)
[Die Anwendung der Brennwerttechnik bei der Pelletsheizung](#)

Steckbrief Abgaskondensation mittels WRG

wie gleitende Vorlauf-temperatur und Prüfen der Regeleinstellungen eine kurze Amortisationsdauer aufweisen. Kurze Amortisationszeiten können viele Betreiber ansprechen, da die Investitionen kurzfristig wieder erwirtschaftet werden können. Ökologisch betrachtet ermöglichen die drei Massnahmen Digital Twin, saisonaler Speicher und Wärmepumpe im Rücklauf die grösste CO₂-Reduktion.

Die energetische Betriebsoptimierung soll für jede Anlage und jede Unterstation individuell betrachtet werden. Die Webseite dient als Ideenquelle dafür, welche Massnahmen vorhanden sind und wie sie funktionieren.

Corin Bregy
Luzia Schmid

Hauptbetreuer
Timotheus Zehnder
Stefan Mennel

Experte
Roland Stierli