TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

GIS-basiertes Planungstool für die kostenoptimale Auslegung von Fernwärmenetzen

Juliane Schmidt (juliane.schmidt1@tu-dresden.de, 0351/463-37619) // Peter Stange (peter.stange@tu-dresden.de, 0351/463-32308)

TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung, Merkel-Bau, Helmholtzstr. 14, 01069 Dresden

Zielstellung

Aufgrund relativ hoher Investitionskosten von Fernwärmenetzen ist deren optimale Auslegung entscheidend für eine hohe Rendite. Das vorgestellte Softwaretool soll Entscheidungsträger und Netzplaner dabei unterstützen, die kostenoptimale Netztopologie eines Fernwärmeversorgungsgebietes zu identifizieren.

Das Tool ist als Plugin für QGIS umgesetzt. Mittels nutzerdefinierter Kostendaten und georeferenzierter Eingaben von Versorgungs- und Abnehmerknoten werden Trassenführung und Durchmesser der Fernwärmerohre kostenoptimal berechnet.

Mit dem Tool ist einerseits die Planung neuer Netze zur Fernwärmeerschließung von Quartieren möglich. Die Berücksichtigung von Bestandsrohren erlaubt außerdem die Anbindung neu zu erschließender Gebiete, z.B. den Anschluss von Solarthermie-Standorten, an Bestandsnetze.

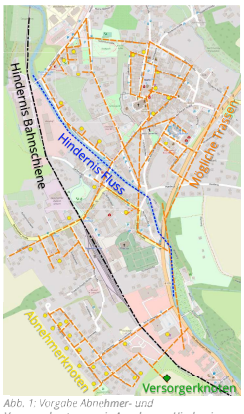

Abb. 1: Vorgabe Abnehmer- und Versorgerknoten, sowie Angabe von Hindernissen und Trassenvorauswahl

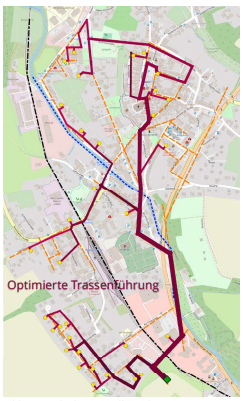

Abb. 2: Grafische Darstellung des optimierten Netzes

Neben optimierter Trassenführung und zugehörigen Durchmessern werden für jedes Rohr weitere Einzelergebnisse berechnet. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl.

Tab. 1: Beispiel Einzelergebnisse

Rohr Nr.	l [m]	d_i [mm]	$\dot{m}$ [kg/s]	Δp [bar]
1	302,3	82,5	2,827	0,23471
2	223,0	41,9	0,446	0,13025
3	159,0	28,5	0,417	0,36561
4	156,6	69,7	1,577	0,12072
5	134,4	53,9	0,625	0,08785
6	129,0	36,0	0,298	0,06581
7	76,0	69,7	1,280	0,05464
...	...	...	...	...
115	5,1	53,9	1,589	0,01139

Verweise

QGIS *https://qgis.org, Hannover 3.16.2 (2020) geografisches Informationssystem*

Umsetzung

Das Fernwärmenetz wird durch einen zusammenhängenden, endlichen und ungerichteten Graphen dargestellt. Jeder Abnehmerknoten muss mit mindestens einem Pfad zum Versorgungsknoten verbunden sein.

Die topologische Trassenoptimierung nutzt eine Kombination aus „minimal spanning tree“ (KRUSKAL) und „shortest path“ (DJKSTRA) Algorithmen. Darüber hinaus kommen verschiedene mathematische Methoden, wie z.B. klassische nichtlineare Optimierung und stochastische Verfahren zur Anwendung.

Die Bestimmung der Druckverluste in den Rohrleitungen sowie die Durchmesseroptimierung erfolgen mittels hydraulischer Berechnungen.

Anforderungen

Die Abbildung 3 zeigt die wesentlichen Randbedingungen zur Auslegung kostenoptimaler Fernwärmenetze. Diese lassen sich grob in technische, finanzielle und geografische Randbedingungen einteilen.

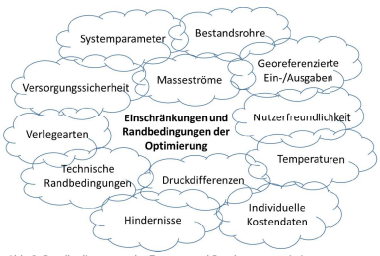

Abb. 3: Randbedingungen der Trassen- und Durchmesseroptimierung

Arbeitsablauf und Ergebnisse

Schritt 1: Eingabe geografischer Daten

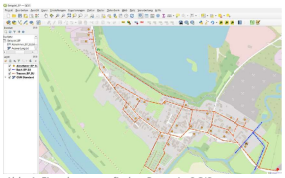

Abb. 4: Eingabe geografischer Daten in QGIS

Schritt 2: Eingabe netzspezifischer Daten

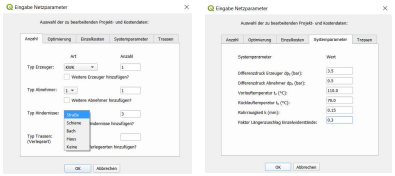

Abb. 5: Eingabemaske für Netzparameter in QGIS

Schritt 3: Netzoptimierung

Automatisierte Netzoptimierung durch das QGIS-Plugin

Schritt 4: Evaluation der Ergebnisse

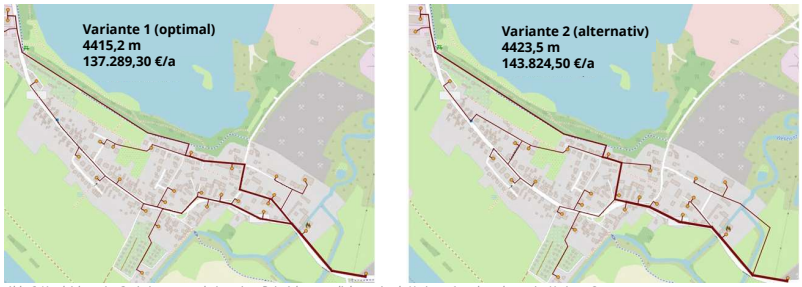

Abb. 6: Vergleich zweier Optimierungsergebnisse eines Beispielnetzes – links: optimale Variante 1, rechts: alternative Variante 2

Die Optimierung liefert als Ergebnis mehrere optionale Streckenführungen für das Fernwärmenetz mit zugehörigen Rohrdurchmessern.

Die Abbildung 6 zeigt einen exemplarischen Vergleich zweier möglicher Varianten eines Beispielnetzes. Die Linienbreite entspricht dem Durchmesser der Rohre. Die Gesamtnetzlänge und die annualisierten Investitionskosten sind in beiden Fällen in der Abbildung angegeben.

Die Kostenberechnung erfolgte auf Basis eines Zinssatzes von 6 % über eine Laufzeit von 25 Jahren. Variante 1 ist für dieses Beispiel die kostenoptimale Lösung.

Da die Optimierung auf minimale Kosten abzielt, führt sie in der Regel zu einem maschenlosen Strahlennetz. Ist zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit eine redundante Trasse gefordert, kann diese zusätzlich manuell definiert werden.

Mitglied im Netzwerk von: DRESDEN concept SCIENCE AND INNOVATION CAMPUS

IET Institut für Energietechnik GEWV

Weitere Informationen zum Tool finden Sie unter:

https://tud.de/mw/gewv/netzoptimierung