

Nutzungsanleitung GGeoQart-Auslegungswerkzeug

Generelle Nutzungshinweise:

- Bitte nutzen Sie das Auslegungswerkzeug nie alleine zur konkreten Planung von Projekten. Es dient der Erstellung einer Vorstudie und soll eine erste Einschätzung der grundsätzlichen Machbarkeit ermöglichen.
- Bitte laden Sie das Tool herunter und speichern Sie es als neue Kopie ab, so dass im Falle eines nicht ersichtlichen Fehlers die Originaldatei schnell zur Verfügung steht
- Erlauben Sie beim Start der Datei alle Inhalte und Makros
- Zur Nutzung dieses Auslegungswerkzeugs müssen Makros aktiviert sein. Falls Windows das Ausführen von Makros bereits systemseitig unterbindet, so kann dies mit:
Rechtsklick auf die Datei → Eigenschaften → Sicherheit: Haken bei „Zulassen“ setzen → Übernehmen
behooben werden.
- Auch in Excel ist das Ausführen von Makros gegebenenfalls zuzulassen. Dies kann über Datei → Optionen → Trust Center → Trust Center-Einstellungen → Makroeinstellungen eingestellt werden.

Anhand eines Beispielquartiers wird der Nutzungsablauf in den Ein- und Ausgabefelder der jeweiligen Tabellenblätter erläutert. Zur Verdeutlichung werden Modellierungswerte aus den zu Verfügung stehenden Quartieren für die Eingabe in den nachfolgenden Abbildungen genutzt. In Abbildung 1 ist die Startseite des Auslegungswerkzeugs dargestellt.

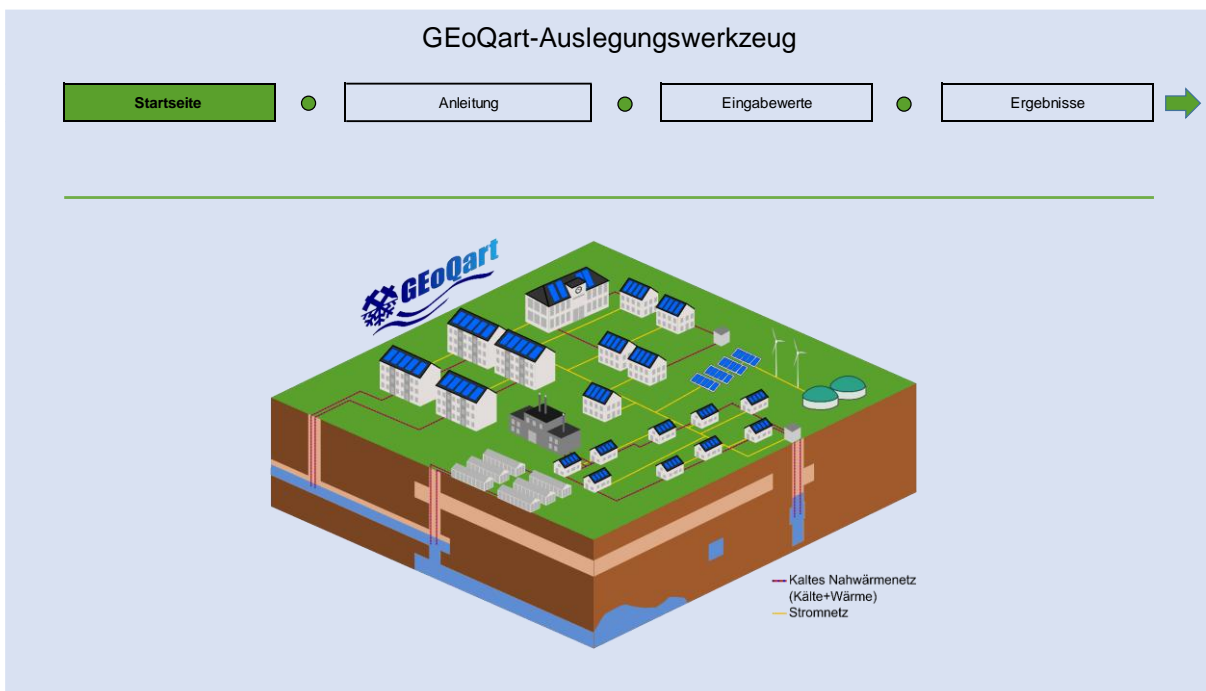


Abbildung 1: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Startseite

Die Navigation im Auslegungswerkzeug kann durch das Anklicken der Buttons oder der Pfeile (siehe Abbildung 2) erfolgen. Das jeweils aktive Abschnitt ist dabei farblich markiert.

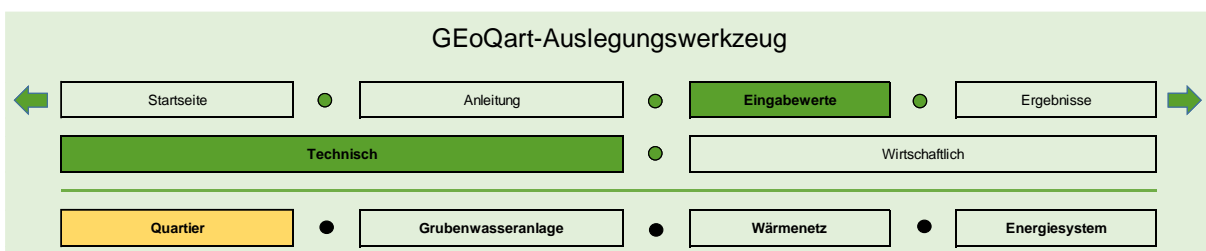


Abbildung 2: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Navigationsleiste

1 Eingabewerte

1.1 Technisch - Quartier

In diesem Abschnitt erfolgt die Eingabe der Quartiersparameter. Die Lage des Quartiers wird dabei über eine Auswahlliste aus allen deutschen Landkreisen mithilfe des amtlichen Gemeindeschlüssels (AGS) ausgewählt. Weiterhin kann die Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser sowie Gewerbe- und Gemeindeobjekte eingegeben werden. Am Beispiel der Ein- und Zweifamilienhäuser wird nun die typische Eingabe erläutert. Zuerst wird die Anzahl der Gebäude eingegeben, anschließend die Anzahl der Haushalte. Da es sich um Ein- und Zweifamilienhäuser handelt, muss die Anzahl der Haushalte mindestens der Anzahl der Gebäude entsprechen und darf höchstens bei dem Doppelten dieser Anzahl liegen. Anschließend können, wenn bekannt, eigene Strom-, Wärme-, und Kühlbedarfe festgelegt werden. Besteht Kenntnis von möglichen Photovoltaikerträgen oder -leistungen, so können diese ebenfalls eingetragen werden. Die Eingabe bei bekannten Werten ist in Abbildung 3 zu erkennen.





Quartierszusammensetzung		Auswahl/Wert	Einheit
Quartierslage			
Landkreis (AGS / Name)		14522 Mittelsachsen	
Ein- und Zweifamilienhäuser			
	Anzahl Gebäude	11	
	Anzahl Haushalte	16	
	Strombedarf bekannt?	Ja	
	Selbst-Eingabe Strombedarf	48.775 kWh/a	
	Wärmebedarf bekannt?	Ja	
	Selbst-Eingabe Raumwärmebedarf	295.091 kWh/a	
	Selbst-Eingabe Warmwasserbedarf	10.656 kWh/a	
	Kältebedarf bekannt?	Ja	
	Selbst-Eingabe Kältebedarf	1.125 kWh/a	
Soll Photovoltaik installiert werden?		Ja	
PV-Ertrag bekannt?		Nein	
Ist die installierte Peakleistung bekannt?		Nein	
modellierter	PV-Ertrag	90.750 kWh/a	

Abbildung 3: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Technisch - Quartier, Werte bekannt (Beispieleingaben)

Sind diese Werte nicht bekannt, so werden sie anhand von Richtwerten modelliert. Der Strombedarf wird dabei mithilfe der Bewohneranzahl pro Haushalt (HH) und der durchschnittlichen Energieeffizienzklasse (A - D) bestimmt. Der Raumwärmebedarf richtet sich nach dem durchschnittlichen Modernisierungsstand, sowie dem durchschnittlichen Baujahr der Gebäude. Der Warmwasserbedarf wird über die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen ermittelt. Über das Baujahr wird ebenfalls der Kältebedarf berechnet. Der zu erwartende Photovoltaikertrag wird anhand typischer Leistungen für die jeweilige Nutzungsart bestimmt. Die Eingabe bei nicht bekannten Werten ist in Abbildung 4 dargestellt.





Quartierszusammensetzung		Auswahl/Wert	Einheit
Quartierslage			
Landkreis (AGS / Name)		14522 Mittelsachsen	
Ein- und Zweifamilienhäuser			
	Anzahl Gebäude	11	
	Anzahl Haushalte	16	
	Strombedarf bekannt?	Nein	
	durchschnittliche Bewohnerzahl pro HH	2	
	durchschnittliche Energieeffizienzklasse Strom	A	
	modellierter Strombedarf	30.400 kWh/a	
	Wärmebedarf bekannt?	Nein	
	durchschnittliche Bewohnerzahl pro HH	2	
	durchschnittlicher Modernisierungsstand	keine Modernisierung	
	durchschnittliches Baujahr	1961 bis 1970	
	modellierter Raumwärmebedarf	393.950 kWh/a	
	modellierter Warmwasserbedarf	25.600 kWh/a	
	Kältebedarf bekannt?	Nein	
	durchschnittliches Baujahr	1961 bis 1970	
	modellierter Kältebedarf	19.501 kWh/a	
	Soll Photovoltaik installiert werden?	Ja	
	PV-Ertrag bekannt?	Nein	
	Ist die installierte Peakleistung bekannt?	Nein	
	modellierter PV-Ertrag	90.750 kWh/a	

Abbildung 4: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Technisch - Quartier, Werte unbekannt und automatisch modelliert (Beispieleingaben)

Da oben nur die Eingabe für die Ein- und Zweifamilienhäuser beschrieben wurde, sind in der nachfolgenden Tabelle 1 die Werte der einzelnen Nutzungsarten noch einmal zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 1: Eingabewerte der Quartiersdaten für den Beispielfall

	Ein- und Zweifamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser	Kommunal- und Gewerbeobjekte
Anzahl Gebäude	11	122	34 (mittlere Gebäude)
Anzahl Haushalte	16	732	-
Strombedarf in kWh/a	48.775	2.081.313	3.054.122
Raumwärmebedarf in kWh/a	295.091	7.821.313	1.821.210
Warmwasserbedarf in kWh/a	10.656	750.282	-
Kältebedarf in kWh/a	1.125	34.607	542.179
Modellierter PV-Ertrag in kWh/a	90.750	2.013.000	528.000

1.2 Technisch - Grubenwasseranlage

Hier kann zuerst ausgewählt werden, ob es sich um einen Entwässerungsstollen oder um eine geflutete Strecke handelt. Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung 5 die auswählbaren Parameter und deren Einfluss auf wirtschaftliche oder technische Ergebnisse zu sehen.

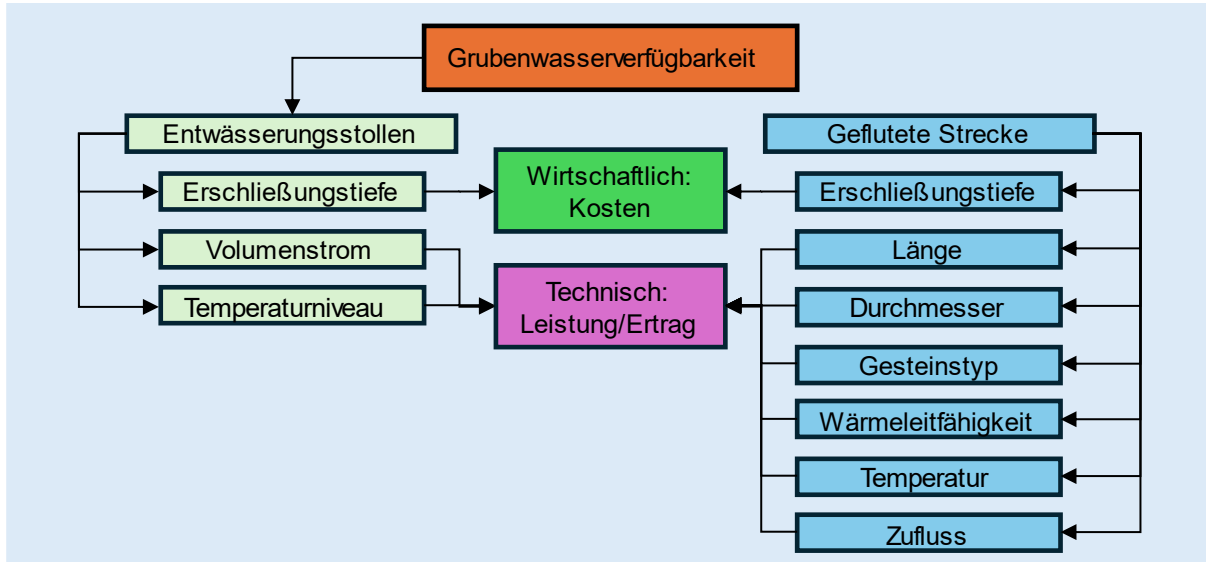


Abbildung 5: Flowchart zu den Eingabeoptionen der Grubenwasserverfügbarkeit

Im Auslegungswerkzeug stellen sich die Eingabefelder zur Grubenwasseranlage im Fall der gefluteten Strecke daher wie folgt dar, siehe Abbildung 6. Für weniger stark verzweigte Strecken sind Werte von 0 – 10 % geeignet, für stark verzweigte Strecken Werte von 20 – 30 %.

Grubenwasserverfügbarkeit		Auswahl/Wert	
		Geflutete Strecke	
Geflutete Strecke		Auswahl/Wert	Einheit
Erschließungstiefe		300	m
Länge der Grubenwasserstrecke		3.000	m
Durchmesser der Grubenwasserstrecke		2	m
Gesteinstyp		Festgestein	
Wärmeleitfähigkeit des Gesteins		4	W/(m*K)
Grubenwassertemperatur		20	°C
Natürlicher Zufluss in die Strecke		20	%

Abbildung 6: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Grubenwasseranlage, Teil 1 (Beispieleingaben)

Anschließend können Eingaben getätigt werden, die einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Dies betrifft die Abschnitte „Bergmännische Arbeiten“, „Elektroinstallation und Gebäudeautomation“, „Unterwasserpumpe“ und „Rohrleitungstechnik“ (Abbildung 7). Hierbei kann zuerst ausgewählt werden, ob der entsprechende Punkt in der wirtschaftlichen Betrachtung berücksichtigt werden soll. Falls die jeweiligen Kosten schon bekannt sein sollten, können diese eingetragen werden. Sind sie nicht bekannt, so erfolgt die Berechnung automatisch.

Bergmännische Arbeiten (BMA)	
BMA berücksichtigen?	Ja
Erschließung über	Vorhandener Schacht
Schachtverwahrung vorhanden	Ja
Erhaltungszustand der Verwahrung	Schlecht
Schachtleerung über Länge	50 m
Schachtsanierung über Länge	150 m
Rohrmaterial	Edelstahl
Anzahl der Rohrstränge zum Grubenwasser	2
Kosten bekannt?	Nein
Elektroinstallation und Gebäudeautomation (EI&GA)	
EI&GA berücksichtigen?	Ja
Kosten bekannt?	Nein
Unterwasserpumpe	
Unterwasserpumpe berücksichtigen?	Ja
Pumpenleistung bekannt	Nein
Kosten bekannt?	Nein
Rohrleitungstechnik	
Rohrleitungstechnik berücksichtigen?	Ja
Kosten bekannt?	Nein

Abbildung 7: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Grubenwasseranlage, Teil 2 (Beispieleingaben)

Schließlich wird im Abschnitt Grubenwasseranlage auch noch die Wärmenutzung (siehe Abbildung 8) berücksichtigt. Dabei ist es möglich einen Kühlenergieanteil einzugeben, dieser wird jedoch nur im kalten Nahwärmenetz berücksichtigt, da nur dort das Temperaturniveau im Wärmenetz zur Kühlung genutzt werden kann. Dabei ist darauf zu achten, dass der eingegebene Kühlenergieanteil in etwa den Werten in der Quartierseingabe entspricht. Weiterhin kann hier ein Wärmeübertrager in die Wirtschaftlichkeit einbezogen werden. Auch hier kann bei Kenntnis ein eigener Kostenwert eingetragen werden. Um eine Foulingwirkung (Ablagerungsbildung) und eine damit einhergehende Überdimensionierung des Wärmeübertragers zu berücksichtigen, kann ein Foulingfaktor eingegeben werden.

Wärmenutzung Grubenwasser	
Kühlenergieanteil	10 %
Wärmeübertrager berücksichtigen?	Ja
Wärmeübertrager-Foulingfaktor	50 %
Kosten bekannt?	Nein

Abbildung 8: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Grubenwasseranlage, Teil 3 (Beispieleingaben)

1.3 Technisch - Wärmenetz

In diesem Abschnitt können Daten zum Wärmenetz eingetragen werden. Auch kann erneut die Option berücksichtigt werden, dass das Wärmenetz nicht in der wirtschaftlichen Betrachtung einbezogen werden soll. Eine wichtige Unterscheidung besteht im Auslegungswerkzeug zwischen zentralen Wärmenetzen (hohe Vorlauftemperatur, zentrale Wärmeherzeugungseinrichtung) und kalten Nahwärmenetzen (Temperatur auf Grubenwasserniveau, dezentrale Anhebung mit Wärmepumpen). Hier können Daten zum Wärmenetz, wie Trassenlänge, mittlere Hausanschlusslänge, Abstand zur Grubenwasseranlage und die Höhe der Verlegekosten einbezogen werden. Falls schon Kosten zum Bau eines Wärmenetzes und einer Umwälzpumpe vorliegen, können diese hier eingetragen werden, andernfalls werden sie automatisch berechnet. Die Eingabemaske zum Wärmenetz ist in Abbildung 9 dargestellt.

Allgemein	Auswahl/Wert	Einheit
Wärmenetz berücksichtigen?	Ja	
Wärmenetztyp	Dezentral	
Trasseninstallation		
Wärmenetzlänge	5.267	m
Mittlere Hausanschlusslänge	15	m
Kosten bekannt?	Nein	
Grubenwasseranlage Abstand bekannt?	Nein	
Verlegekosten	Mittel	
Umwälzpumpe		
Kosten bekannt?	Nein	

Abbildung 9: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Wärmenetz (Beispieleingaben)

1.4 Technik - Energiesystem

In diesem Abschnitt erfolgt die Eingabe von Daten welche das Energiesystem als Ganzes betreffen. Bei den jeweiligen Komponenten ist es wie oben möglich, eigene Kosten einzutragen. Einen großen Einfluss hat dabei der Wärmepumpendeckungsgrad, welcher angibt, wie viel Wärme von der Grubenwasserwärmepumpe gedeckt werden soll. Um dies festzulegen erfolgt die Eingabe des gewünschten Deckungsgrads. Je nach Grubenwasserpotenzial erscheint eine Meldung, ob der eingegebene Deckungsgrad bereitgestellt werden kann. Ist die Eingabe korrekt, wird geprüft ob die Grubenwasserwärmepumpe neu dimensioniert werden muss (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für Details). Ist die Neuauslegung notwendig, erfolgt dies durch den Klick auf den Button „Neuauslegung starten“. Ein Hinweis rechts des Buttons gibt weiterhin an, ob eine Neuauslegung notwendig ist (siehe Abbildung 11). Neben der Spezifikation zu der Grubenwasserwärmepumpe können Eingaben zur Photovoltaiktechnik getätigt werden. So kann das Photovoltaikmodul ausgeschaltet werden, so dass es technisch und wirtschaftlich nicht weiter berücksichtigt wird. Ebenfalls können vorhandene Investitionskosten für die Anlage eingetragen werden. Diese Eingaben werden nachfolgend analog für das Modul des Batteriespeichers durchgeführt. Dort wird zusätzlich die Speicherkapazität eingetragen. Im letzten Abschnitt wird eingetragen wie die Spitzenlastdeckung erfolgen soll. Dies ist notwendig, sobald der Wärmepumpendeckungsgrad geringer als 100 % ist. Andernfalls wird das Spitzenlastmodul nicht berücksichtigt. Der Abschnitt der Eingaben des Energiesystems ist in Abbildung 10 dargestellt.

	Auswahl/Wert	Einheit
Wärmepumpe		
Wärmepumpe berücksichtigen?	Ja	
Gewünschter Deckungsgrad (Wärmeanteil)	70	%
Neuauslegung starten		
Kosten bekannt?	Nein	
Photovoltaikanlagen		
Photovoltaikanlagen berücksichtigen?	Ja	
Kosten bekannt?	Nein	
Batteriespeicher		
Batteriespeicher berücksichtigen?	Ja	
Nennkapazität	1.000	kWh
Kosten bekannt?	Nein	
Spitzenlastdeckung		
Energieträger	Erdgas	
Kosten bekannt?	Nein	

Abbildung 10: Eingabewerte – Energiesystem

Neuauslegung starten

Neuauslegung notwendig!

Abbildung 11: Screenshot der Nutzeroberfläche im GEoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte - Energiesystem, Neuauslegung notwendig (Beispieleingaben)

1.5 Wirtschaftlichkeit

In diesem Abschnitt können wirtschaftliche Randbedingungen berücksichtigt und individuell eingestellt werden. Dies betrifft Angaben zum Basiszinssatz, zur gewünschte Amortisationszeit, den Energiepreisen im Einkauf und deren erwartete Preisänderungen sowie Angaben zur Förderung der Investitionskosten. Für die Beispieleingaben hier basiert der Basiszins von 3,4 % dem auf risikolosen Marktzins, welcher durch staatsfinanzierte Wertpapiere abgeworfen wird [1]. Der Nutzer kann je nach eigenem Ermessen diesen jedoch nach den eigenen Kriterien festlegen. Die Amortisationszeit bestimmt, wann die Kosten des Energiesystems durch den Erlös wieder eingespielt wurden. Sie kann ebenfalls frei gewählt werden. Ein einflussreicher Faktor ist das Niveau der Energiepreise, welche der Quartiersbetreiber für die Energieversorgung hinzukaufen muss. Diese sollten sich an den für den Betreiber verfügbaren Energiepreisen orientieren. Preisänderungen in der Zukunft sind über „Änderung ...preis“ einzubeziehen. Eine Erläuterung zu den hier verwendeten Energiepreisen und Preisänderungsfaktoren befindet sich am Ende dieses Kapitels. Hinsichtlich der Förderung kann unterschieden werden, ob einzelne Unterkomponenten unterschiedliche Fördersätze erhalten, oder ob konstante Förderraten für die Systemkomponenten anzulegen sind. Die hier betrachteten Fördersätze orientieren sich an der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). In Abbildung 12 ist die Eingabemaske der wirtschaftlichen Randbedingungen dargestellt.

Allgemein	Auswahl/Wert	Einheit
Basiszinssatz	3,4	%
Angestrebte Amortisationszeit	15	Jahre
Energiepreise		
Anfänglicher Strompreis (Einkauf)	18	Cent/kWh
Änderung Strompreis (Einkauf)	1,4	%/Jahr
Anfänglicher Gaspreis	7,8	Cent/kWh
Änderung Gaspreis	3,8	%/Jahr
Anfänglicher Pelletpreis	6,7	Cent/kWh
Änderung Pelletpreis	2,0	%/Jahr
Anfängliche PV-Einspeisevergütung	6	Cent/kWh
Änderung PV-Einspeisevergütung	0	%/Jahr
Fördersätze für Investitionen		
Eingabeart Fördersatz Grubenwasseranlage	Einheitlich	
Fördersatz Grubenwasseranlage	40	%
Eingabeart Fördersatz Wärmenetz	Einheitlich	
Fördersatz Wärmenetz	40	%
Eingabe Fördersatz Energiesystem	Einheitlich	
Fördersatz Energiesystem	40	%

Abbildung 12: Screenshot der Nutzeroberfläche im GEoQart-Auslegungswerkzeug: Eingabewerte – Wirtschaftlichkeit (Beispieleingaben)

2 Ergebnisse

Nach dem Bereich für die Eingaben des Systems ist der Ergebnisbereich angeschlossen. Bis auf die iterative Auslegung der Grubenwasserwärmepumpe erfolgt die Berechnung der Ergebnisse kontinuierlich nach einer Änderung durch den Nutzer. Es ist somit kein gesonderter Berechnungsbefehl notwendig, bevor die Ergebnisse eingesehen werden können. Nachfolgend werden die Abschnitte der Ergebnisblätter erläutert.

2.1 Technisch - Grubenwasseranlage

In Abbildung 13 sind die Ausgaben der Grubenwasserberechnung dargestellt. Dort werden relevante Werte zur Grubenwassernutzung ausgegeben. Je nach spezifiziertem Grubenwassernutzungsfall kann die maximal verfügbare Grubenwasserwärmemenge über die tatsächlich genutzte Grubenwasserwärmemenge hinausgehen. Dies ist z.B. der Fall, wenn eine große Strecke zur Verfügung steht, jedoch die Wärmeabnahme durch ein kleines Quartier begrenzt ist. Die jährlich genutzte Kältemenge wird nur beim dezentralen Wärmenetz und Kühlanteil > 0 betrachtet.

Grubenwasseranlage	Wert	Einheit
Grubenwassernutzung durch	Geflutete Strecke	
Max. Grubenwasserleistung (konstanter Betrieb)	900	kW
Maximal verfügbare Grubenwasserwärmemenge	7.884	MWh/Jahr
Tatsächlich genutzte Grubenwasserwärmemenge	5.313	MWh/Jahr
Jährliche genutzte Grubenwasserkältemenge	578	MWh/Jahr
Max. Fördervolumenstrom	141,2	m ³ /h
Mittlere Extraktionstemperatur	5	°C
Mittlere Rückgabetemperatur	4	°C

Abbildung 13: Screenshot der Nutzeroberfläche im GEoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Grubenwasseranlage (Beispielergebnisse)

In Abbildung 14 ist im Fall der gefluteten Strecke die mittlere Grubenwassertemperatur bezogen auf die Länge der Strecke über den Betrachtungszeitraum dargestellt. Wird ein Entwässerungstollen genutzt, ist die in diesem Diagramm gezeigte Temperatur konstant.

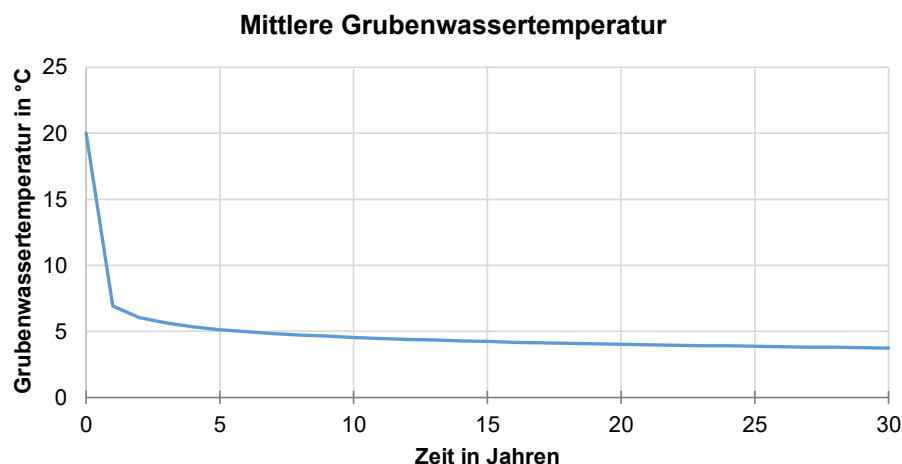


Abbildung 14: Ergebnisdiagramm im GEoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Mittlere Grubenwassertemperatur (Beispielergebnisse)

In Abbildung 15 ist das Wärmebedarfsprofil des Quartiers über ein Jahr inklusive der Wärmeverluste im Netz zu sehen. Falls ein Deckungsgrad der Wärmepumpe > 0 gewählt wurde, wird hier auch der Anteil der Wärmepumpe dargestellt. Die restliche benötigte Leistung wird durch die Spitzenlastanlage gedeckt.

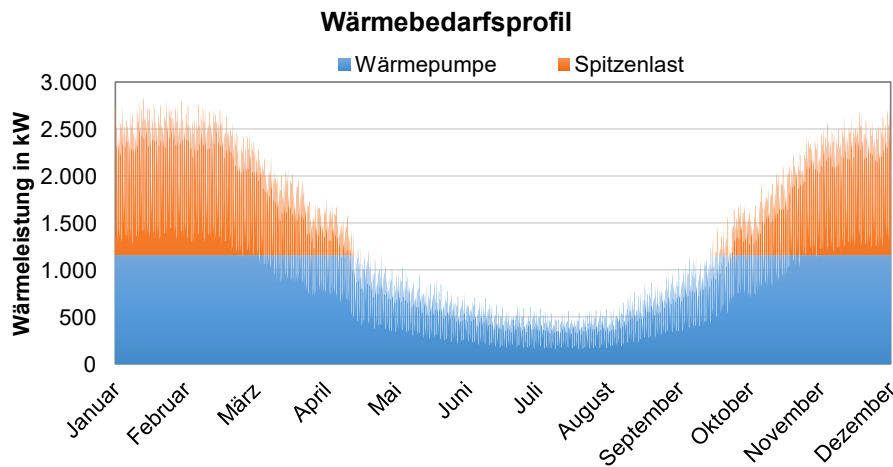


Abbildung 15: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Wärmebedarfsprofil (Beispielsergebnisse)

2.2 Technisch - Wärmenetz

In Abbildung 16 sind die Ergebnisse zum Wärmenetz zu erkennen. Basierend auf der Wärmenetzlänge und der zu liefernden Wärmeleistung erfolgt die Ausgabe der benötigten Rohrgeometrien (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für Details). Weiterhin wird aufgrund der getätigten Auslegungsangaben der maximale Fördervolumenstrom und die Wärmebelegungsichte berechnet.

Wärmenetz	
Wärmenetztyp	Dezentral
Wärmenetzlänge	5.794 m
Abschätzung der benötigten Rohrgeometrien	DN25 - 2475 m,
	DN80 - 279 m,
	DN100 - 279 m,
	DN125 - 279 m,
	DN150 - 838 m,
	DN200 - 1617 m
Maximaler Fördervolumenstrom	140,66 m ³ /h
Wärmebelegungsichte	1.847 kWh/(m*a)

Abbildung 16: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Wärmenetz (Beispielsergebnisse)

2.3 Technisch - Energiesystem

In Abbildung 17 sind die Ergebnisse des Energiesystems bezogen auf Wärme, Kälte und Strom dargestellt. In der Kategorie Wärme und Kälte werden die maximalen und minimalen Wärmeleistungen, der Wärmebedarf der Gebäude aufgeteilt in Raumwärme und Warmwasser, die Wärmeverluste des Wärmenetzes, der Gesamtwärmebedarf inklusive Wärmeverluste, die maximale Kälteleistung und der Gesamtkältebedarf ausgegeben. In der Kategorie Strom sind der Gesamtstrombedarf (aufgeteilt in Gebäude, Wärmepumpen und Pumpen), die installierte Photovoltaik-Leistung, die Photovoltaik-Erzeugung (aufgeteilt in Netzeinspeisung, direkter Eigenverbrauch, Eigenverbrauch aus Batterie und Batterieverluste), sowie der Netzbezug, die Eigenverbrauchsrate und die Eigendeckungsrate zu finden.

Energiesystem

Wärme und Kälte

Maximaler Wärmeleistungsbedarf	2.843	kW
Minimaler Wärmeleistungsbedarf	144,0	kW
Wärmebedarf Gebäude	10.698.552	kWh/Jahr
davon Raumwärme	9.937.614	kWh/Jahr
davon Warmwasser	760.938	kWh/Jahr
Wärmeverluste Wärmenetz	33.534	kWh/Jahr
Gesamtwärmebedarf	10.732.086	kWh/Jahr
Maximaler Kälteleistungsbedarf	2.091	kW
Gesamtkältebedarf	577.911	kWh/Jahr

Strom

Jährlicher Gesamtstrombedarf	7.757.551	kWh/Jahr
davon Gebäude	5.183.852	kWh/Jahr
davon Grubenwasserwärmepumpe	2.203.451	kWh/Jahr
davon Pumpen	370.248	kWh/Jahr
Installierte Photovoltaik-Leistung	2.393	kW
Installierte Stromspeicherkapazität	1.000	kWh
Photovoltaik-Erzeugung	2.632.250	kWh/Jahr
davon Netzeinspeisung	363.922	kWh/Jahr
davon direkter Eigenverbrauch	2.143.376	kWh/Jahr
davon Eigenverbrauch aus Batterie	118.249	kWh/Jahr
davon Batterieverluste	6.704	kWh/Jahr
Netzbezug	5.495.926	kWh/Jahr
Eigenverbrauchsrate (mit Batterienutzung)	86%	
Eigendeckungsrate	29%	

Abbildung 17: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Energiesystem Teil 1 (Beispielergebnisse)

In Abbildung 18 ist die Darstellung der Ergebnisse zur Wärmepumpe und zur Spitzenlast zu sehen. Bei beiden wird die Heizleistung, die bereitgestellte Wärme- und bezogene Energiemenge und die Vollbenutzungsstunden ausgegeben. Die Angaben zur Wärmepumpe enthalten zusätzlich noch den Deckungsgrad.

Wärmepumpe

Heizleistung	1.160	kW
Deckungsgrad	70%	
Wärmemenge	7.507.358	kWh/Jahr
Bezugsenergie (Strom)	2.203.451	kWh/Jahr
Vollbenutzungsstunden	6.474	h/Jahr

Spitzenlast

Heizleistung	1.684	kW
Wärmemenge	3.224.728	kWh/Jahr
Bezugsenergie (Erdgas)	3.013.764	kWh/Jahr
Vollbenutzungsstunden	1.915	h/Jahr

Abbildung 18: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Technisch, Energiesystem Teil 2 (Beispielergebnisse)

Weiterhin wird in diesem Abschnitt die Monatsbilanz des Stromes im Quartier dargestellt. In Abbildung 19 ist diese Bilanz dargestellt. Dabei sind monatliche Summenwerte über das Jahr aufgetragen. Gut zu erkennen ist der Überschuss durch die Photovoltaik-Erzeugung im Sommer und die Absenkung der Erträge im Winter. Die geringen Erträge im Winter führen zu einer höheren aus dem Netz bezogenen Strommenge, einer verringerten Einspeisung und einem verringerten Direktverbrauch.

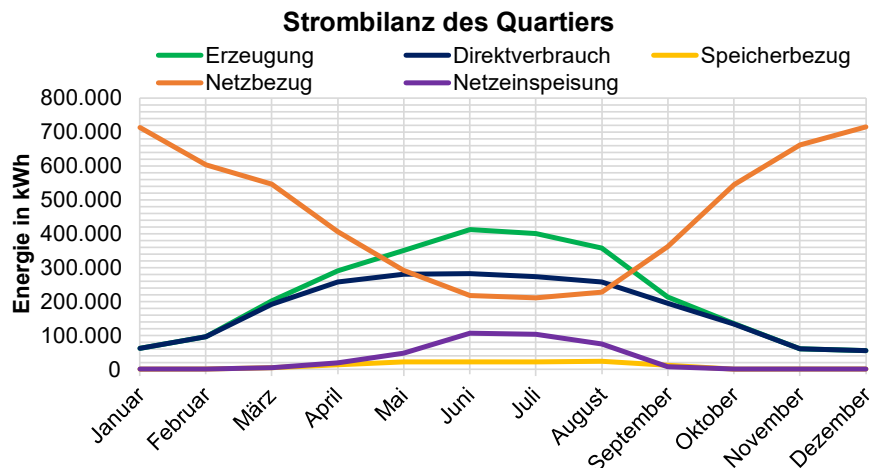


Abbildung 19: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ausgabewerte - Technisch, Strombilanz des Quartiers (Beispielergebnisse)

In Abbildung 20 ist die Zusammensetzung des Gesamtenergiebedarfs des Quartiers zu erkennen. Hier werden die prozentualen Anteile der verschiedenen Energiebedarfe aufgezeigt. Dabei ist die Bilanzgrenze um die von den Nutzern angefragte Energie gezogen und beinhaltet Warmwasser, Raumwärme, Kälte und Strom.

Zusammensetzung des Gesamtenergiebedarfs vom Quartier

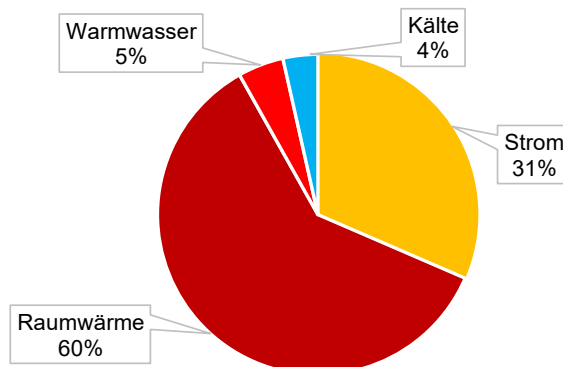


Abbildung 20: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ausgabewerte - Technisch, Zusammensetzung des Gesamtenergiebedarfs (Beispielergebnisse)

2.4 Wirtschaftlich

In Abbildung 21 sind die Investitionskosten der einzelnen Technikmodule des Gesamtsystems dargestellt. Zusätzlich sind hier auch die Kosten dargestellt, welche sich durch die eingestellten Fördermaßnahmen (40 %) ergeben. Ebenfalls sind die veranschlagten Planungskosten neben den Technikmodulen dargestellt. Dabei werden folgende Abkürzungen verwendet:

- GW Grubenwasser
- WN Wärmenetz
- ES Energiesystem

Investitionskosten	Wert	mit Förderung
Grubenwasseranlage	866.401 €	519.841 €
GW - Bergmännische Arbeiten	400.500 €	240.300 €
GW - Elektrik und Gebäudeautomation	284.298 €	170.579 €
GW - Unterwasserpumpe	21.404 €	12.842 €
GW - Rohrleitungstechnik	145.447 €	87.268 €
GW - Wärmeübertrager	14.753 €	8.852 €
Wärmenetz	2.437.884 €	1.462.730 €
WN - Umwälzpumpe	38.821 €	23.292 €
WN - Trasseninstallation	2.399.063 €	1.439.438 €
Energiesystem	4.371.897 €	2.633.138 €
ES - Wärmepumpe	1.395.688 €	837.413 €
ES - Photovoltaikmodule	2.006.580 €	1.203.948 €
ES - Batteriespeicher	548.726 €	329.235 €
ES - Spitzenlastdeckung	420.903 €	252.542 €
Planung	767.618 €	767.618 €
Planungskosten (10% der Investitionssumme)	767.618 €	767.618 €
Gesamtinvestition		5.373.327 €

Abbildung 21: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Investitionskosten (Beispielsergebnisse)

Basierend auf der vorangegangenen Übersicht zeigt Abbildung 22 die Verteilung der Investitionskosten. Dabei sind die Kosten der einzelnen Komponenten so ebenfalls in die Kategorien Grubenwasseranlage, Wärmenetz, Energiesystem und Planung eingeteilt.

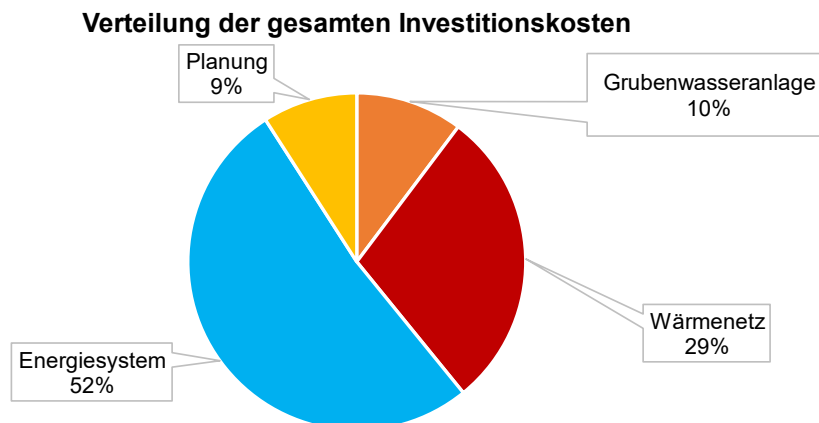


Abbildung 22: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Aufteilung Investitionskosten (Beispielsergebnisse)

Für eine noch detailliertere grafische Auswertung kann Abbildung 23 herangezogen werden, wo neben den Modulen ebenfalls alle Untermodule und die assoziierten Kosten aufgetragen sind.

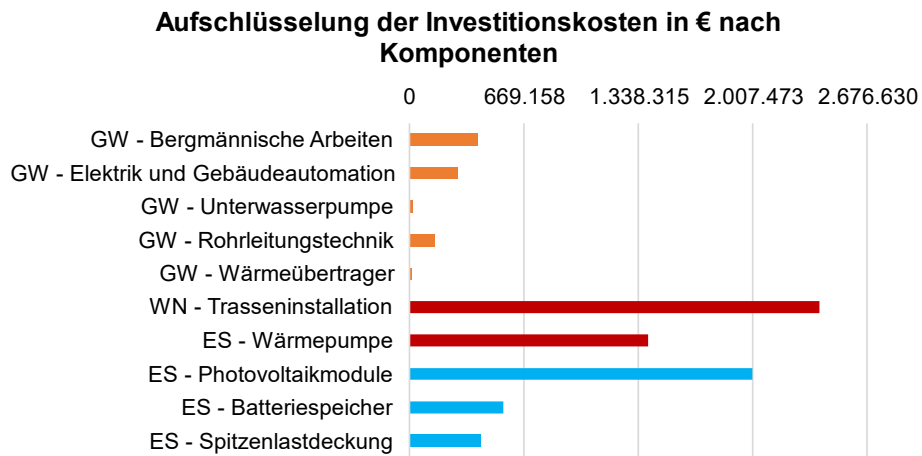


Abbildung 23: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Aufschlüsselung nach Komponenten (Beispielsergebnisse)

Neben den Investitionskosten für die Planung und den Bau des Energiesystems sind die Ergebnisse der wirtschaftlichen Bilanzierung essenziell für eine ökonomische Bewertung. Im Abschnitt der Wirtschaftlichkeit sind daher weiterführend die Ergebnisse der Annuitätenrechnung und der Verlauf der Kapitalwertberechnung ausgegeben. In Abbildung 24 sind die berechneten Annuitäten der verschiedenen Kostenbereiche zu den Technikmodulen abgebildet. Aus kapitalgebundenen, variablen, bedarfsgebundenen, Planungskosten und PV-Einspeisevergütung ergibt sich anschließend eine Gesamtannuität.

Jährliche Zahlungsströme (Annuitäten nach VDI 2067)		Wert	Einheit
Kapitalgebundene Kosten		-328.117	€/Jahr
davon Grubenwasseranlage		-30.336	€/Jahr
davon Wärmenetz		-80.287	€/Jahr
davon Energiesystem		-217.493	€/Jahr
Variable Kosten		-155.594	€/Jahr
davon Grubenwasseranlage		-22.057	€/Jahr
davon Wärmenetz		-79.800	€/Jahr
davon Energiesystem		-53.738	€/Jahr
Bedarfsgebundene Kosten		-1.607.836	€/Jahr
davon Grubenwasseranlage		-54.359	€/Jahr
davon Wärmenetz		-17.695	€/Jahr
davon Energiesystem		-1.535.782	€/Jahr
Planung		-41.215	€/Jahr
davon Planungskosten		-41.215	€/Jahr
PV-Einspeisung		21.835	€/Jahr
davon Erlöse		21.835	€/Jahr
Gesamtannuität		-2.110.927	€/Jahr

Abbildung 24: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Annuitäten (Beispielsergebnisse)

Gemäß dieser Werte sind in Abbildung 25 die Annuitäten der einzelnen Anteile dargestellt.

Jährliche Kosten auf Annuitätenbasis

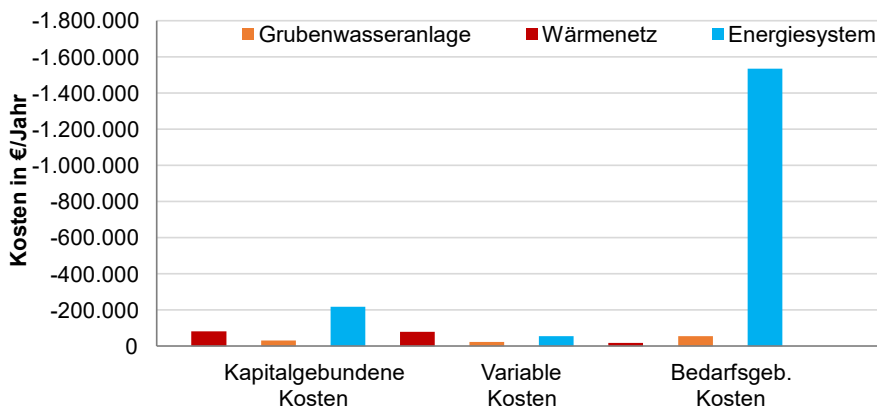


Abbildung 25: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Jährliche Kosten

In Abbildung 26 ist das Ergebnis der wirtschaftlichen Bewertung des Quartiers auf Basis der Kapitalwertmethode dargestellt. Die Bilanz errechnet sich dabei aus den jährlichen Kosten addiert mit den jährlichen Erlösen. Zeitpunkte, an denen Ersatzanschaffungen anfallen können in der Bilanz durch ein Absenken erkannt werden (bspw. Tausch der Umwälzpumpe im Wärmenetz und des Batteriespeichers nach 15 Jahren).

Wirtschaftlichkeit - Bilanz

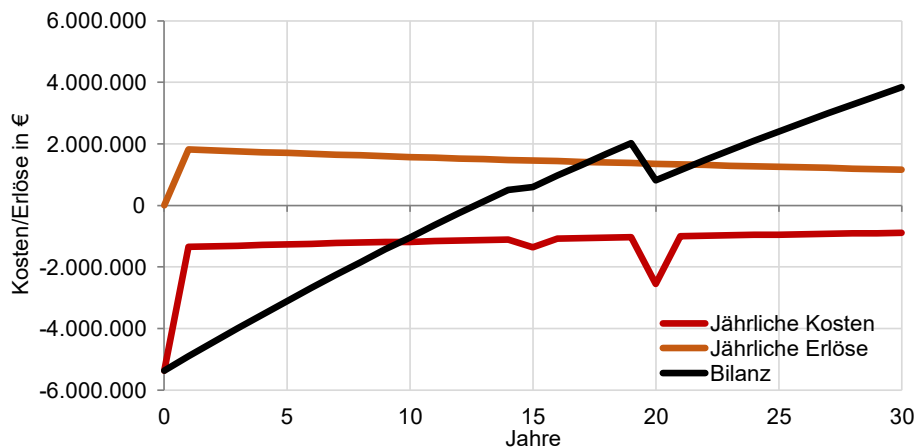


Abbildung 26: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Wirtschaftlichkeitsbilanz

Im letzten Teil dieses Wirtschaftlichkeitsabschnittes sind die für die Kunden anzulegenden Energiepreise im Quartier ausgegeben. Diese sind auf die drei Energieposten Strom, Wärme und Kälte aufgeteilt und gemäß der Darstellung im Auslegungswerkzeug in Abbildung 27 gezeigt.

Energiepreise für Endnutzer

Strom	24,61 ct/kWh
Wärme	5,16 ct/kWh
Kälte	4,81 ct/kWh

Abbildung 27: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Energiepreise für Endnutzer (Beispielsergebnisse)

Dabei handelt es sich jedoch um eine Abschätzung der Preise, welche nicht der angegebene Amortisationszeit des Nutzers entspricht. Um die Energiepreise darauf abgestimmt genauer zu berechnen, muss die Energiepreisberechnung (Abbildung 28) separat ausgelöst werden. Um den Nutzer darauf hinzuweisen, erscheint ebenfalls eine rote Meldung.

**Für genaue Energiepreise bitte
Berechnung durchführen.**

Energiepreisberechnung

Abbildung 28: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Wirtschaftlich, Berechnung Energiepreise

2.5 Ökologisch

In Abbildung 29 sind die Ergebnisse der ökologischen Betrachtung für den jeweiligen Quartiersfall dargestellt. Dabei sind zunächst die jährlichen CO₂-Emissionen für Strom (aufgeteilt nach Bezug und Nutzung), Wärme (Spitzenlastdeckung) und Gesamtemissionen aufgelistet. Anschließend wird gegebenenfalls eine CO₂-Gutschrift für ins Netz eingespeisten PV-Strom und entsprechender Netzstromverdrängung ausgegeben. Zum Schluss wird die CO₂-Bilanz aus den Gesamtemissionen und der Gesamtgutschrift berechnet und ein Vergleich zu einem Referenzfall gezogen.

Quartiersfall	
Jährliche CO₂-Äq.-Emissionen	
Strom (Gebäude, Wärmepumpe, Anlagenperipherie)	2.421,8 t/Jahr
davon:	
Netzbezug	2.346.760 kg/Jahr
Direkter PV-Eigenverbrauch	68.588 kg/Jahr
PV-Eigenverbrauch aus Batterie	6.149 kg/Jahr
Batterieverluste	349 kg/Jahr
aufgeteilt nach Nutzung:	
Gebäude	1.616.960 kg/Jahr
Grubenwasserwärmepumpe	687.306 kg/Jahr
Pumpen und Batterieverluste	117.580 kg/Jahr
Wärme	806,2 t/Jahr
davon: Spitzenlastdeckung: Erdgas	806.182 kg/Jahr
Gesamtemissionen	3.228,0 t/Jahr
Jährliche CO₂-Äq.-Gutschrift	
Strom	-143,7 t/Jahr
davon: PV-Netzeinspeisung	-143,7 kg/Jahr
Gesamtgutschrift	-143,7 t/Jahr
Jährliche CO₂-Äq.-Bilanz	
Quartier	3.084,3 t/Jahr
Einsparung ggü. Referenzfall	37 % CO₂-Äq./Jahr

Abbildung 29: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Ökologisch, Quartiersfall (Beispielergebnisse)

In Abbildung 30 sind die Ökologiebilanzen des Quartiers grafisch aufbereitet dargestellt.

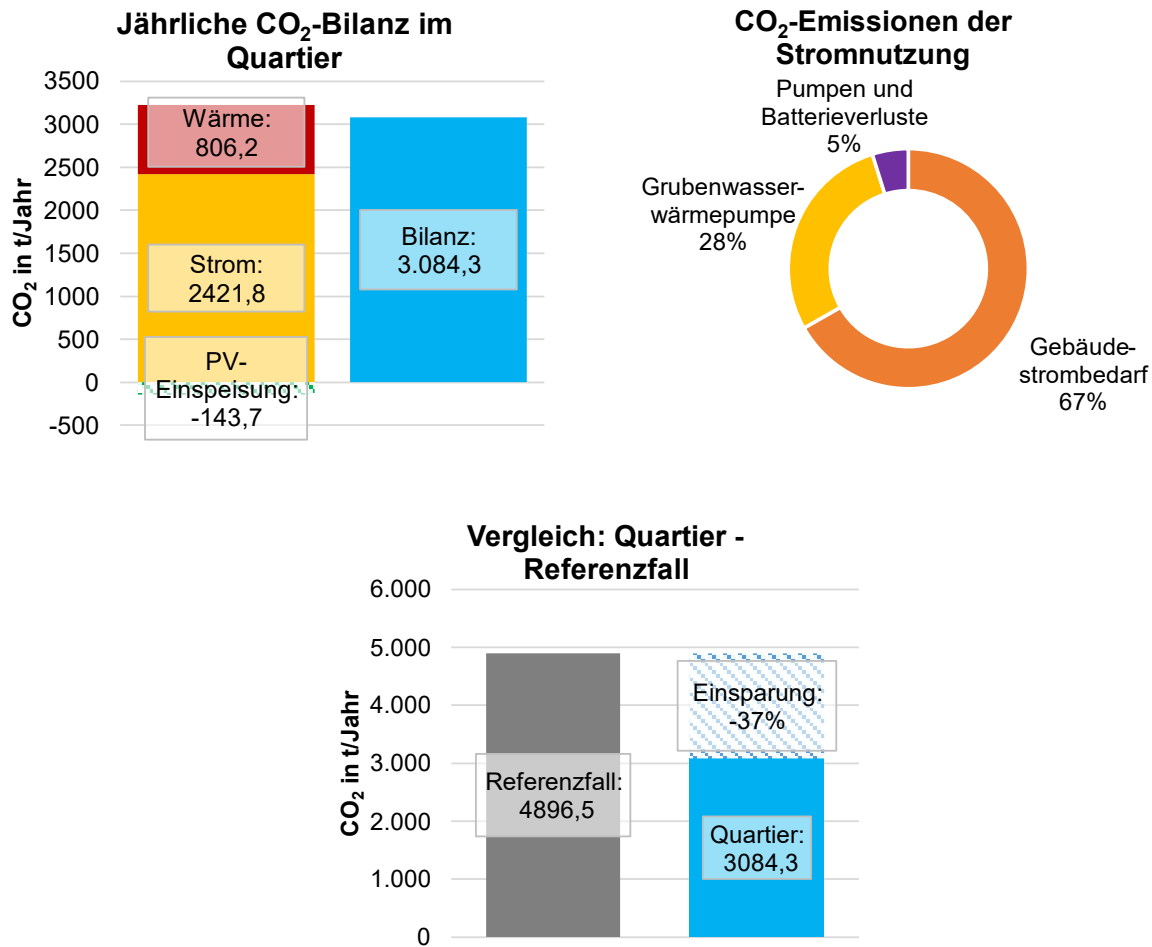


Abbildung 30: Ergebnisdiagramme im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Ökologisch, Bilanzdiagramme

Zuletzt ist der Referenzfall gezeigt, welcher als Referenzsystem zum Vergleich mit dem erneuerbaren Energiesystem genutzt wird. In Abbildung 31 sind beispielhaft Ergebnisse zur Referenzfallberechnung dargestellt. In dem Beispiel wird von der Annahme ausgegangen, dass der Wärmebedarf nur mit Erdgas-Brennwertkesseln und der Strombezug vollständig über das öffentliche Stromnetz gedeckt wird.

Referenzfall	
Jährliche CO₂-Emissionen	
Strom (Gebäude, Wärmepumpe, Anlagenperipherie)	2.213,5 t/Jahr
davon:	
Netzbezug	2.213.505 kg/Jahr
Wärme	2.683,0 t/Jahr
davon: Spitzenlastdeckung: Erdgas	2.683.021 kg/Jahr
Gesamtemissionen	4.896,5 t/Jahr
Jährliche CO₂-Bilanz	
Quartier	4.896,5 t/Jahr

Abbildung 31: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Ökologisch, Referenzfall (Beispielergebnisse)

2.6 Parameterstudie

Dieser Abschnitt soll das Anfertigen von übersichtlichen Parameteranalysen ermöglichen. Dafür wurde die Struktur des Auslegungswerkzeuges genutzt, um über ein ausführbares VBA-Skript (Visual Basic for Applications) eine Reihe von automatisierten Berechnungen durchführen zu lassen. Anschließend werden die Ergebnisse jeweils tabellarisch und grafisch aufbereitet. In Abbildung 32 ist das Eingabefenster der Parameterstudie gezeigt. Es kann ein Untersuchungsparameter für die Studie gewählt werden. Anschließend wird ein Minimal- und Maximalwert eingegeben, aus dem 10 Zwischenwerte für die Parameterstudie linear interpoliert werden. Auswählbar sind folgende Variationsparameter:

- Amortisationszeit in Jahren
- Basiszinssatz in %
- Batteriespeicher Nennkapazität in kWh
- Erdgaspreis in ct/kWh
- Förderrate (Gesamtsystem) in %
- Holzpelletpreis in ct/kWh
- PV-Einspeisevergütung in ct/kWh
- PV-Leistung in kWp
- Strompreis (Einkauf) in ct/kWh
- Wärmenetzlänge in m
- Wärmepumpendeckungsgrad in %

Erklärung

Die Parameterstudie ermöglicht eine systematische Untersuchung der Auswirkungen eines einzelnen Eingangswertes auf die Ergebnisse der Quartiersauslegung. Bitte gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie den Parameter aus, der variiert werden soll.
2. Geben Sie den Minimal- und Maximalwert des gewünschten Wertebereiches an.
3. Der Wertebereich wird automatisch in 10 gleichgroße Stützstellen aufgeteilt.
4. Für jede Variation erfolgt die Berechnung separat mit den in den "Eingabewerte"-Blättern festgelegten aktuellen Werten.

Die Ergebnisse der Studie werden im Anschluss tabellarisch und grafisch aufgeführt und erlauben Rückschlüsse auf die Sensitivität des gewählten Parameters.

Eingabewerte für die Studie

Variationsparameter	PV-Leistung in kWp
Minimalwert	0,00
Maximalwert	5.000,00

Studie durchführen

Studie abbrechen

Abbildung 32: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Parameterstudie, Eingabe

In Abbildung 33 sind die Ergebnisse der Parameterstudie bei Variation der PV-Leistung beispielhaft dargestellt. Als Ergebnisparameter sind die Annuität, der Strom-, Wärme-, und Kältepreis sowie die CO₂-Emissionen von Bedeutung.

Ergebnisse der Studie						
PV-Leistung in kWp	Gesamtkosten in €/Jahr	Annuität in €/Jahr	Strompreis in ct/kWh	Wärmepreis in ct/kWh	Kältepreis in ct/kWh	CO ₂ -Bilanz in t/Jahr
0,00	-2.220.308	-3.004.501	28,90	6,45	5,52	3.974,3
555,56	-2.153.186	-2.890.780	27,88	6,32	5,41	3.732,9
1.111,11	-2.088.254	-2.774.024	26,89	6,20	5,32	3.494,5
1.666,67	-2.021.157	-2.660.449	25,87	6,07	5,22	3.260,5
2.222,22	-1.957.963	-2.552.816	24,92	5,95	5,12	3.031,1
2.777,78	-1.907.995	-2.463.764	24,20	5,84	5,03	2.801,1
3.333,33	-1.870.989	-2.392.212	23,71	5,73	4,94	2.569,1
3.888,89	-1.840.628	-2.334.486	23,36	5,62	4,84	2.335,5
4.444,44	-1.823.141	-2.285.227	23,21	5,54	4,77	2.100,3
5.000,00	-1.815.217	-2.243.330	23,21	5,47	4,70	1.864,3

Abbildung 33: Screenshot der Nutzeroberfläche im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Parameterstudie, Ergebnisse der Studie

Die so erhaltenen tabellarischen Ergebnisse sind anschließend grafisch dargestellt, um Zusammenhänge ersichtlicher zu machen. In Abbildung 34 sind die sich ergebenden Endkundenenergiepreise als Arbeitspreis über die zu variierende Größe (in diesem Fall die PV-Leistung) dargestellt.

Übersicht: Endkundenenergiepreise (Arbeitspreis)

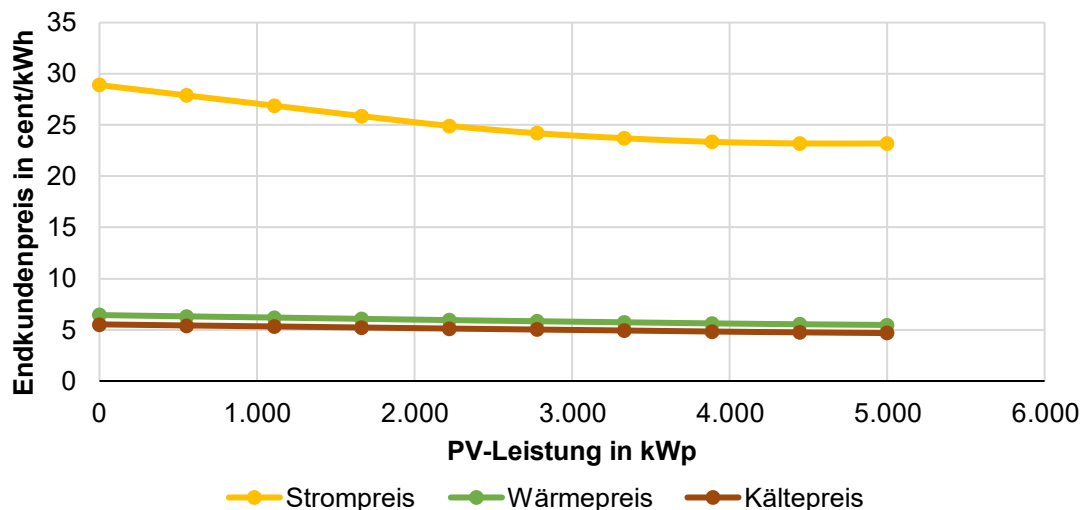


Abbildung 34: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Parameterstudie, Endkundenenergiepreise

In Abbildung 35 ist die Annuität zusammen mit den Gesamtkosten für die Quartiersnutzer und die jährliche CO₂-Bilanz des Quartiers über der variablen Größe dargestellt.

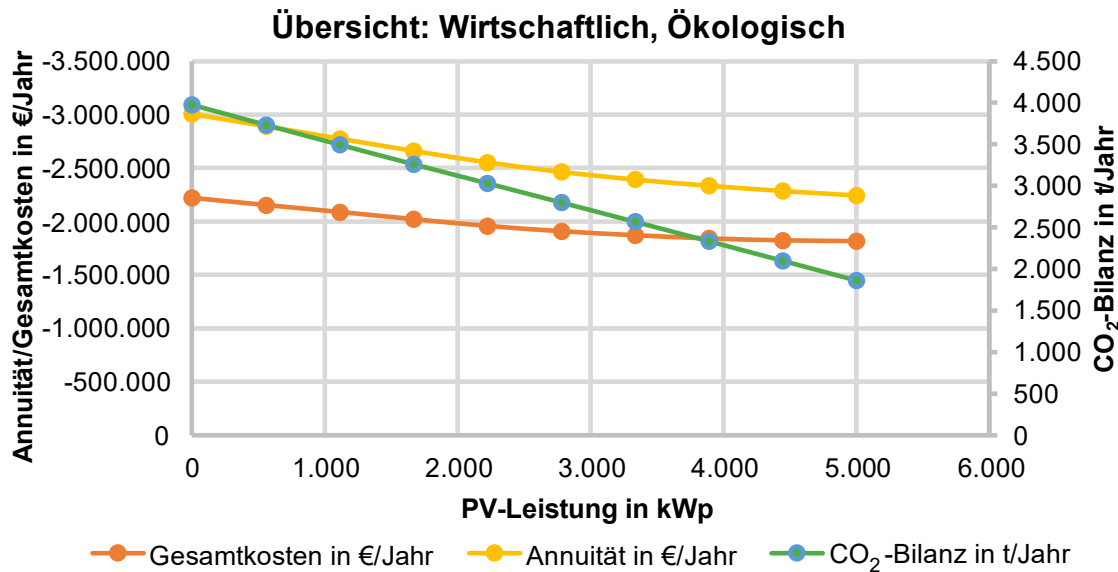


Abbildung 35: Ergebnisdiagramm im GGeoQart-Auslegungswerkzeug: Ergebnisse - Parameterstudie, Wirtschaftlich & Ökologisch

Die so erhaltenen Ergebnisse können genutzt werden, um wirtschaftlich abgestimmte Auslegungsgrößen der Technikkomponenten zu bestimmen (z.B. Photovoltaikleistung, Batteriespeichergröße) und um Auswirkungen von veränderten Randbedingungen zu untersuchen (z.B. geringere Amortisationszeit, steigende Energiepreise). Dies kann vorteilhaft für die erste Auslegung eines solchen Energiesystems verwendet werden.