

GIS-gestützte Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten

- Nutzerleitfaden
- *Wärmenetz Analyst WNA*



Verfasser:
Dipl.-Ing. (FH) Martin Miksche

Karlsruhe, 04. April 2014

Aktualisierung August 2020

© KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH



gefördert und begleitet durch das Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen.....	1
1.1	Zielsetzung.....	1
1.2	Nahwärmekonzepte.....	2
1.3	Werkzeuge der KEA-BW.....	2
2	Nutzungshinweise	5
2.1	Voraussetzungen.....	5
2.2	Informationsangebot der KEA-BW.....	5
2.3	Nutzungsbedingungen.....	5
2.4	Bezug der Software.....	6
2.5	Support.....	6
3	Softwareentwicklung zur Wärmenetzanalyse.....	7
3.1	Add-In für ArcGIS 10.2.....	7
3.2	Graphische Benutzeroberfläche	7
4	Referenzbeispiel.....	11
4.1	Erstellen der Netzelemente.....	11
4.2	Erstellung Geometric Network	14
4.2.1	Snap Tolerance.....	15
4.2.2	Complex Edges und Sink.....	16
4.2.3	Weight.....	17
4.2.4	Connectivity	18
4.2.5	Flow Direction.....	20
4.3	Installation und Anwendung Add-In	21
5	Abbildungsverzeichnis.....	29

1 Vorbemerkungen

1.1 Zielsetzung

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) hat sich zum Ziel gesetzt, die Nahwärmeversorgung mit erneuerbaren Energien und dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) deutlich auszubauen. Nahwärmenetze sind deshalb eine wichtige Voraussetzung für den Bau von Heizwerken und Heizkraftwerken, in denen regenerative Energiequellen genutzt werden oder die dezentrale KWK mit Erdgas als eine Übergangstechnologie zur Anwendung kommt.

Zur Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien stehen letztlich nur Solarstrahlung, Biomasse und Geothermie zur Verfügung. Eine weitere sich derzeit entwickelnde Möglichkeit ist die Nutzung von erneuerbarem Strom (insbesondere Windstrom) zum Betrieb von Wärmenetzen (power to heat). Darüber hinaus stellt die dezentrale KWK mit erdgas- und künftig mit erneuerbaren Gasen betriebenen Motor-Blockheizkraftwerken (BHKW) oder Gasturbinen Wärme auf einem nutzbaren Temperaturniveau zur Verfügung, die bei der Stromerzeugung anfällt. Um diese Energiequellen und Techniken möglichst optimal in den Wärmemarkt zu integrieren, ist eine zentrale Wandlung in Wärme mit anschließender Verteilung über Nahwärmenetze an die Verbraucher häufig vorteilhaft gegenüber einer Wandlung in vielen Einzelanlagen in den Liegenschaften. Größenvorteile bei der Anlagentechnik können realisiert werden, was zu einer verbesserten technischen Effizienz und tendenziell zu sinkenden Erzeugungskosten führt. Darüber hinaus können bei Biomasseverbrennung Emissionen wirkungsvoller vermieden werden. Weiterhin ermöglicht die zentrale Wandlung überhaupt erst Anwendungen wie eine Raumwärmebereitstellung mit Landschaftspflegeholz oder den Einsatz der KWK.

Der Aufbau und der Betrieb von Nahwärmenetzen erfordern eine sorgfältige Planung. Nahwärmekonzepte, die im Rahmen einer Machbarkeitsstudie oder eines Energiekonzepts im Auftrag von Stadtwerken, Kommunen oder Energiegenossenschaften erstellt werden, bieten hierbei eine wichtige Grundlage für die Investitionsentscheidung und die Umsetzung von Nahwärmeprojekten. Die von der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH entwickelte Vorgehensweise zur GIS¹-gestützten Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten (auf der Grundlage einer Diplomarbeit²), bietet hierbei zahlreiche Vorteile. Ein wesentlicher Bestandteil dieser

¹ GIS Geoinformationssysteme (GIS), Geographische Informationssysteme sind Informationssysteme zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten.

² Diplomarbeit „Prototypische Umsetzung einer GIS- gestützten Nahwärmennetzkonzeption mit Netzwerkerstellung und -Analyse“. Martin Micksche, September 2010. In Kooperation mit der KEA-BW Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Vorgehensweise ist ein GIS-basiertes Software-Tool zur automatischen Dimensionierung von Leitungsnetzen, welches die KEA-BW kostenlos zur Verfügung stellt (siehe Kap. 2.4) und dessen Anwendung im Folgenden näher erläutert wird.

1.2 Nahwärmekonzepte

Die Studien und Konzepte umfassen neben der Wärmebedarfsberechnung im Versorgungsgebiet und der Konzeptionierung des Wärmenetzes auch eine erste grobe Auslegung der gesamten Anlagentechnik sowie eine umfangreiche Wirtschaftlichkeitsrechnung.

Wesentliche Bestandteile von Nahwärmekonzepten sind zum einen die detaillierte Analyse des aktuellen Wärmebedarfs und dessen zukünftige Entwicklung, die in Form von Szenarien dargestellt wird. Eine räumlich aufgelöste Darstellung des Wärmebedarfs war bisher jedoch nicht möglich. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist die Grobdimensionierung des Wärmenetzes, welches den Trassenverlauf, die Rohrdimensionierung und die Berechnung der Netzverluste beinhaltet. Die Anwendung von GIS bei der Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten setzt genau an diesen beiden Punkten an.

1.3 Werkzeuge der KEA-BW

Mit der entwickelten Methodik können Teile der bisherigen manuellen Vorgehensweise zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie für Nahwärmekonzepte mit GIS-Technologie durchgeführt, erweitert und teilweise automatisiert werden. Diese sind insbesondere die räumlich aufgelöste Erfassung und Abbildung des Wärmebedarfs sowie die automatisierte Netzauslegung mithilfe des im Rahmen von ArcGIS³ entwickelten Add-In *Wärmenetz Analyst WNA*.

Die Erfahrung zeigt, dass die manuelle Methode nicht die Exaktheit und Flexibilität aufweisen kann wie die gebäudescharfe Dimensionierung mithilfe des GIS-Tools. In der GIS-gestützten Vorgehensweise liegen die Wärmebedarfswerte gebäudescharf vor und bieten damit eine sehr gute Grundlage zur Dimensionierung der einzelnen Hauptleitungsstränge auch bei sehr uneinheitlichem Gebäudebestand.

Die GIS-Anwendung ermöglicht darüber hinaus die Simulation verschiedener Anschlussgradszenarien und entsprechender Netzauslegungen. Auch die individuelle, gebäudescharfe Wärmebedarfsänderung in einem angenommenen Sanierungs-szenario, lässt sich bei Bedarf schnell in die Netzauslegung integrieren.

³ ArcGIS ist der Oberbegriff für verschiedene GIS-Softwareprodukte des Unternehmens ESRI. Die Softwareprodukte werden dabei nach der Art der Anwendung unterteilt: In der Produktfamilie ArcGIS for Desktop gibt es Basic, Standard und Advanced, die sich jeweils im Funktionsumfang unterscheiden.

<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>

Letztendlich schafft die GIS-gestützte Methodik eine Datenbasis, die eine Vielzahl GIS-basierter Auswertungen ermöglicht. Verschiedenste Themen können visualisiert und zu einer Kartenserie ausgebaut werden. In den folgenden beiden Abbildungen sind beispielhaft die Themen *Anschlussleistung und Netzauslegung* (Abbildung 1-1) und *Wärmedichte* (Abbildung 1-2) abgebildet.

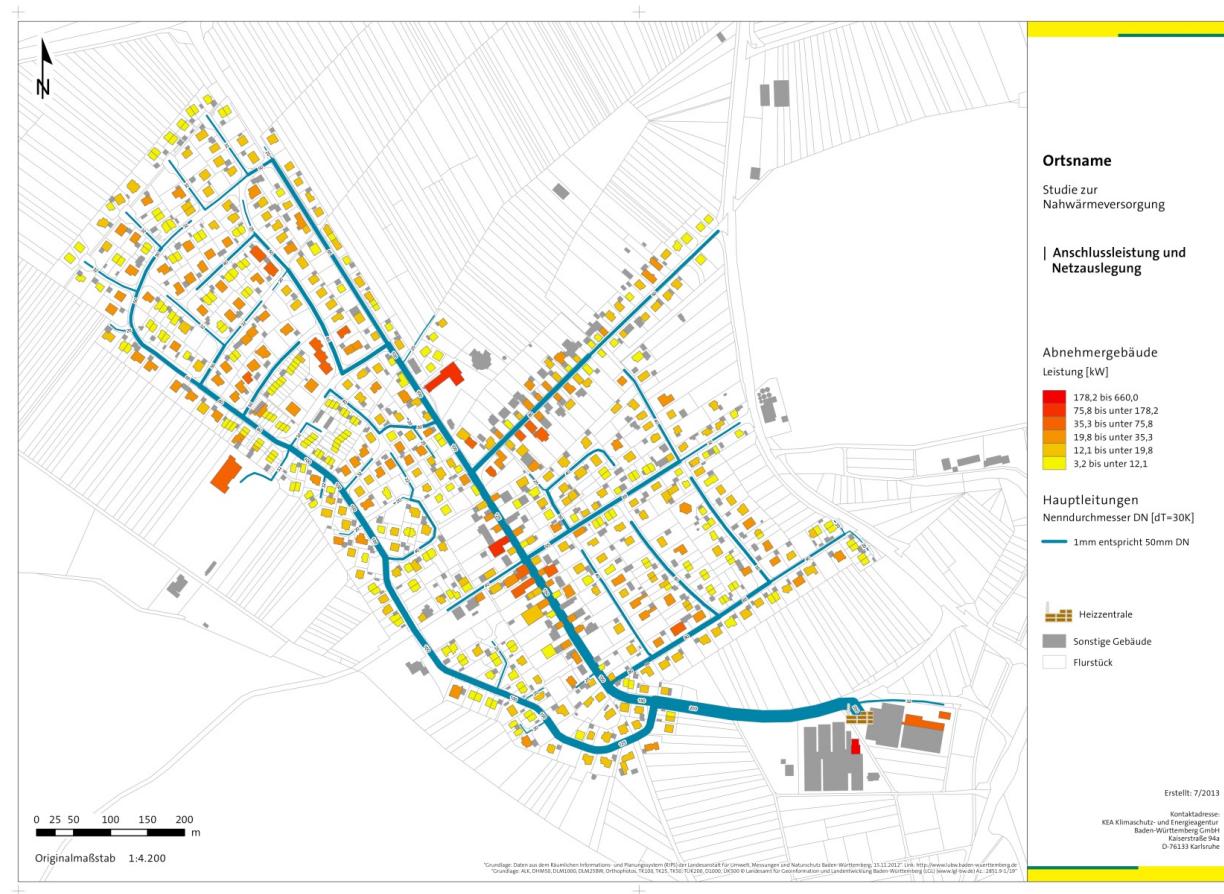


Abbildung 1-1: Visualisierung der Anschlussleistung und Netzauslegung im Versorgungsgebiet

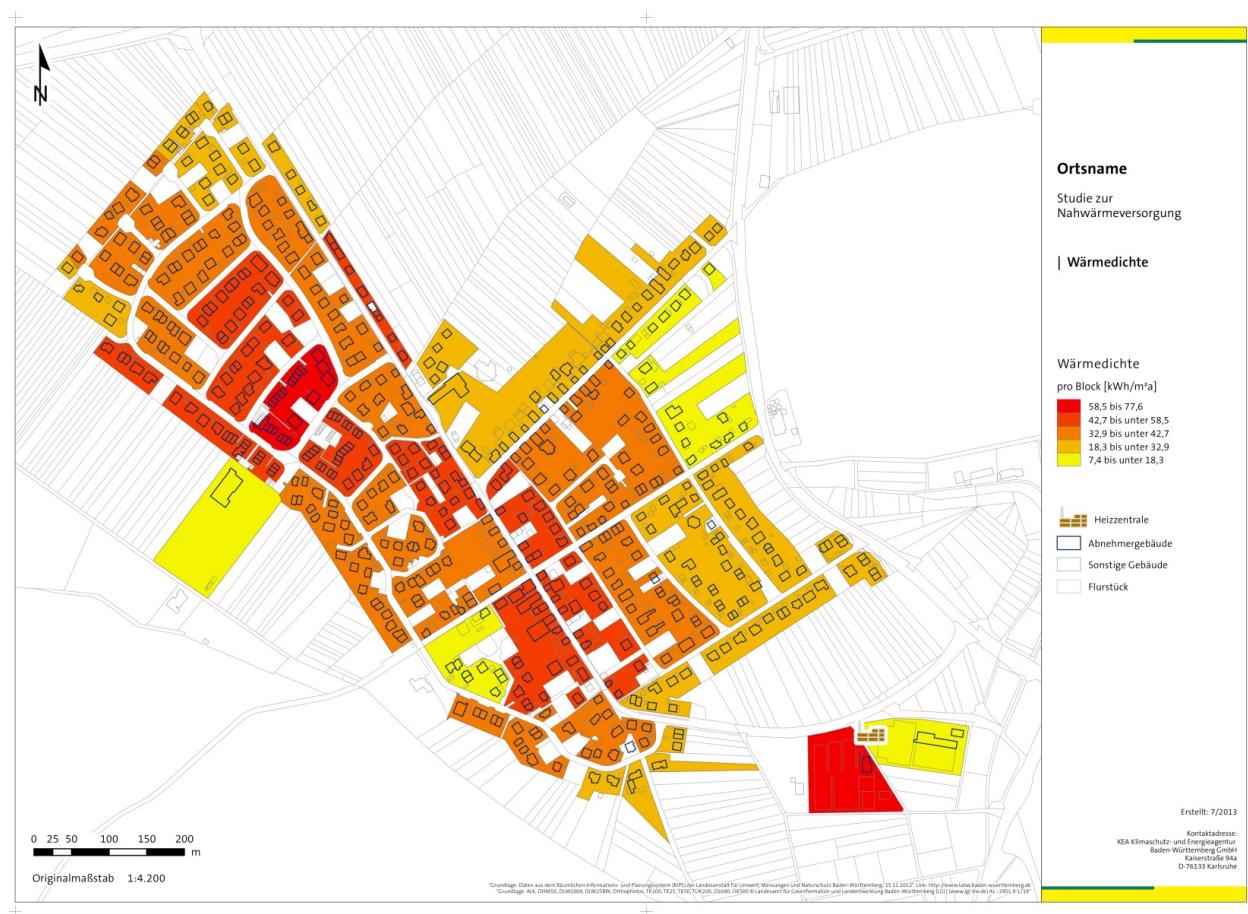


Abbildung 1-2: Visualisierung der Wärmedichte im Versorgungsgebiet als blockweise Darstellung

2 Nutzungshinweise

2.1 Voraussetzungen

Für die Anwendung des Add-In *Wärmenetz Analyst WNA* sind fortgeschrittene ArcGIS-Kenntnisse unabdingbar. Ebenso ist die entsprechende Infrastruktur aus Software und Geodaten notwendig, um das Tool zielführend einsetzen zu können. Hierfür ist eine ArcGIS for Desktop esri Standard 10.2-Lizenz die Mindestvoraussetzung. Als vorteilhafte Datengrundlage erweisen sich die amtlichen Geobasisdaten, bestehend aus der automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und des amtlichen Topographisch - Kartographischen Informationssystems (ATKIS). Diese können über das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) und die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) gegen Gebühr bezogen werden.

2.2 Informationsangebot der KEA-BW

Um einen Einblick in den aktuellen Informationsangebot und die Leistungen der KEA-BW im Themenbereich Wärmewende, mit besonderer Berücksichtigung der GIS-gestützten Wärmeplanung zu geben, ist der Aufbau beziehungsweise die Erweiterung eines Wissensportals zu diesem Thema in Planung.

Nähtere Informationen finden Sie unter <https://www.kea-bw.de/waermewende/>

2.3 Nutzungsbedingungen

Die Nutzung des *Wärmenetz Analyst WNA* und der Beispieldaten (im Folgenden nur noch als Software bezeichnet) erfolgt ausschließlich zu den nachfolgenden Bedingungen. Wenn Sie die Software installieren und einsetzen, stimmen Sie dadurch den nachfolgenden Bedingungen zu.

Die Software darf weder kopiert, vervielfältigt, verändert oder veröffentlicht werden. Der Nutzer verpflichtet sich Ergebnisse aus der Nutzung der Software durch den folgenden Zusatz deutlich und sichtbar kenntlich zu machen:

“Erstellt mithilfe des ArcGIS-Add-In *Wärmenetz Analyst WNA* der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Kaiserstraße 94a, D-76133 Karlsruhe, Link: <http://www.kea-bw.de> – Urheber: Dipl.-Ing. (FH) Martin Miksche“

Die Software wurde von der KEA-BW sorgfältig erstellt und getestet, sowie vor der Veröffentlichung auf Viren geprüft und wird in diesem Zustand zur Verfügung gestellt. Die KEA-BW garantiert nicht die Eignung der Software für einen bestimmten Anwendungsfall oder eine bestimmte Konfiguration. Die KEA-BW übernimmt keine Haftung oder Gewährleistung für die Richtigkeit der Rechenabläufe, Daten und Rechenergebnisse der Software.

Ebenso wird von der KEA-BW für Schäden aufgrund der Installation und Anwendung der Software keine Haftung oder Gewährleistung übernommen. Dies gilt allerdings nicht für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit sowie für sonstige Schäden, die auf einer fahrlässigen Pflichtverletzung der KEA-BW oder einer vorsätzlichen oder fahrlässigen Pflichtverletzung eines gesetzlichen Vertreters oder Erfüllungsgehilfen der KEA-BW beruhen.

2.4 Bezug der Software

Die Software wird durch die KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH kostenlos zur Verfügung gestellt. Interessenten können die Software über die KEA-BW Webseite über die Suchfunktion mit Stichworte *Wärmenetz Analyst* oder *WNA* und per E-Mail über die Webseite des Kompetenzzentrums Wärmewende: <https://www.kea-bw.de/waermewende/angebote/gis-anwendungen> beziehen.

Die Software beinhaltet das Add-In *WNA* und die Testdaten sowie die pdf-Version dieses Nutzerleitfadens. Sie wird nach der Bestellung per E-Mail als Datenpaket (in der Größe von insgesamt 10MB) per E-Mail zugeschickt. Weitere Informationen zum Bezug der Software erhalten die Interessenten unter:

KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Kaiserstraße 94a

D-76133 Karlsruhe

Tel.: +49 0721 98471-0
E-Mail: info@kea-bw.de

2.5 Support

Bei Grundsatzfragen zur Installation und Funktion der Software kann KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH eine kostenlose Unterstützung den Anwendern anbieten - jedoch in einem relativ begrenzten Umfang und nach aktuell bestehenden Personalkapazitäten.

Kontakt für Anfragen:
waermewende@kea-bw.de

3 Softwareentwicklung zur Wärmenetzanalyse

Die Mindestvoraussetzungen zur Bedienung des Add-In *Wärmenetz Analyst WNA* und zur Durchführung des Referenzbeispiels in Kapitel 4 sind eine esri ArcGIS for Desktop Standard 10.2-Lizenz (sowie folgende Versionen) und fortgeschrittene ArcGIS-Kenntnisse.

3.1 Add-In für ArcGIS 10.2

Das Programmmodul beinhaltet die automatische Akkumulierung und Dimensionierung der Hauptleitungen und die automatische Dimensionierung der Hausanschlussleitungen im Nahwärmenetz. Die Einbindung der Funktionen in ArcGIS 10.2 (sowie in die folgenden Versionen) erfolgt über ein sogenanntes Add-In. Die Funktionen sind so konzipiert, dass sie in die Gesamtvorgehensweise integriert sind. Die Berechnungen des Programmmoduls setzen die korrekte Erstellung eines Geometric Network (siehe Kapitel 4) voraus.

3.2 Graphische Benutzeroberfläche

Die Oberfläche des Add-In ist sehr simpel gestaltet (Abbildung 3-1). Auf einer Registerkarte „Netzauslegung“ stehen insgesamt vier Buttons zur Verfügung. Drei „Start...“-Buttons welche die jeweilige Berechnung starten und ein „Beenden“-Button um das Programm zu schließen und in die ArcMap Oberfläche zurückzukehren. Die Berechnungen erfordern keine Benutzereingaben und laufen automatisiert ab.

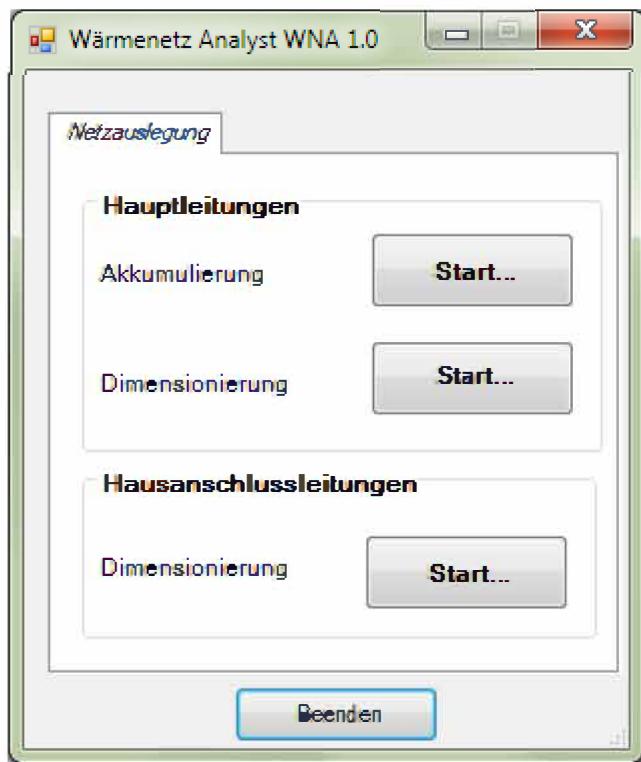
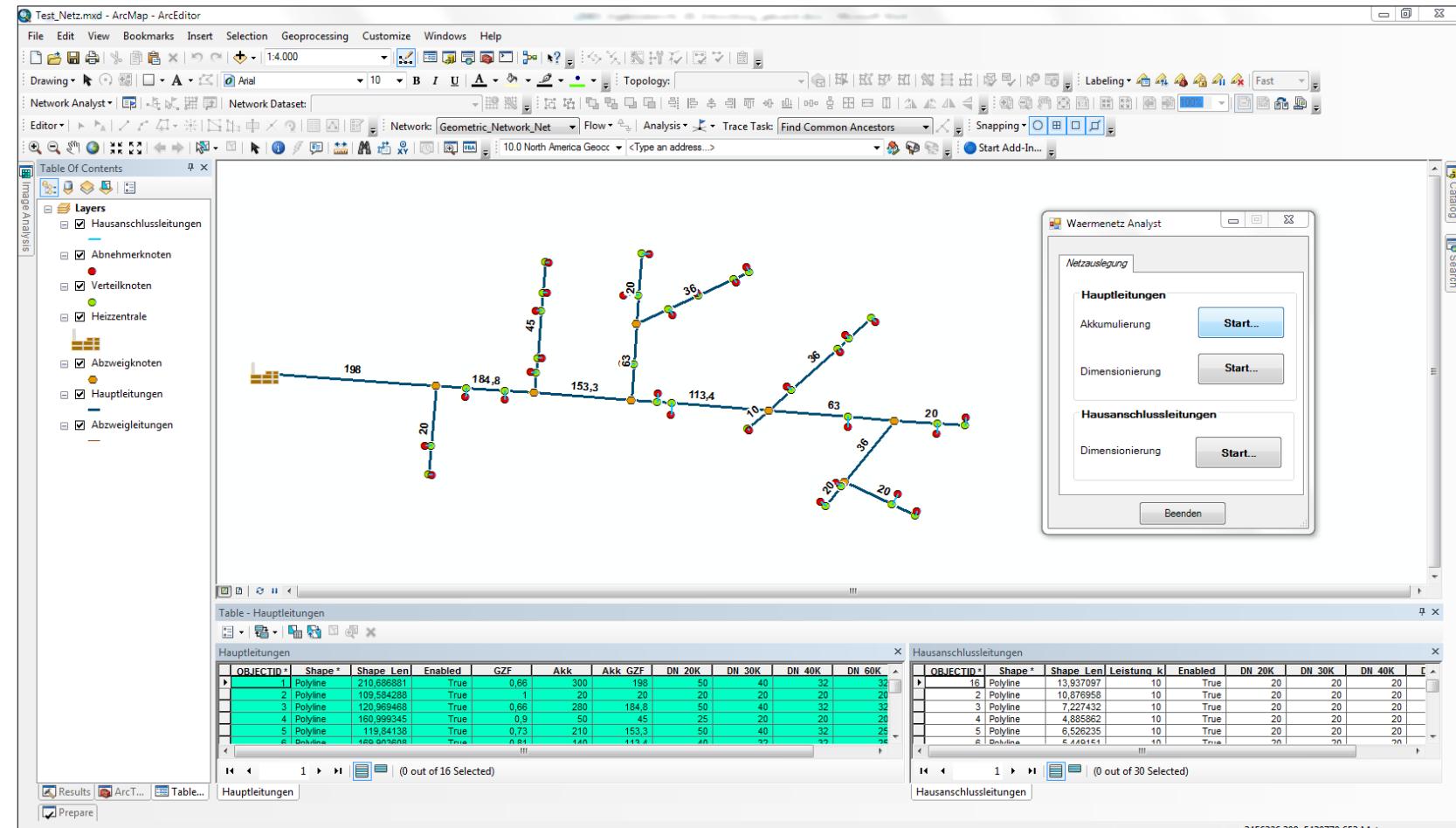


Abbildung 3-1: Graphische Benutzeroberfläche (GUI) des Add-In *Wärmenetz Analyst WNA*

Bei Durchführung der Akkumulierung werden zwei Werte berechnet und in die Attributabelle der Hauptleitungen geschrieben. Zum einen die akkumulierten Leistungswerte für jede Hauptleitung (Spalte „Akk“) und zum anderen die akkumulierten Werte unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors (Spalte „Akk_GZF“), anhand dessen über die Dimensionierungsfunktion der erforderliche Leitungsquerschnitt ermittelt wird (Abbildung 3-2).



Die Dimensionierung der Hauptleitungen ermittelt auf der Grundlage des „Akk_GZF“ -Wertes für jede Hauptleitung den entsprechenden Leitungsquerschnitt. Hierbei wird für die Temperaturspreizungen (dT) von Vor- und Rücklauf jeweils ein Querschnittswert für 20K, 30K, 40K und 60K berechnet und in die Attributabelle geschrieben. Ebenso wird bei der Berechnung der Querschnitte der Hausanschlussleitungen verfahren (Abbildung 3-3 und Abbildung 3-4).

Hauptleitungen												
OBJECTID *	Shape *	GZF	Enabled	Shape Length	Akk	Akk GZF	DN 20K	DN 30K	DN 40K	DN 60K		
4	Polyline	0,9	True	160.999345	50	45	25	20	20	20		
10	Polyline	0,9	True	93.659736	70	63	32	25	25	20		
8	Polyline	0,9	True	154.335293	70	63	32	25	25	20		
6	Polyline	0,81	True	169.903608	140	113,4	40	32	32	25		
5	Polyline	0,73	True	119.84138	210	153,3	50	40	32	25		
3	Polyline	0,66	True	120.969468	280	184,8	50	40	32	32		
1	Polyline	0,66	True	210.686881	300	198	50	40	32	32		

◀ ▶ 0 ⏪ ⏩ (0 out of 16 Selected)

Hauptleitungen

Abbildung 3-3: Attributabelle der Hauptleitungen mit den berechneten Querschnittswerten der

Hausanschlussleitungen										
OBJECTID *	Shape *	Enabled	Shape Len	Leistung_k	DN 20K	DN 30K	DN 40K	DN 60K		
16	Polyline	True	13.937097	10	20	20	20	20		
2	Polyline	True	10.876958	10	20	20	20	20		
3	Polyline	True	7.227432	10	20	20	20	20		
4	Polyline	True	4.885862	10	20	20	20	20		
5	Polyline	True	6.526235	10	20	20	20	20		
6	Polyline	True	5.449151	10	20	20	20	20		
7	Polyline	True	6.878804	10	20	20	20	20		
8	Polyline	True	4.869601	10	20	20	20	20		

◀ ▶ 1 ⏪ ⏩ (0 out of 30 Selected)

Hausanschlussleitungen

Abbildung 3-4: Attributabelle der Hausanschlussleitungen mit den berechneten Querschnittswerten der unterschiedlichen Temperaturspreizungen

4 Referenzbeispiel

In diesem Kapitel werden anhand eines Beispielnetzes die Berechnungsmöglichkeiten des Add-In exemplarisch demonstriert. Voraussetzung zur Durchführung der Beispielrechnung ist mindestens eine ArcGIS for Desktop Standard 10.2-Lizenz.

4.1 Erstellen der Netzelemente

Um die Leitungsdimensionierung mithilfe des Add-In durchführen zu können müssen die nachfolgend aufgeführten Netzelemente (Feature Classes) erstellt werden. In diesem Beispiel werden die zur Verfügung gestellten Testdaten verwendet. Eigens erstellte Daten müssen der im Folgenden beschriebenen Struktur entsprechen.

Notwendige Netzelemente:

Linienelemente

- Hauptleitungen
- Hausanschlussleitungen
- Abzweigleitungen

Punktelemente:

- Heizzentrale
- Abnehmerknoten
- Verteilknoten
- Abzweigknoten.

Die Netzelemente sind in der folgenden Graphik dargestellt (Abbildung 4-1).

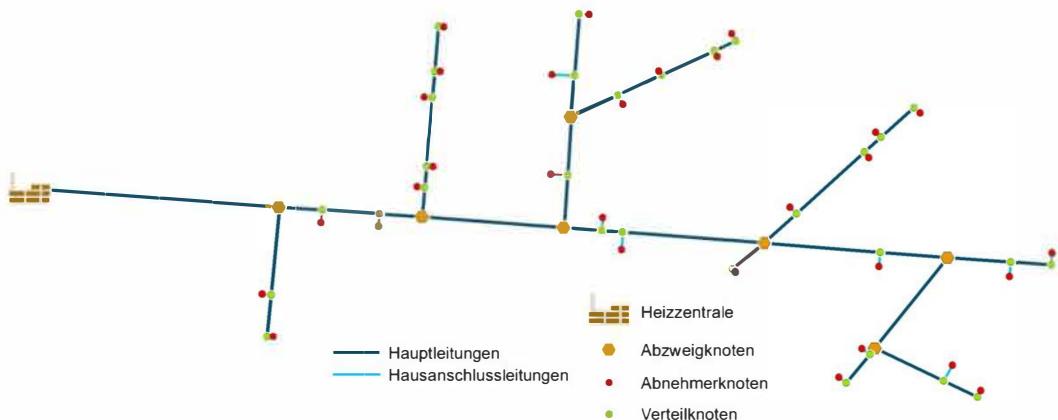


Abbildung 4-1: Notwendige Netzelemente zur Erstellung eines Versorgungsnetzwerks

Die Netzelemente werden in einem Feature Dataset einer Personal Geodatabase abgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Bezeichnungen der Feature Classes identisch mit den obigen sind. Eine exakte Geometrie der Netzelemente ist Voraussetzung für die korrekte Erstellung des für die Berechnung notwendigen Geometric Network.

In der folgenden Abbildung (Abbildung 4-2) ist eine Leitungskreuzung stark vergrößert dargestellt um die Bedeutung der Abzweigleitungen in der Netzgeometrie hervorzuheben.

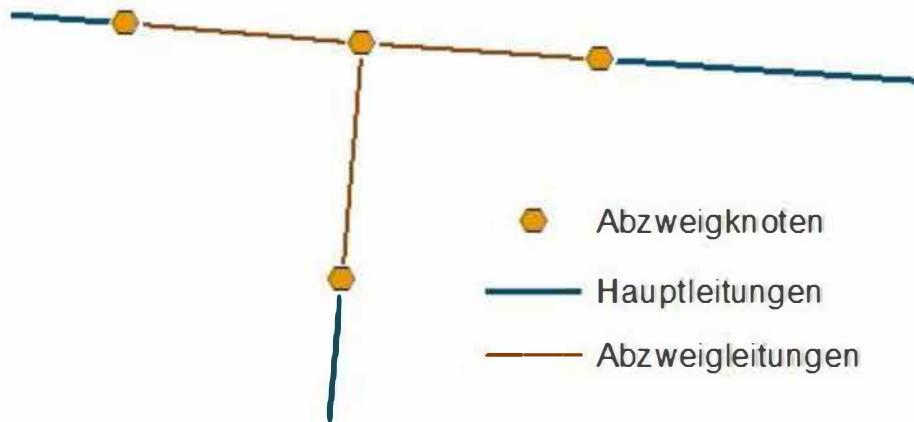


Abbildung 4-2: Stark vergrößerte Hauptleitungsverzweigung mit Abzweigleitungen und -Knoten

Den Attributtabellen der Feature Classes Abnehmerknoten und Hausanschlussleitungen wird vorbereitend die Spalte „Leistung_k“ hinzugefügt, in welcher der Leistungswert (in kW) des jeweiligen Abnehmergebäudes hinterlegt wird (Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4).

Es ist darauf zu achten, dass eine etwaige Änderung des Leistungswertes in beiden Attributtabellen vorgenommen werden muss um eine korrekte Berechnung der Haupt- und Hausanschlussleitungen zu gewährleisten. Ebenso ist zu beachten, dass die erste Spalte „OBJECTID*“ eine von ArcGIS automatisch erzeugte ist. Das bedeutet, dass der Abnehmerknoten mit der ID=1 nicht zwingend der Hausanschlussleitung mit der ID=1 entspricht. Die Zuordnung kann hierbei räumlich, beispielsweise über einen Spatial Join, erfolgen.

Abnehmerknoten			
OBJECTID *	Shape *	Leistung_k	
1	Point	10	
2	Point	10	
3	Point	10	
4	Point	10	
5	Point	10	
6	Point	10	
7	Point	10	
8	Point	10	

Abbildung 4-3: Erweiterung der Attributabelle der Abnehmerknoten um den Leistungswert (Leistung_k) des jeweiligen Gebäudes

Hausanschlussleitungen				
OBJECTID *	Shape *	Shape Len	Leistung_k	
16	Polyline	13,937097	10	
2	Polyline	10,876958	10	
3	Polyline	7,227432	10	
4	Polyline	4,885862	10	
5	Polyline	6,526235	10	
6	Polyline	5,449151	10	
7	Polyline	6,878804	10	
8	Polyline	4,885861	10	

Abbildung 4-4: Erweiterung der Attributabelle der Hausanschlussleitungen um den Leistungswert (Leistung_k) des jeweiligen Gebäudes

Der Attributabelle der Feature Class Hauptleitungen wird die Spalte „GZF“ für den Gleichzeitigkeitsfaktor hinzugefügt und mit einem entsprechenden Wert gefüllt (Abbildung 4-5). Die in diesem Beispiel angenommenen Werte sind fiktiv.

	OBJECTID*	Shape*	Shape Len	GZF
	1	Polyline	210,686881	0,86
	2	Polyline	109,584288	1
	3	Polyline	120,969468	0,86
	4	Polyline	160,999345	0,9
	5	Polyline	119,84138	0,73
	6	Polyline	169,903608	0,81
	7	Polyline	169,128524	0,9
	8	Polyline	154,335293	0,8

Abbildung 4-5: Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um den Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF)

4.2 Erstellung Geometric Network

Aus den obigen Netzelementen wird im ArcCatalog im Feature Dataset über folgenden Dialog ein Geometric Network erstellt (Abbildung 4-6):

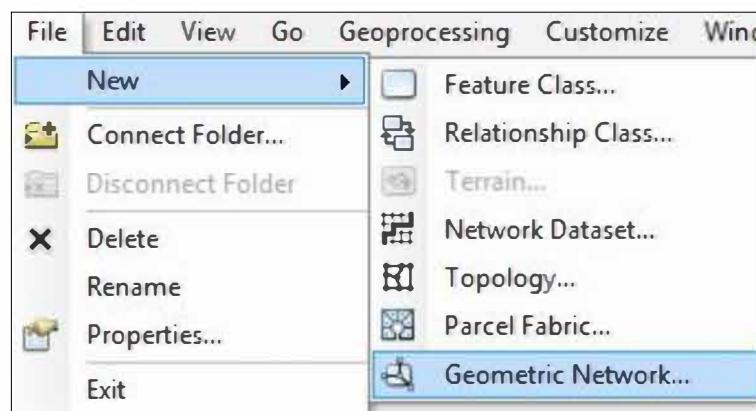


Abbildung 4-6: Menübaum in ArcCatalog zur Erstellung eines Geometric Network

4.2.1 Snap Tolerance

Im ersten Schritt wird die Snap Tolerance im Geometric Network festgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese in einem kleineren Bereich liegt als die Länge der Abzweigleitungen, da es sonst bei der Erstellung des Geometric Network zu Verschiebungen der Geometrie kommen kann und die geometrische Exaktheit damit nicht mehr gewährleistet ist. In diesem Beispiel haben die erstellten Abzweigleitungen eine Länge von 0,05m, somit darf die Snap Tolerance, die standardmäßig auf 0,001m festgelegt, diesen Wert nicht überschreiten (Abbildung 4-7).

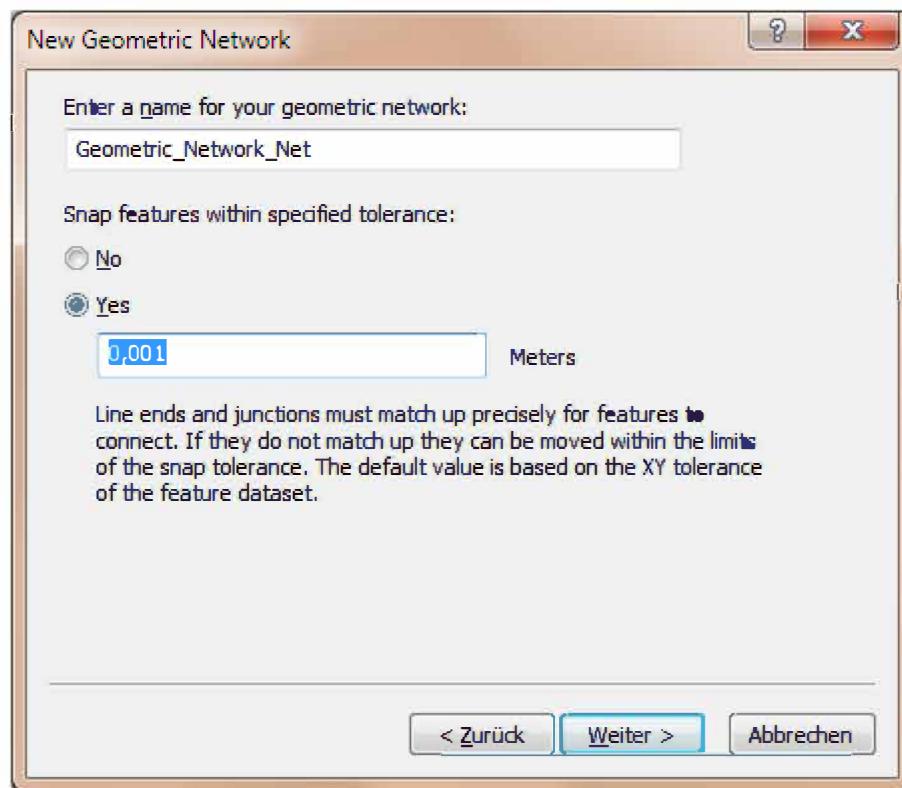


Abbildung 4-7: Einstellung der Snap Tolerance im Geometric Network

4.2.2 Complex Edges und Sink

Bei der Erstellung des Geometric Network ist darauf zu achten, dass die Hauptleitungen als Complex Edges und die Heizzentrale als Sink im Netzwerk fungieren (Abbildung 4-8).

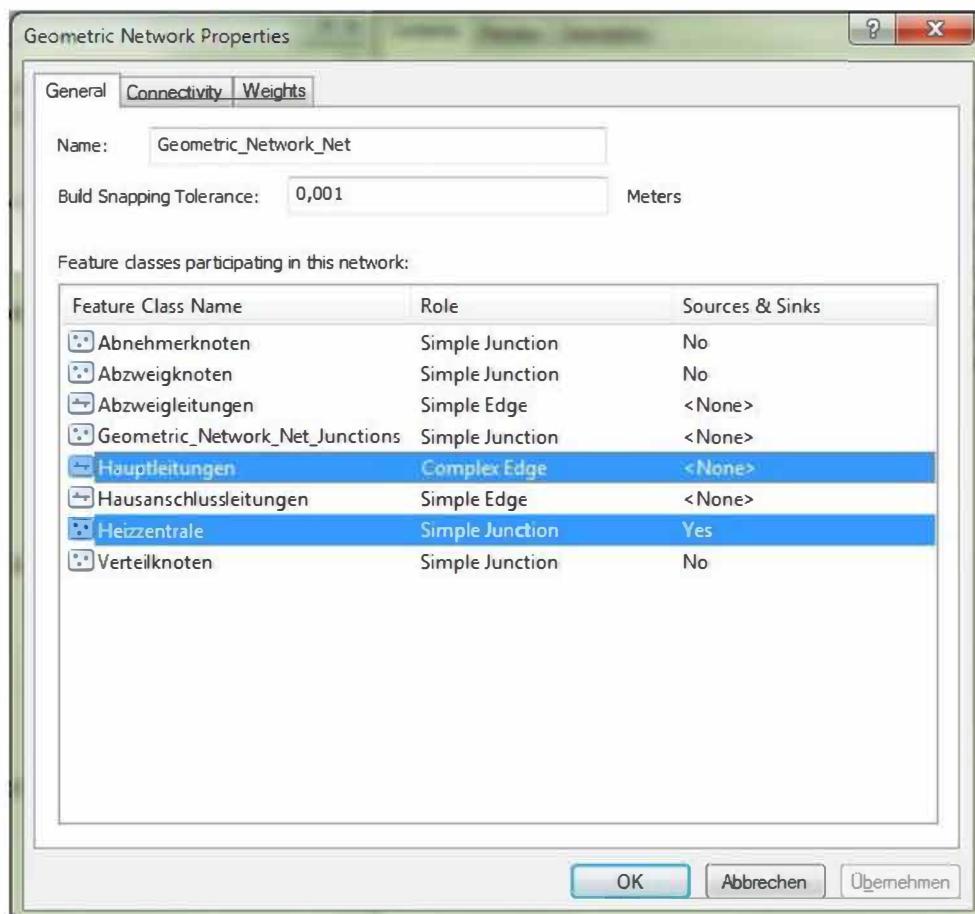


Abbildung 4-8: Festlegung der Hauptleitungen als Complex Edges und der Heizzentrale als Sink im Geometric Network

4.2.3 Weight

Für die spätere Berechnung der Leitungsdimensionierung wird eine Gewichtung (Weight) im Netzwerk definiert. Diese entspricht im Beispiel der Spalte „Leistung_k“ der Feature Class Abnehmerknoten und trägt den Namen „Leistung“ (Abbildung 4-9).

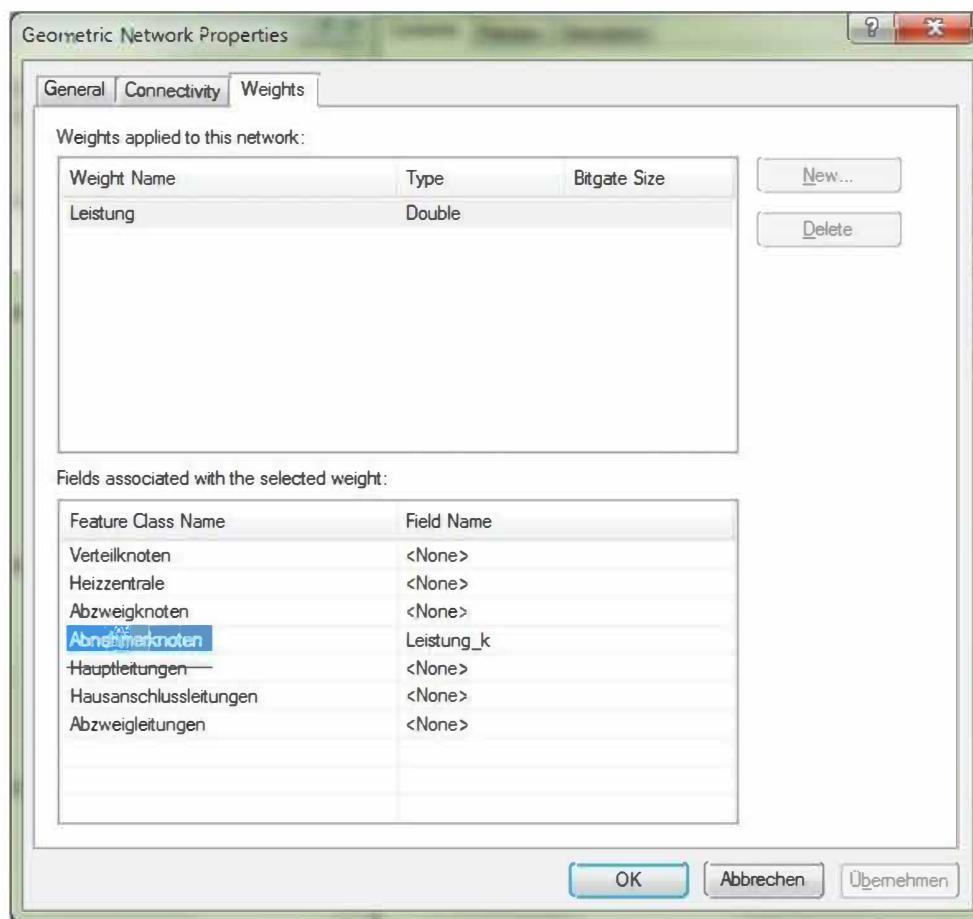


Abbildung 4-9: Festlegung der Gewichtung (Weight) im Geometric Network

4.2.4 Connectivity

Die Verbindungsregeln (Connectivity Rules) werden nach der Erstellung des Geometric Network definiert. Hierbei wird festgelegt, wie die einzelnen Elemente miteinander verbunden sein dürfen. So darf beispielsweise ein Abnehmerknoten nur mit einem Element der Feature Class Hausanschlussleitungen verbunden sein, wobei die Hausanschlussleitungen auch mit den Elementen der Feature Classes Verteilknoten und Hauptleitungen verbunden sind (Abbildung 4-10).

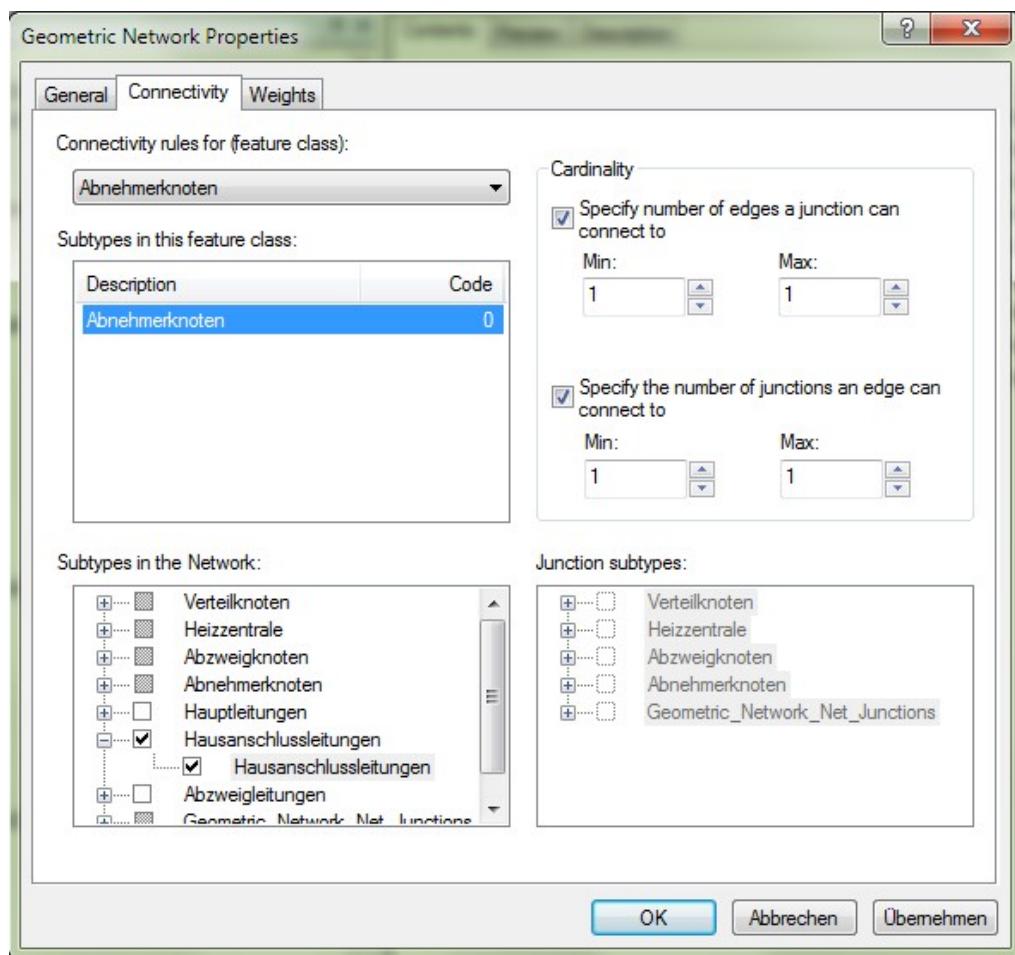


Abbildung 4-10: Festlegung der Verbindungsregeln (Connectivity) der Netzelemente

Nachdem nun das Geometric Network erstellt und alle notwendigen Einstellungen festgelegt sind, wird es in ArcMap geladen (Abbildung 4-11).

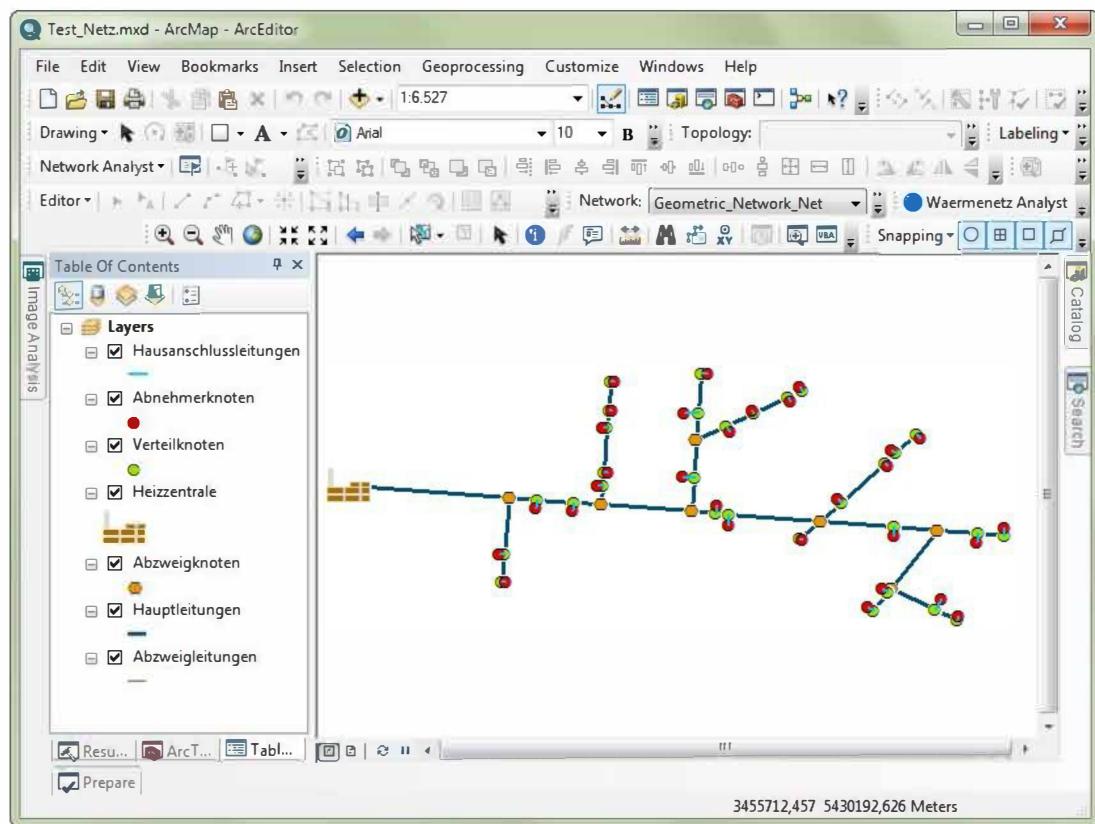


Abbildung 4-11: Geometric Network in ArcMap

4.2.5 Flow Direction

Über die Funktion Set Flow Direction des Utility Network Analyst wird die Fließrichtung im Netz, welche für die Akkumulierung der Wärmebedarfswerte erforderlich ist, definiert. Hierfür wird zunächst (im Editiermodus) der Heizzentrale die Rolle „Sink“ zugewiesen. Damit richtet sich die Fließrichtung im Netz hin zur Heizzentrale aus. In diesem Schritt werden eventuelle Fehler in der Geometrie oder der Topologie der Daten durch eine nicht eindeutig zuweisbare Fließrichtung aufgedeckt (Abbildung 4-12).

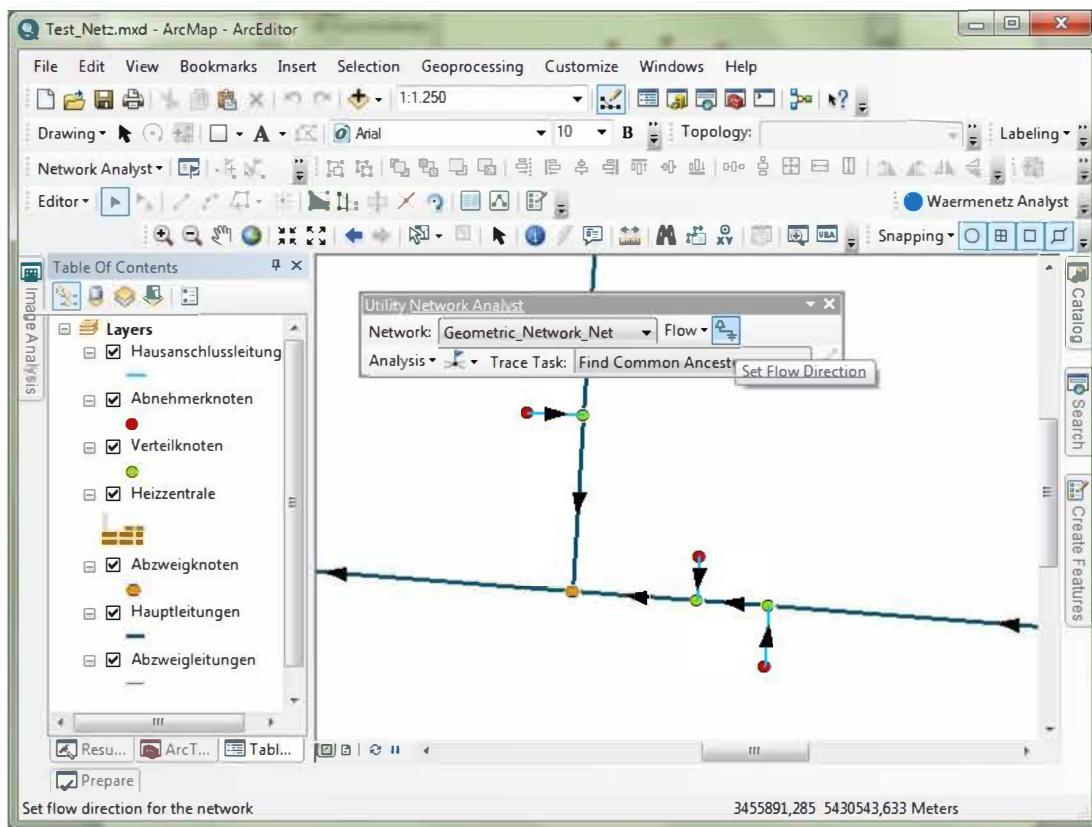


Abbildung 4-12: Setzen der Fließrichtung (Flow Direction) im Geometric Network

4.3 Installation und Anwendung Add-In

Ist die Flow Direction im Netz eindeutig definiert kann nun mithilfe des Add-In die Dimensionierung der Haupt- und Hausanschlussleitungen erfolgen.

Hierfür wird die zur Verfügung gestellte Add-In-Datei „WNA.esriAddIn“ in das Verzeichnis:

...\\ProgramFiles(x86)\\ArcGIS\\Desktop10.2\\Bin\\Addins...

abgelegt und dadurch beim Programmstart von ArcMap automatisch geladen. Dies kann über folgenden Dialog überprüft werden (Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14).

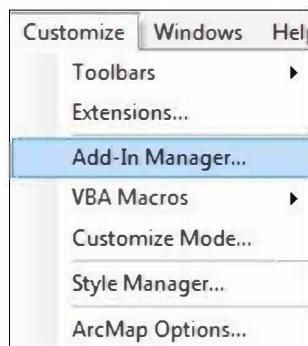


Abbildung 4-13: Programmdialog Add-In Manager

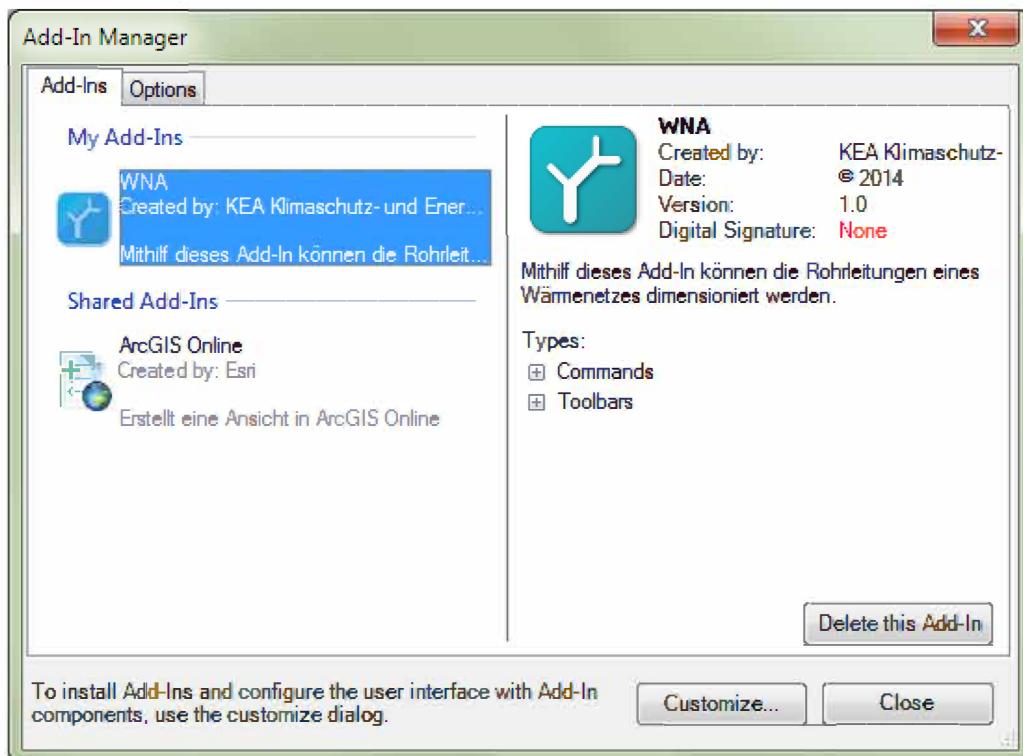


Abbildung 4-14: Oberfläche des Add-In Manager zur Einbindung von Add-Ins in ArcMap

Es ist ebenso möglich die Add-In Datei in einem beliebigen Ordner zu speichern. Hierfür muss lediglich unter Options im Add-In Manager der Dateipfad angegeben werden (Abbildung 4-15).

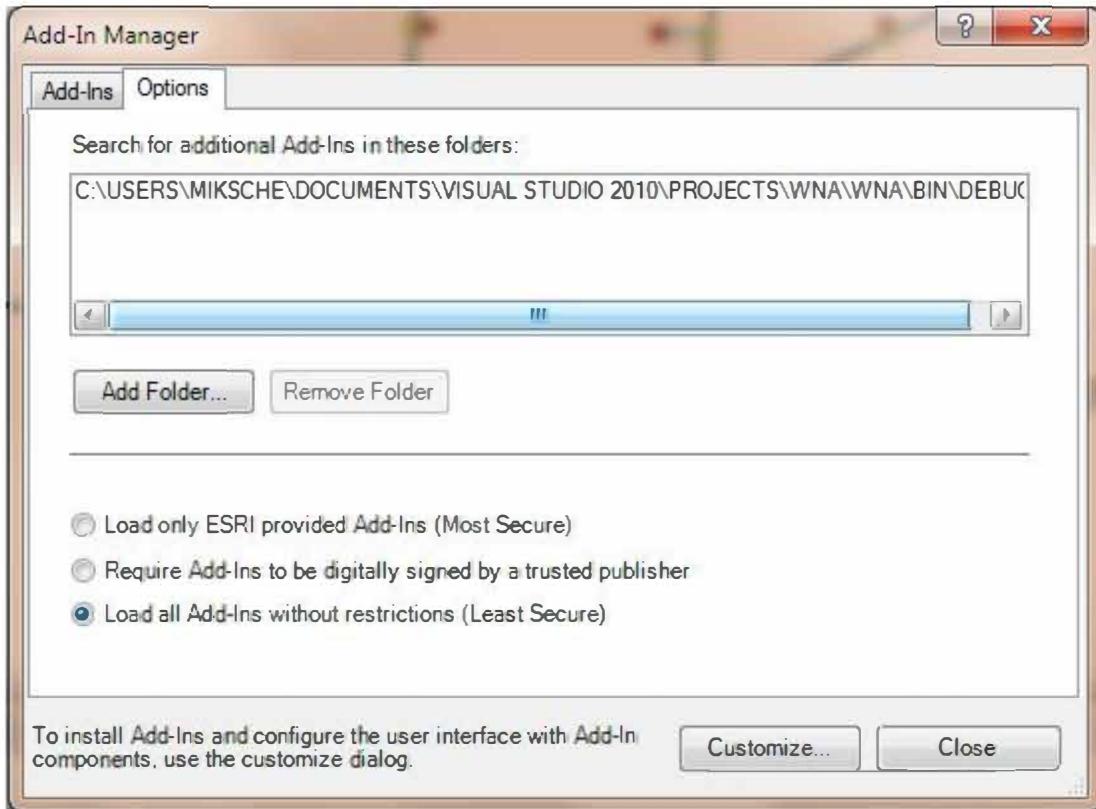


Abbildung 4-15: Angabe des Add-In Dateipfades im Add-In Manager

Alternativ kann das Add-In auch über einen Doppelklick installiert werden (Abbildung 4-16).



Abbildung 4-16: Installationsdialog Add-In

Nachdem das Add-In in ArcMap geladen wurde, erscheint die Toolbar des Add-In WNA (Abbildung 4-17).

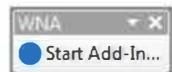


Abbildung 4-17: Toolbar WNA

Sollte dies nicht der Fall sein, kann diese über folgenden Menüeintrag aktiviert werden (Abbildung 4-18).

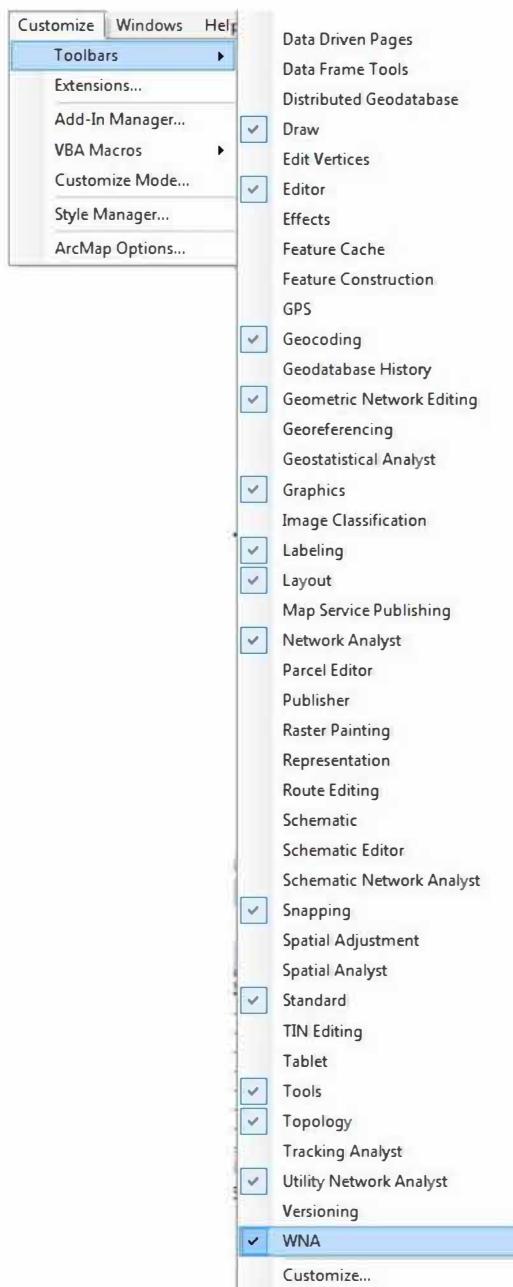


Abbildung 4-18: Menübaum zur Aktivierung der Add-In Toolbar des *Wärmenetz Analyst WNA*

Geöffnet wird die Benutzeroberfläche des Add-In über den Button „Start Add-In...“ (Abbildung 4-19).



Abbildung 4-19: Benutzeroberfläche Add-In *Wärmenetz Analyst WNA*

Im ersten Schritt wird die Akkumulierung der Leistungswerte der Abnehmer für die jeweilige Hauptleitung über den „Start...“ - Button berechnet. Hierbei werden in der Attributabelle der Hauptleitungen zwei neue Spalten „Akk“ und „Akk_GZF“ erzeugt (Abbildung 4-20).

OBJECTID *	Shape *	Shape_Len	Enabled	GZF	Akk		Akk_GZF
					Akk	Akk_GZF	
1	Polyline	210,686881	True	0,66	300	196	
2	Polyline	109,584288	True	1	20	20	
3	Polyline	120,969468	True	0,66	200	164,0	
4	Polyline	160,999345	True	0,9	50	45	
5	Polyline	119,84138	True	0,73	210	153,3	
6	Polyline	169,903608	True	0,81	140	113,4	
7	Polyline	169,128524	True	0,9	40	36	
8	Polyline	154,335293	True	0,9	70	63	

Abbildung 4-20: Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um die Werte Akk und Akk_GZF durch die Akkumulierungsfunktion des Add-In

Auf der Grundlage des „Akk_GZF“-Werts berechnet die Dimensionierung für jede Hauptleitung den notwendigen Leitungsquerschnitt um die Leistung übertragen zu können. Dabei wird für vier verschiedene Temperaturspreizungen (20K, 30K, 40K, 60K) der jeweilige Leitungsquerschnitt ermittelt und in vier neuen Spalten in der Attributabelle gespeichert (Abbildung 4-21).

Hauptleitungen											
OBJECTID *	Shape *	Shape Len	Enabled	GZF	Akk	Akk GZF	DN 20K	DN 30K	DN 40K	DN 60K	
1	Polyline	210 686881	True	0.66	300	198	50	40	32	32	
2	Polyline	109 584288	True	1	20	20	20	20	20	20	
3	Polyline	120 969468	True	0.66	280	184.8	50	40	32	32	
4	Polyline	160 999345	True	0.9	50	45	25	20	20	20	
5	Polyline	119 84138	True	0.73	210	153.3	50	40	32	25	
6	Polyline	169 903608	True	0.81	140	113.4	40	32	32	25	
7	Polyline	169 128524	True	0.9	40	36	25	20	20	20	
8	Polyline	154 335293	True	0.9	70	63	32	25	25	20	
9	Polyline	87 190588	True	1	20	20	20	20	20	20	

Abbildung 4-21: Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um die Querschnittswerte der jeweiligen Temperaturspreizung durch die Dimensionierungsfunktion des Add-In

Ebenso wird bei der Dimensionierung der Hausanschlussleitungen verfahren. Hierbei stellt die Anschlussleistung („Leistung_k“) den Ausgangswert zur Berechnung der notwendigen Leitungsquerschnitte. Auch hier wird für die oben genannten vier Temperaturspreizungen der entsprechende Querschnitt ermittelt und in die Attributabelle geschrieben (Abbildung 4-22).

Hausanschlussleitungen									
OBJECTID *	Shape *	Shape Len	Leistung_k	Enabled	DN 20K	DN 30K	DN 40K	DN 60K	
16	Polyline	13,937097	10	True	20	20	20	20	
2	Polyline	10,876958	10	True	20	20	20	20	
3	Polyline	7,227432	10	True	20	20	20	20	
4	Polyline	4,885862	10	True	20	20	20	20	
5	Polyline	6,526235	10	True	20	20	20	20	
6	Polyline	5,449151	10	True	20	20	20	20	
7	Polyline	6,878804	10	True	20	20	20	20	
8	Polyline	4,869601	10	True	20	20	20	20	

Abbildung 4-22: Erweiterung der Attributabelle der Hausanschlussleitungen um die Querschnittswerte der jeweiligen Temperaturspreizung durch die Dimensionierungsfunktion des Add-In

Im Editiermodus kann der Enabled-Status der Elemente der Abnehmerknoten auf True oder False gesetzt werden. Das heißt, dass lediglich die Elemente, die den Status True haben, in der Akkumulierung berücksichtigt werden. Somit ist es möglich, einzelne Abnehmer oder ganze Trassen aus der Netzdimensionierung herauszunehmen um damit verschiedene Anschlussgrade zu simulieren (Abbildung 4-23).

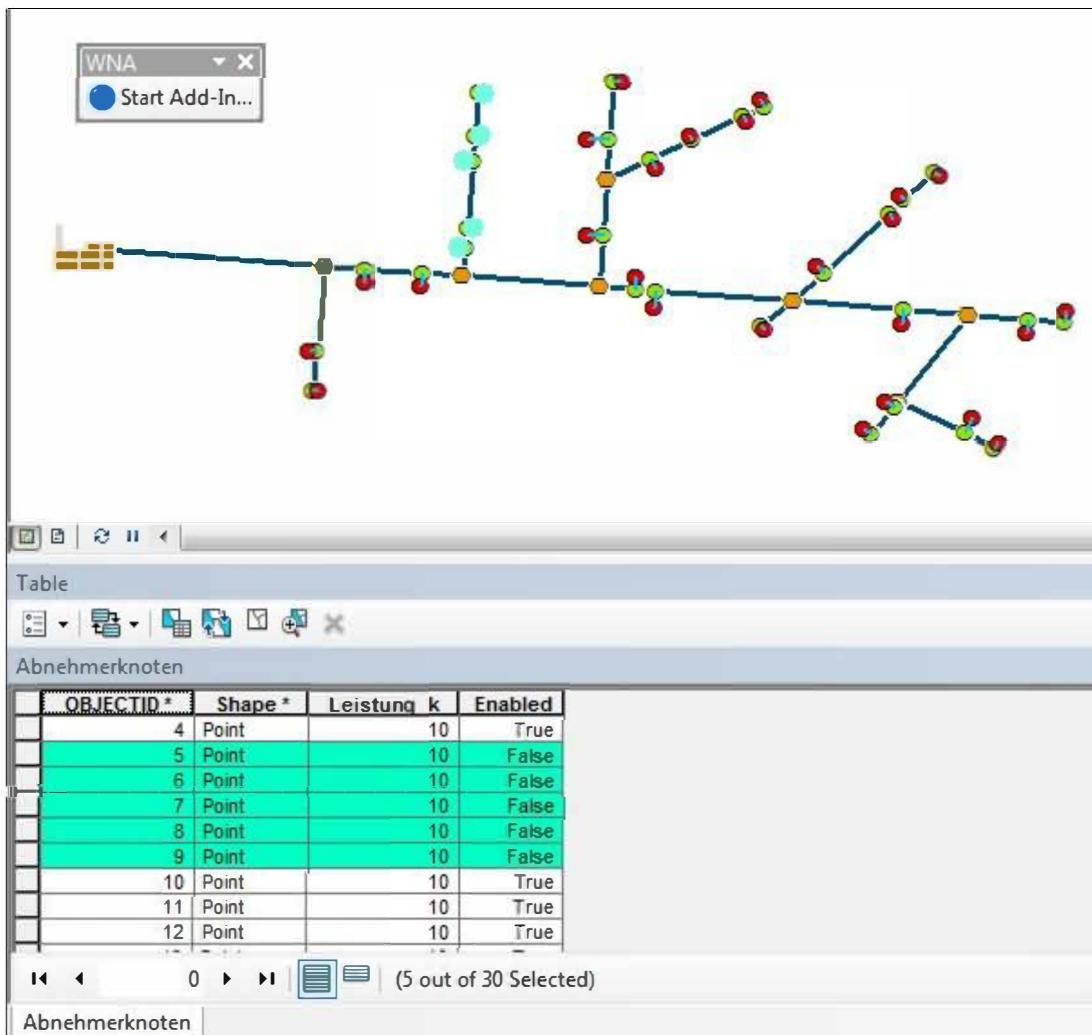


Abbildung 4-23: Simulation verschiedener Anschlussgrade durch Änderung des Enabled-Status der Abnehmerknoten von True auf False

Da es sich bei diesem Add-In um eine erste Version handelt, können eventuell auftretende Fehlermeldungen oder Programmabstürze nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die zur Verfügung gestellten Daten des Referenzbeispiels ermöglichen allerdings bei korrekter Vorgehensweise eine fehlerfreie Berechnung der Leitungsdimensionierung für das Beispielnetz.

Karlsruhe, April 2014

Dipl.-Ing. (FH) Martin Miksche

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, KEA-BW
Karlsruhe.

Aktualisierung

Karlsruhe, August 2020

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, KEA-BW
Karlsruhe.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Visualisierung der Anschlussleistung und Netzauslegung im Versorgungsgebiet.....	3
Abbildung 1-2:	Visualisierung der Wärmedichte im Versorgungsgebiet als blockweise Darstellung.....	4
Abbildung 3-1:	Graphische Benutzeroberfläche (GUI) des Add-In <i>Wärmennetz Analyst WNA</i>	8
Abbildung 3-2:	Geöffnetes Add-In Tool in ArcMap	9
Abbildung 3-3:	Attributabelle der Hauptleitungen mit den berechneten Querschnittswerten der	10
Abbildung 3-4:	Attributabelle der Hausanschlussleitungen mit den berechneten Querschnittswerten der unterschiedlichen Temperaturspreizungen.	10
Abbildung 4-1:	Notwendige Netzelemente zur Erstellung eines Versorgungsnetzwerks.....	12
Abbildung 4-2:	Stark vergrößerte Hauptleitungsverzweigung mit Abzweigleitungen und -Knoten.....	12
Abbildung 4-3:	Erweiterung der Attributabelle der Abnehmerknoten um den Leistungswert (Leistung_k) des jeweiligen Gebäudes.....	13
Abbildung 4-4:	Erweiterung der Attributabelle der Hausanschlussleitungen um den Leistungswert (Leistung_k) des jeweiligen Gebäudes.....	13
Abbildung 4-5:	Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um den Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF)	14
Abbildung 4-6:	Menübaum in ArcCatalog zur Erstellung eines Geometric Network...	14
Abbildung 4-7:	Einstellung der Snap Tolerance im Geometric Network	15
Abbildung 4-8:	Festlegung der Hauptleitungen als Complex Edges und der Heizzentrale als Sink im Geometric Network.....	16
Abbildung 4-9:	Festlegung der Gewichtung (Weight) im Geometric Network.....	17
Abbildung 4-10:	Festlegung der Verbindungsregeln (Connectivity) der Netzelemente	18
Abbildung 4-11:	Geometric Network in ArcMap	19
Abbildung 4-12:	Setzen der Fließrichtung (Flow Direction) im Geometric Network..	20
Abbildung 4-13:	Programmdialog Add-In Manager.....	21
Abbildung 4-14:	Oberfläche des Add-In Manager zur Einbindung von Add-Ins in ArcMap.....	21
Abbildung 4-15:	Angabe des Add-In Dateipfades im Add-In Manager.....	22
Abbildung 4-16:	Installationsdialog Add-In.....	23
Abbildung 4-17:	Toolbar WNA	24
Abbildung 4-18:	Menübaum zur Aktivierung der Add-In Toolbar des <i>Wärmennetz Analyst WNA</i>	24

Abbildung 4-19:	Benutzeroberfläche Add-In <i>Wärmenetz Analyst WNA</i>	25
Abbildung 4-20:	Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um die Werte Akk und Akk_GZF durch die Akkumulierungsfunktion des Add-In.....	
	25
Abbildung 4-21:	Erweiterung der Attributabelle der Hauptleitungen um die Querschnittswerte der jeweiligen Temperaturspreizung durch die Dimensionierungsfunktion des Add-In.....	26
Abbildung 4-22:	Erweiterung der Attributabelle der Hausanschlussleitungen um die Querschnittswerte der jeweiligen Temperaturspreizung durch die Dimensionierungsfunktion des Add-In.....	26
Abbildung 4-23:	Simulation verschiedener Anschlussgrade durch Änderung des Enabled-Status der Abnehmerknoten von True auf False.....	27