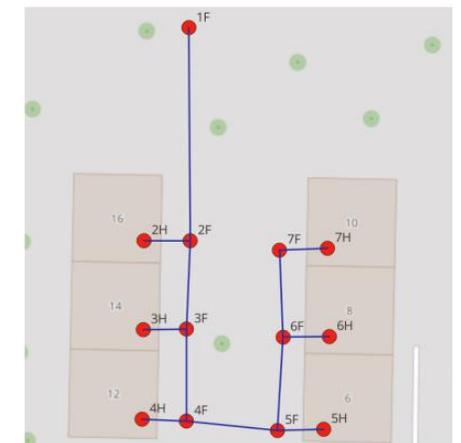
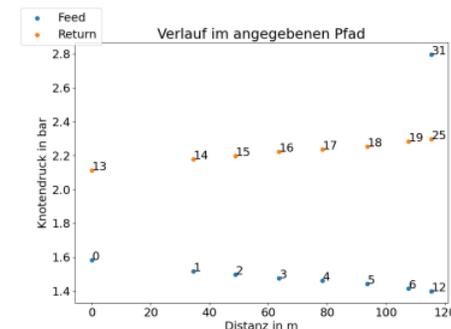
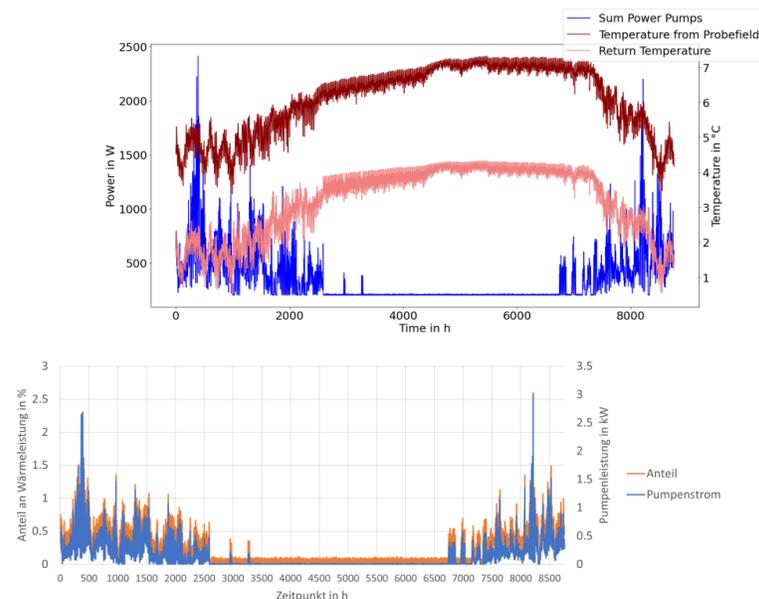
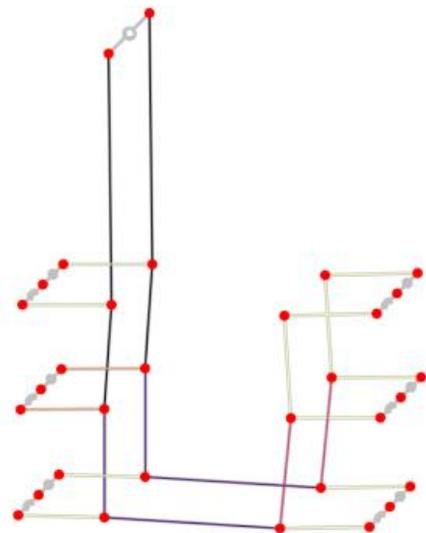


Thermohydraulische Auslegung und Simulation von Nahwärmenetzen mit Open Source Python-Packages



Einleitung

Toolvorstellung

Quartiersuntersuchung

Einleitung

Toolvorstellung

Quartiersuntersuchung

- TRNSYS erlaubt aktuell nur thermische und keine hydraulischen Simulationen für Wärmenetze, außerdem ist die Netzerstellung komplex
- Tool für perspektivische Schnittstelle zu TRNSYS
- Tool muss anpassbar sein
- Open Source schafft Replizierbarkeit und Transparenz
- Entwicklung in TRNSYS selbst verlangt Fortran Kenntnisse
 - Alternativ über Modelica, GIS, Python
 - Python wird gewählt, weil es großen Umfang an Open Source Bibliotheken aufweist

Einleitung – Verfügbare Open Source Python Packages und Vergleich



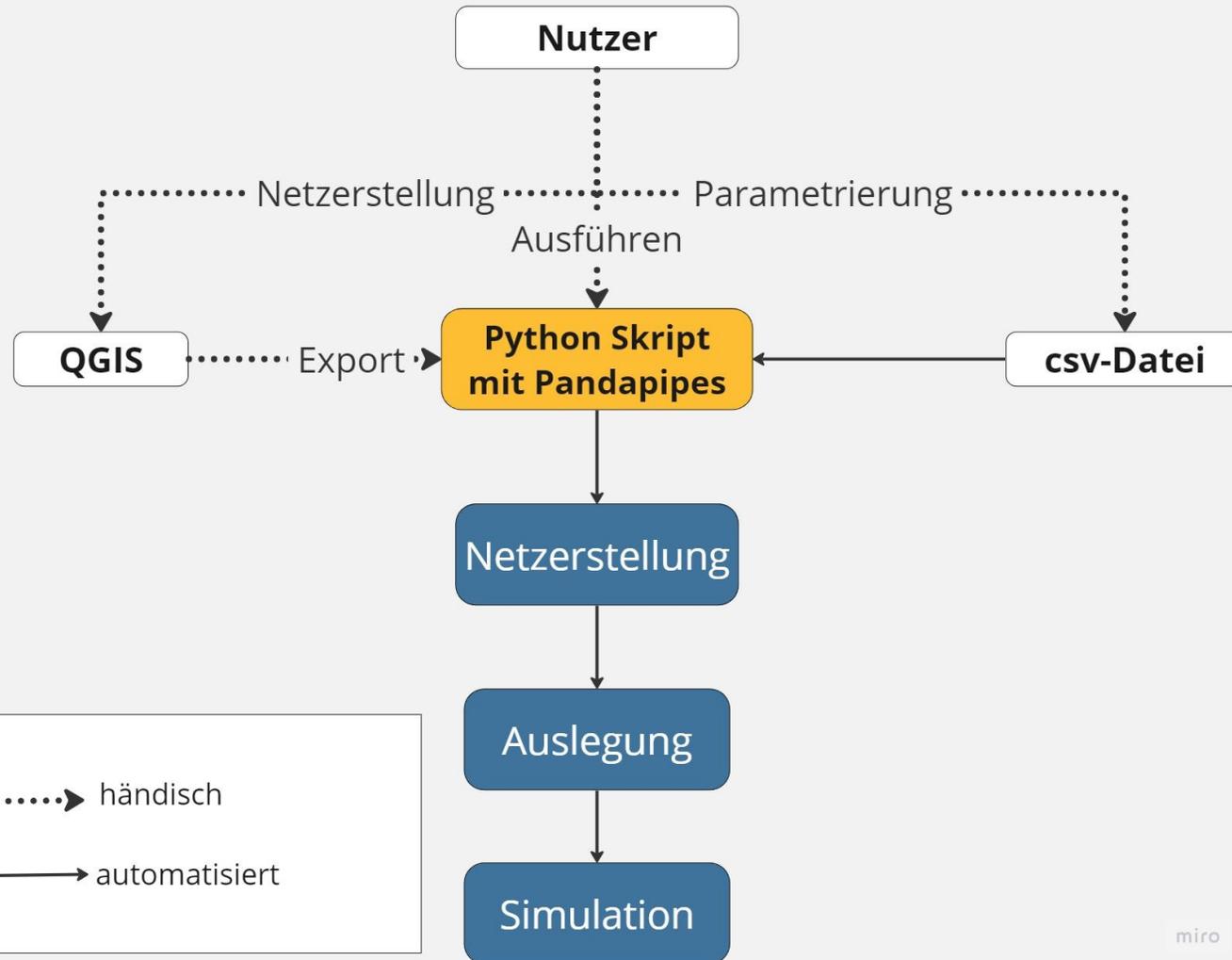
Package	GIS/ Spatial	Netzwerk- analyse	Schaltplan/ Lageplan	Hydraulik	Thermische Simulation	Komponenten	Benutzer- freundlich	Doku
TESPy	--	--	--	+	0	+	--	+
DHgeN	+	++	+	--	-	-	0	0
Uesgraphs	0	++	+	--	0	-	0	0
DiGriPy	--	+	--	+	0	+	-	0
Pandapipes	+	++	+	++	0	0	0	+
DHNx	++	++	++	-	0	0	-	-

Package	Entwicklungsstandort	Anzahl Beteiligte	Veröffentlichungs- zeitraum
TESPy	Hochschule Flensburg	2	06.2018 – 07.2023
DHgeN	Idiap Research Institute	2	09.2022
Uesgraphs	E.ON Energy Research Institute	3	05.2018 – 10.2019
DiGriPy	Fraunhofer IFAM	2	05.2021
Pandapipes	Fraunhofer IEE, Universität Kassel	6 (+ 10)	03.2020 – 07.2023
DHNx	Universität Bremen	3	10.2020 – 04.2023

Einleitung

Toolvorstellung

Quartiersuntersuchung



- Pandapipes für thermohydraulische Simulationen
- QGIS für nutzerfreundliche Netzerstellung

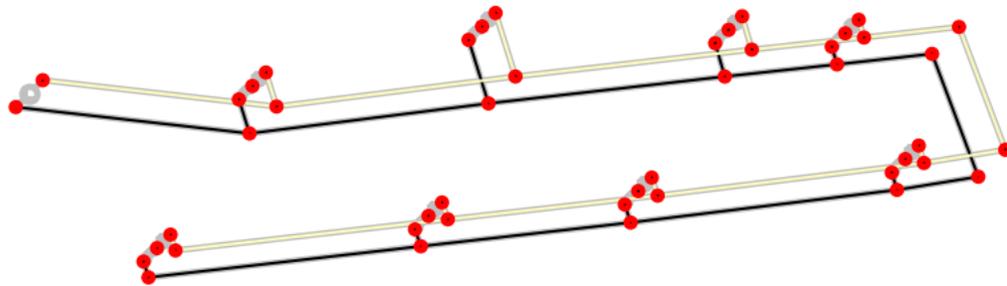
Vorstellung des Quartiers



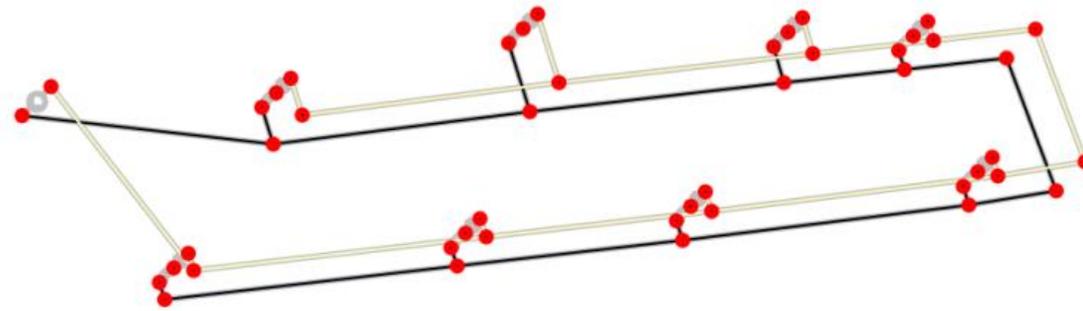
Größe	Wert
Anzahl Wohneinheiten	41 Stück
Beheizte Fläche	2599 m ²
Gesamtheizlast (Heizung & WW)	215 kW
Aktueller Gasverbrauch	380,000 kWh/a

Vorstellung des Quartiers - Netzkonzepte

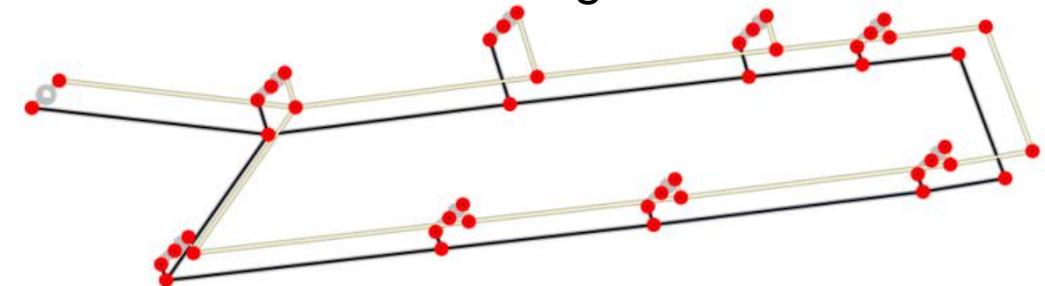
Standard



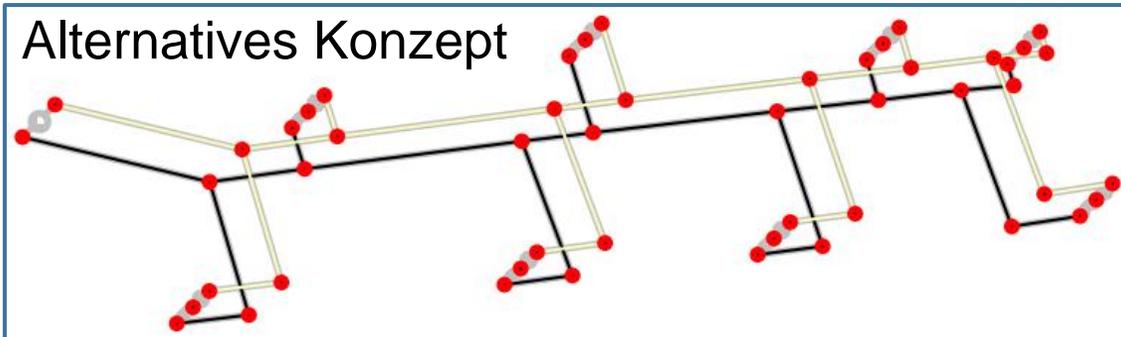
Tichelmann



Ring



Alternatives Konzept



Hydraulisches System

- Vordruckhaltung
- Geschlossenes System
- Variable Pumpenkennlinie anhand Volumenstromverhältnis
- Massenströme über Heizlasten, vorgegebenes delta ϑ und konstantes c_p
- Einstellung der zentralen Pumpe über:

$$\Delta p_{cen} = p_{vers} \cdot (x - 1)$$

$$\text{Netzvariante} = \begin{cases} \text{rein passiv} & x = 0 \\ \text{passiv} & 0 < x < 1 \\ \text{Weiche} & x = 1 \\ \text{aktiv} & 1 < x < x_p \\ \text{rein aktiv} & x > x_p \end{cases}$$

Thermisches Modell

- Konstanter U-Wert

Sondenfeld

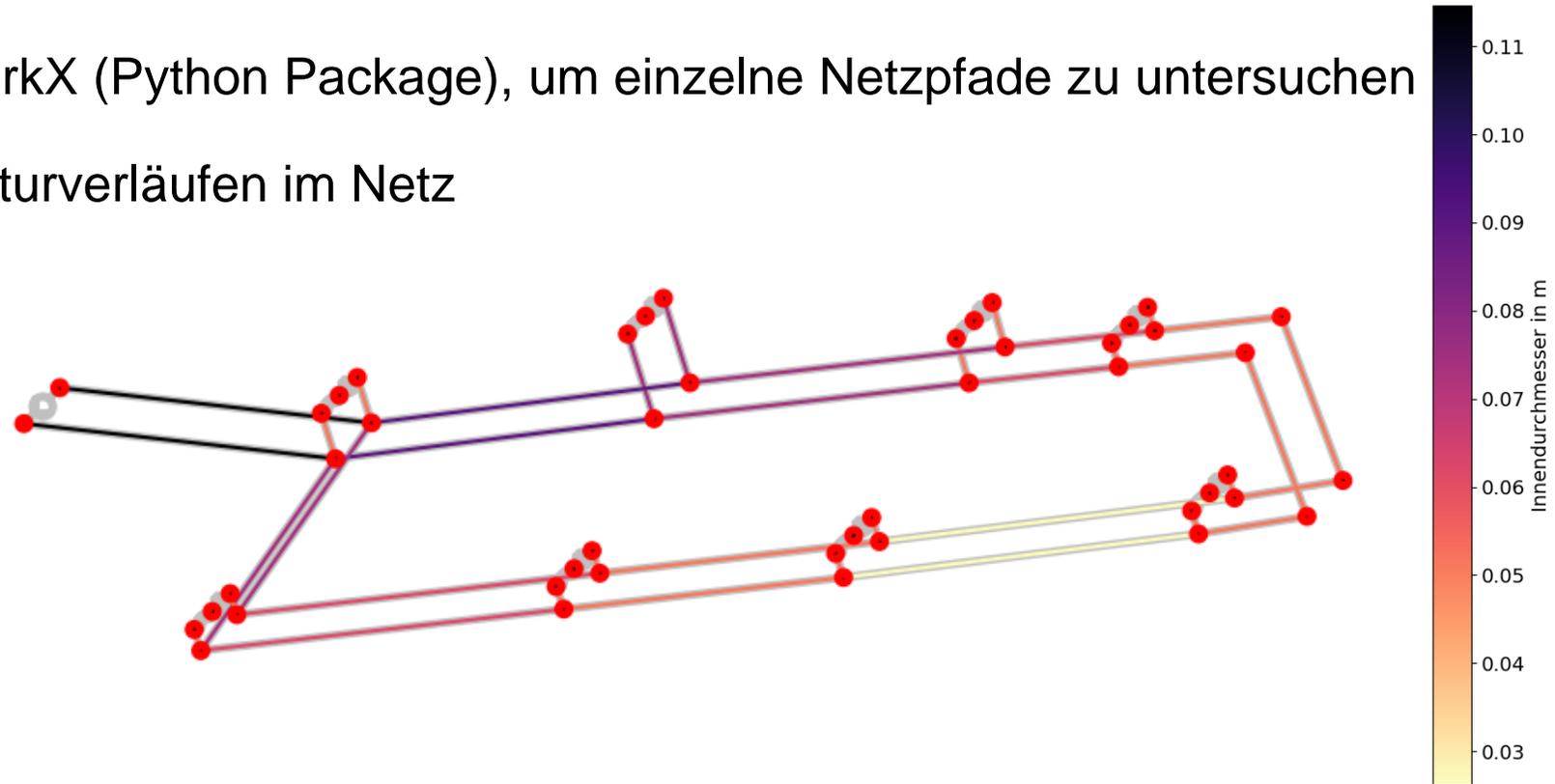
- Hydraulisches Modell in Pandapipes
- Vorgaben: Spezifische Entzugsleistung, Länge und Heizbedarf
- Ergebnisse: Druckverluste, Anzahl Sonden
- Eintrittstemperaturen in das Netz aus dem Sondenfeld sind Ergebnisse einer Vor-Simulation

Netz

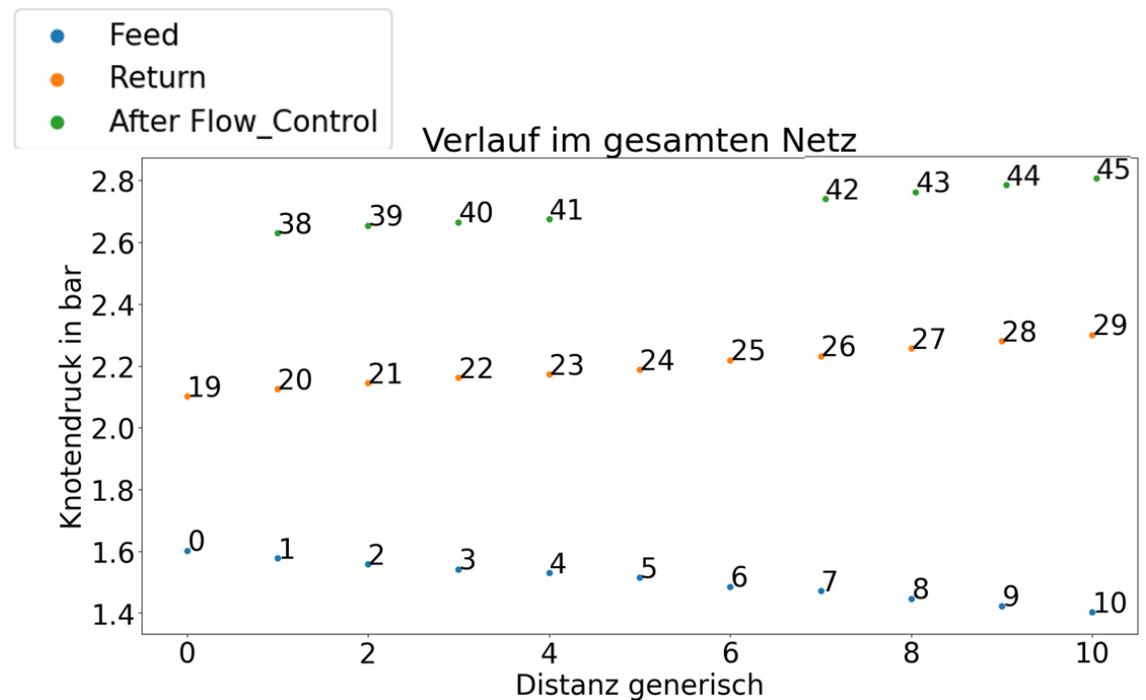
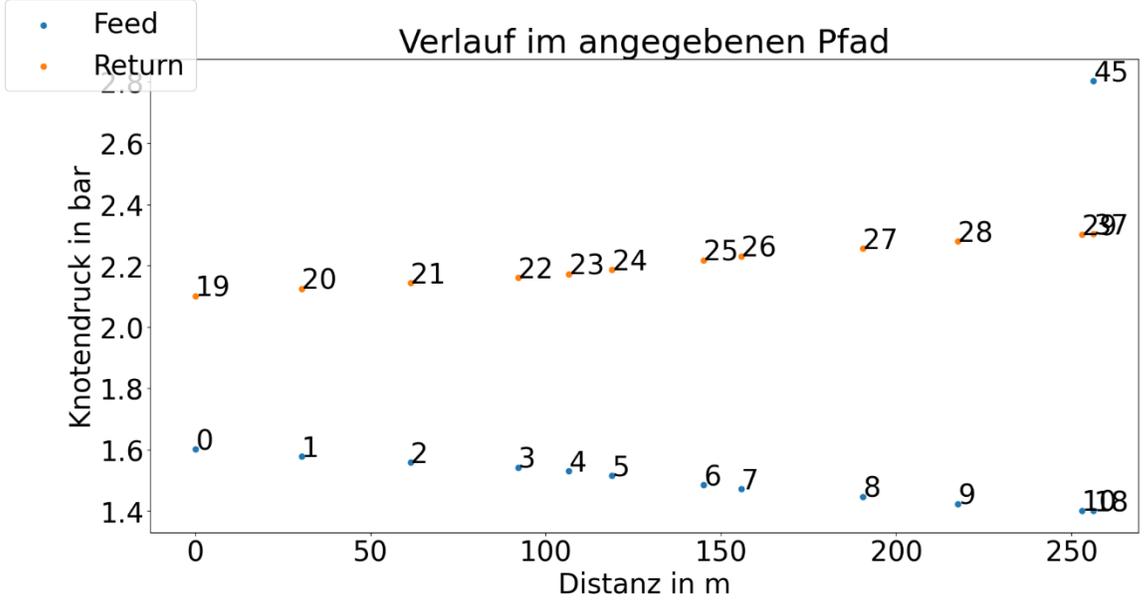
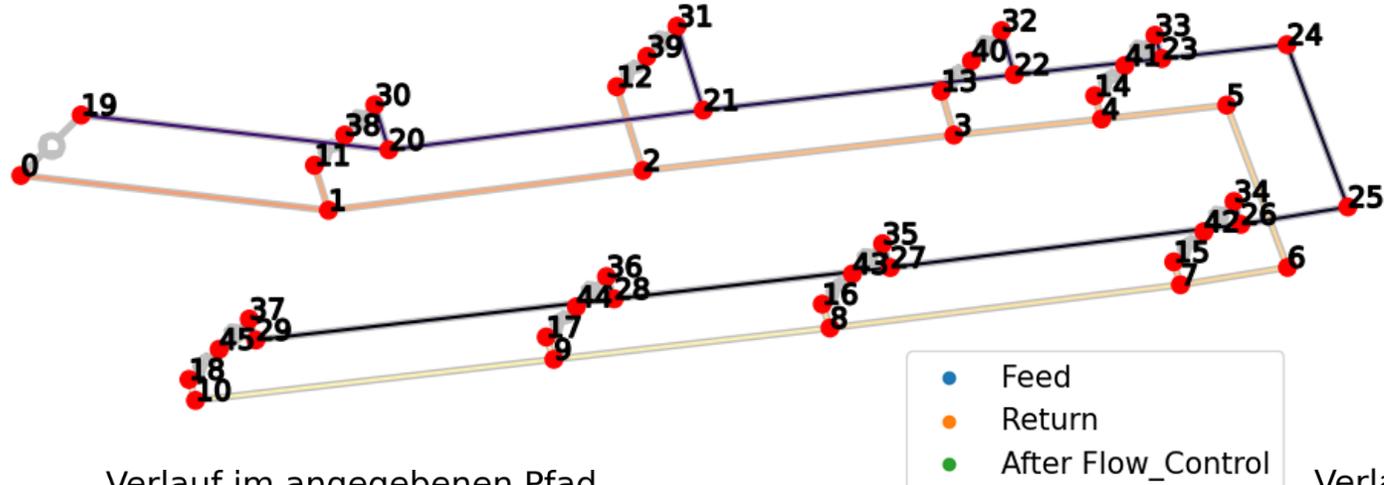
- Zweileitersystem

- Brute-Force-Auslegungsalgorithmus für Rohrendurchmesser
- Erweiterte Plot-Funktion, um Farbverläufe anhand von Ergebnissen in Schema zu plotten
- Graphenalgorithmen über NetworkX (Python Package), um einzelne Netzpfade zu untersuchen

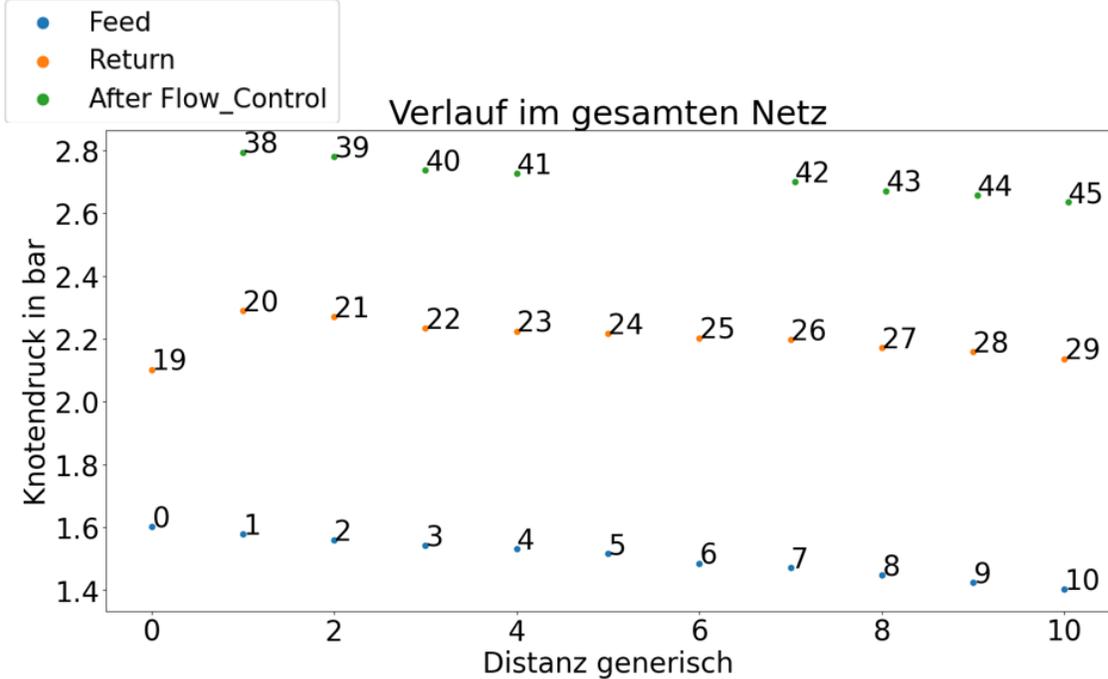
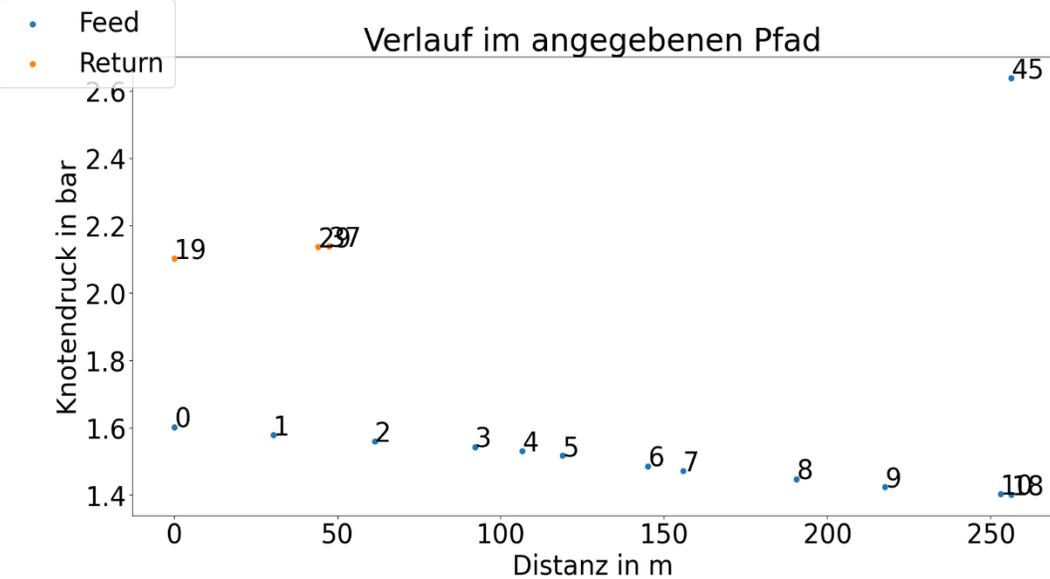
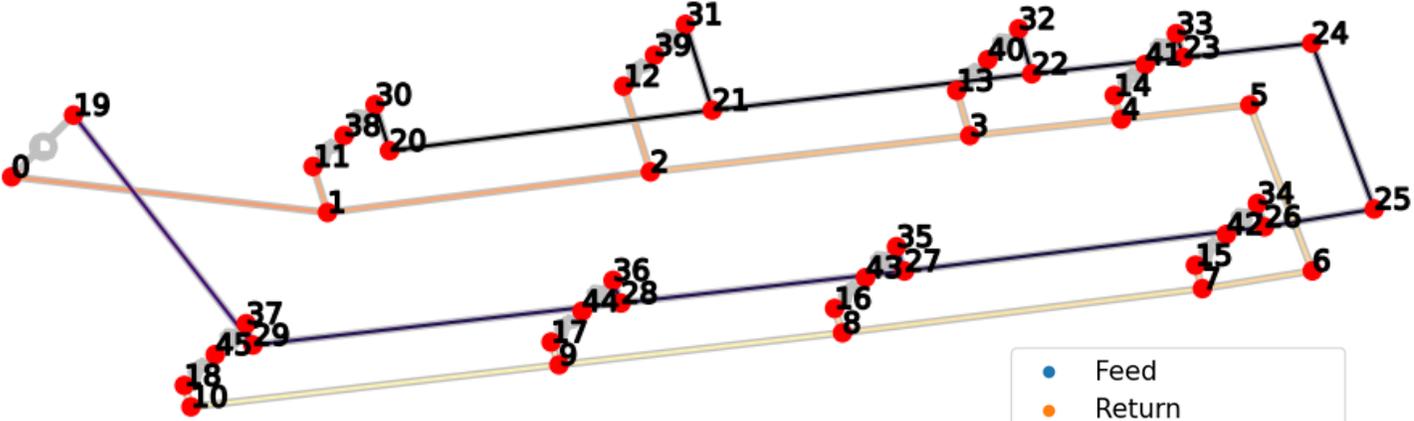
→ Plot von Druck, Temperaturverläufen im Netz



Ergebnisse – passives Standard-Strangnetz



Ergebnisse – passives Tichelmann-Strangnetz

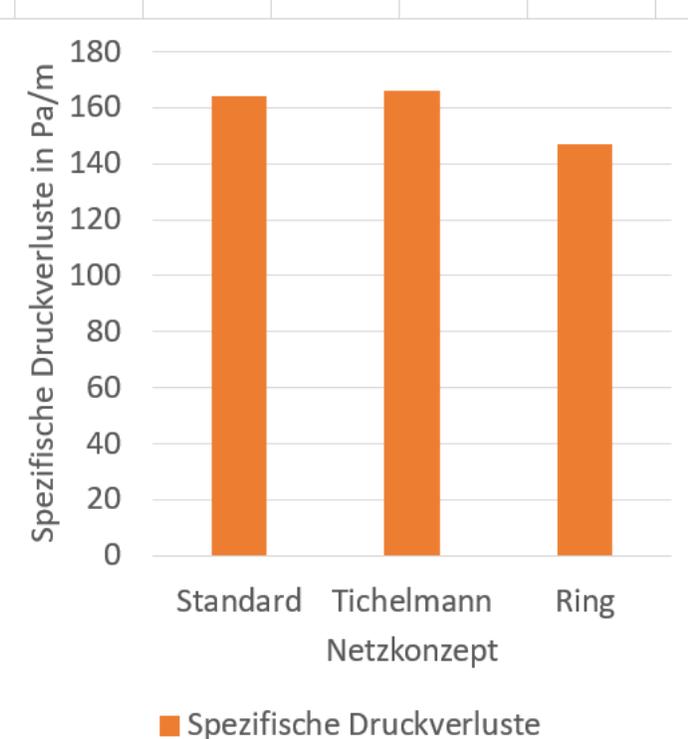
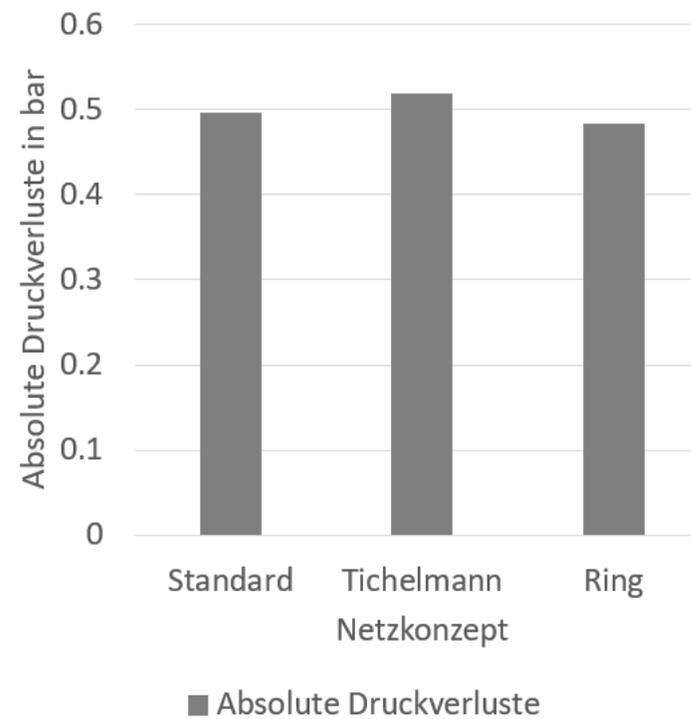
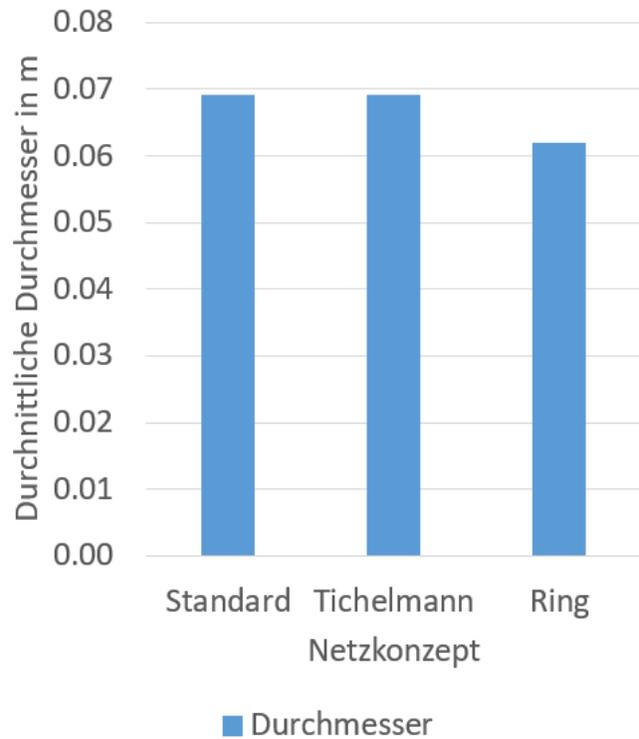


Einleitung

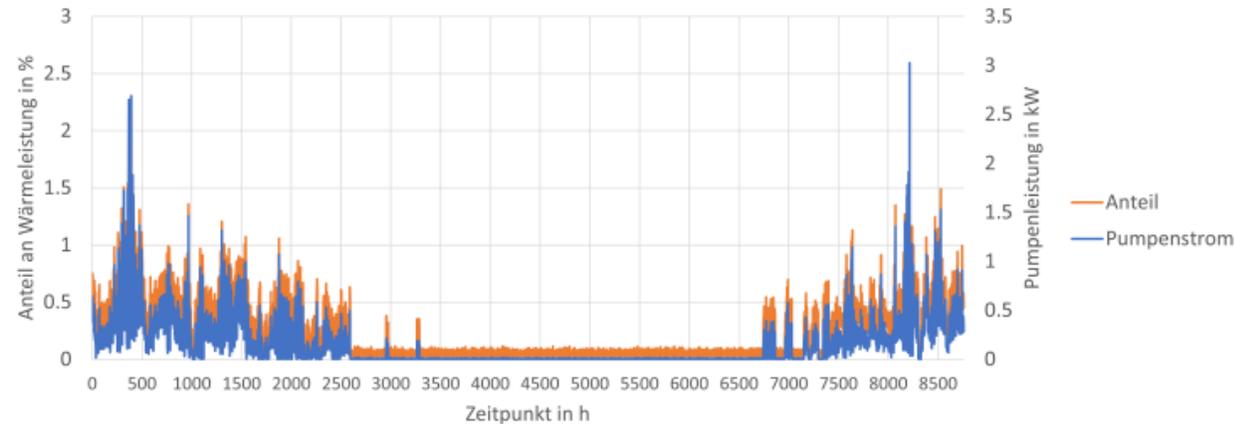
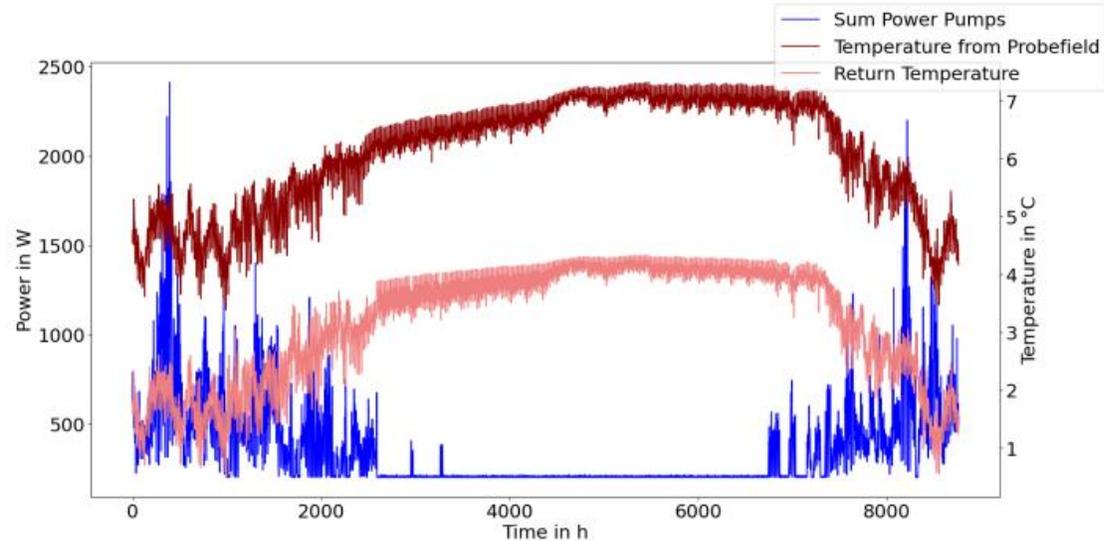
Toolvorstellung

Quartiersuntersuchung

Ergebnisse der Auslegung

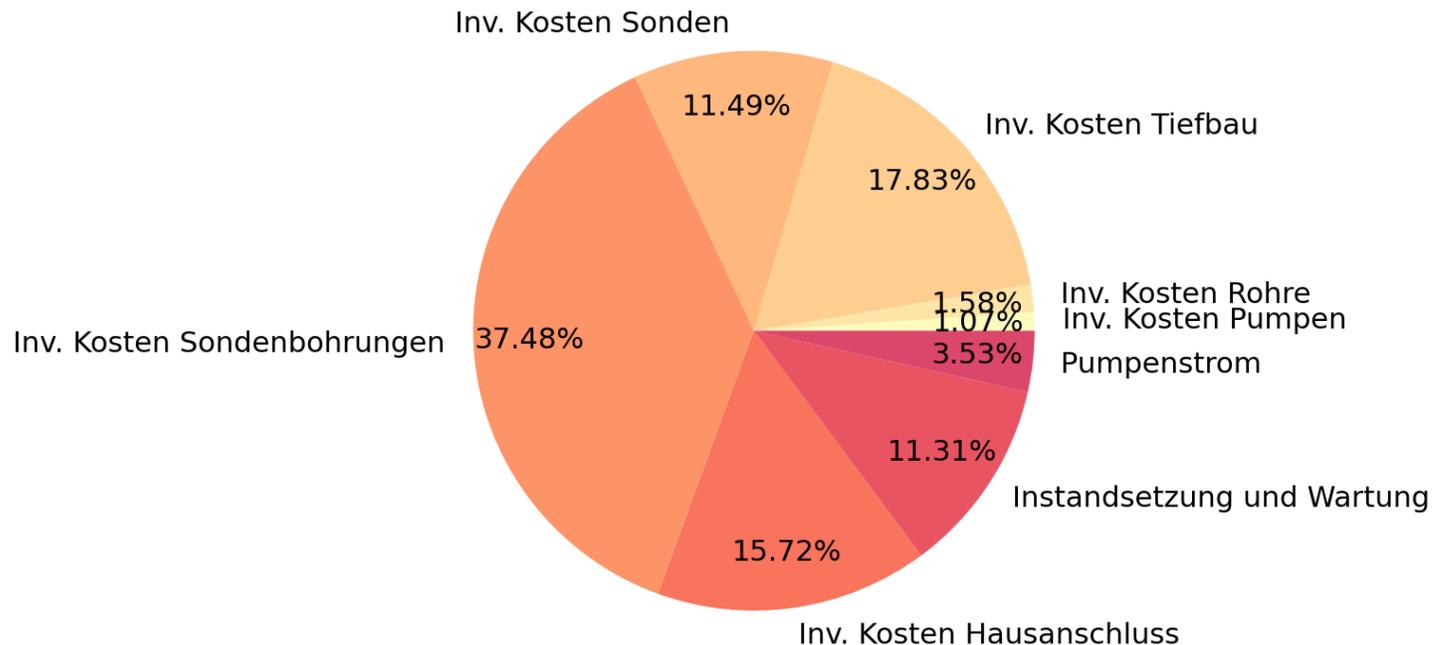


→ Ringnetz wird kleiner dimensioniert, weil kürzere Wege im Netz



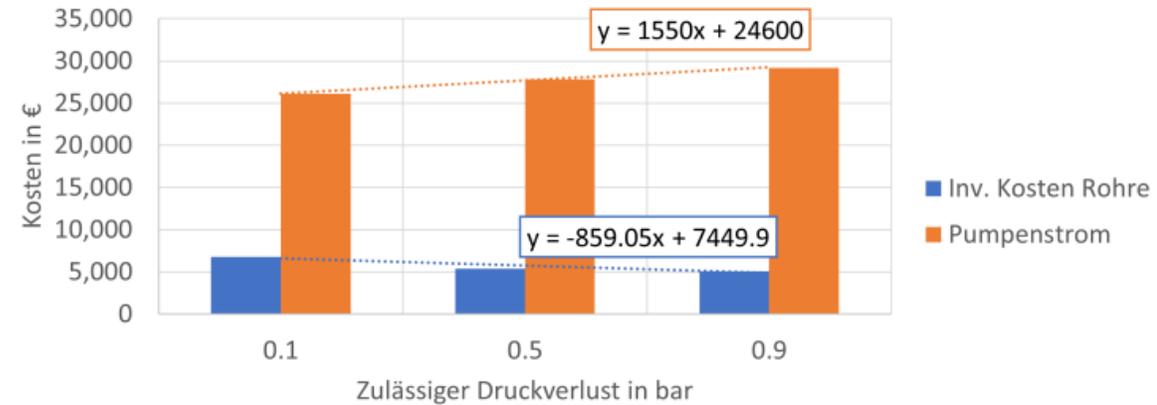
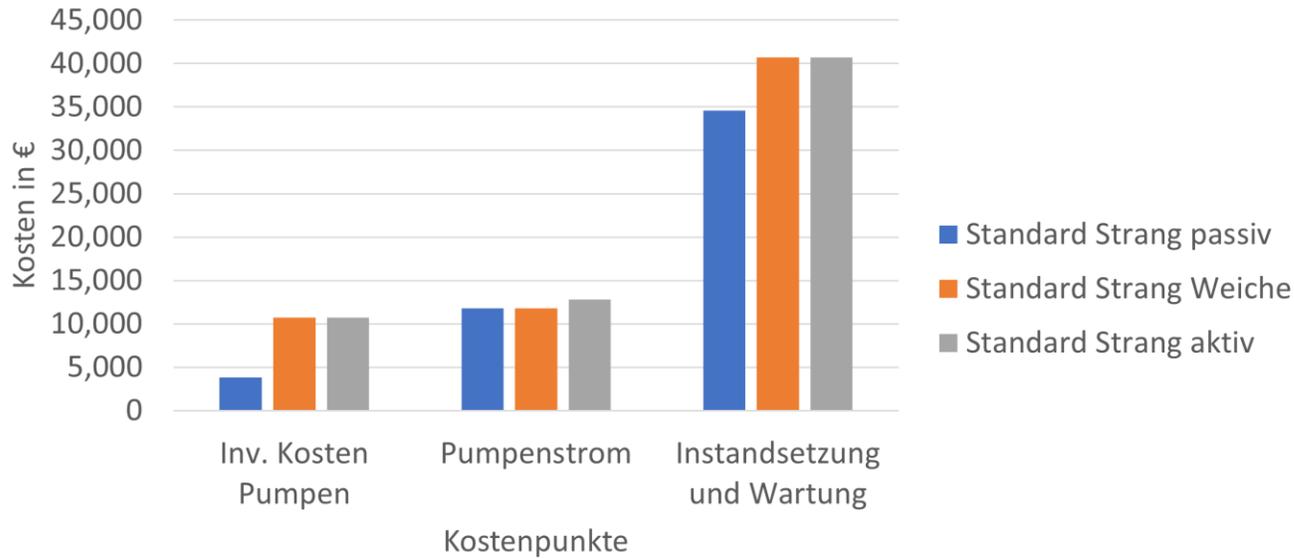
- Vorgegebener Temperaturunterschied (3 K, zzgl. Wärmeverluste) erkennbar
- Bei hohen Wärmelasten steigt nötiger Pumpenstrom überproportional an
- Pumpenenergie liegt bei etwa 0.5 % des Wärmebedarfes

Gesamtkosten: 360100.0 €



- Kostenpunkte bei einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren
- Sondenbohrung, Sonden und Tiefbau sind überwiegende Kostenpunkte
- Rohre, Pumpen und Pumpenstrom machen zusammen nur etwa 6 % der Gesamtkosten aus

Ergebnisse der Jahressimulationen



Netzkonzept	Tiefbaukosten	Rohrkosten	Pumpenstromkosten
Ring Weiche	71,000	5,500	11,300
Strang Standard Weiche	62,700	5,400	11,800
Strang Tichelmann Weiche	64,000	5,800	12,200

Wirtschaftliches Optimum ist:

- Standard-Strangnetz
- Maximale Rohrdurchmesser (innerhalb der ausgewählten Palette)

- Eigenständiges Tool für (thermo)hydraulische Simulationen von Wärmenetzen mit Fokus als Kalter Nahwärme auf Basis von Pandapipes entwickelt
 - Mit richtiger Parametrierung auch Low-Ex Netze möglich
 - Auslegung des Netzes in unter 10 Sekunden
 - Stündliche Jahressimulation (32 Knoten, 24 Leitungen) in 5 Minuten
 - Darauf aufbauend Schnittstelle mit TRNSYS näher untersuchen
- (Alternatives Konzept ist das kostengünstigste für das Beispielquartier)

Weitere Entwicklungen nötig, aber durch Open Source und Python sind der Weiterentwicklung keine Grenzen gesetzt!
<https://isfh.de/software/>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Contact:

Peter Pärisch

Thermal Energy Systems

Solar Systems Department

Phone: +49 (0) 5151 / 999-648

e-Mail: p.paerisch@isfh.de

Diese Arbeit wurde durch das Land Niedersachsen und das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unter dem Förderkennzeichen 03EN3066B („UrbanGroundHeat“) gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

