

Wärme-Energiekonzept

Für das Neubaugebiet am Schlegelberg in VS-Weilersbach auf Basis eines klimafreundlichen kalten Nahwärmenetzes inklusive eines Eisspeichers

Überblick

Der Klimawandel ist in aller Munde. Es hilft jedoch nicht, nur davon zu sprechen, sondern vielmehr ist es wichtig, den Worten Taten folgen zu lassen.

Villingen-Schwenningen hat 2019 den Klimanotstand ausgerufen und entschied sich noch im selben Jahr dazu, den European-Energy-Award (eea) durchzuführen.

In diesem Zug wird jeder Stein umgedreht, um sinnvolle Regeln und Richtlinien einzuführen, die den Energiebedarf senken helfen.

Da der Wärmebedarf in den Gebäuden einen hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland darstellt, hat sich die Stadt Villingen-Schwenningen dazu entschieden bereits bei der Planung neuer Baugebiete frühzeitig ein Energiekonzept erstellen zu lassen und die Wärmeversorgung hinsichtlich der CO₂-Emissionen zu hinterfragen.

Folgerichtig ist die Maßgabe für das Neubaugebiet am Schlegelberg in VS-Weilersbach ein Wärme-Energiekonzept zu entwickeln, welches den Kriterien der Klimafreundlichkeit gerecht wird. In diesem Zug sind verschiedene Bereiche zu betrachten, welche den Energiebedarf maßgeblich beeinflussen.

Hierzu sei der KfW40 Standard exemplarisch erwähnt, der u.a. höhere Anforderungen an die Gebäudehülle, wie auch an das Heizungssystem der Gebäude aber auch an die Energieversorgung stellt aber gleichzeitig zu einer wesentlich niedrigeren CO₂-Emission führt.

Auf Grund der dadurch stärkeren Dämmung der Gebäudehülle und durch thermisch verbesserte Fenster ist aber auch die entsprechende Kühlung in den warmen Jahreszeiten zu betrachten. Insofern kommt ein System, welches sowohl die winterliche Wärmeversorgung als auch die sommerliche Kälteversorgung möglichst klimafreundlich adressiert, der Zielvorstellung sehr nahe. Um jedoch auch bei der Wärmeerzeugung eine weitere Reduzierung von CO₂-Emissionen zu erreichen muss radikal von der bisherigen Verbrennung von Kohle, Öl und Erdgas Abstand genommen werden.

Die Stadtverwaltung Villingen-Schwenningen hat bereits vorab unterschiedliche Konzepte hinsichtlich der Machbarkeit evaluiert. Allerdings kam man zu dem Schluss, dass Geothermie aufgrund der geologischen Verhältnisse aus einem entsprechenden Bodengutachten ungeeignet ist und ein warmes Nahwärmenetz beispielsweise mit Holzhackschnitzeln aufgrund der eher geringen Wärmeabnahme (KfW 40) ausscheidet.

Deshalb wird im Folgenden ein Wärme-Energiekonzept auf Basis eines kalten Nahwärmenetzes inklusive eines Eisspeichers vorgeschlagen und näher beleuchtet.

Dabei stehen die Aspekte der klimafreundlichen Wärmeversorgung im Vordergrund, jedoch unter der Anforderung, dass auch die Wirtschaftlichkeit für Betreiber und Endkunden gegeben sein muss.

Projektbeschreibung

Im Rahmen des Projekts wird ein innovatives Nahwärmekonzept auf Basis eines Eisspeichers und Luft-Sole-Absorbern als Wärmequelle untersucht und zur Berechnung in Ansatz gebracht. Für das Neubaugebiet ist die Vorgabe von Seiten der Stadtverwaltung Villingen-Schwenningen, dass für die Neubauten mindestens der KfW40 Standard zu erreichen ist und wenn möglich darüber hinaus auch ein hohes Maß an regenerativen Baustoffen zur Anwendung kommen (Holzhäuser). Dies führt bereits im Vorfeld der Errichtung der Häuser zu einer nachhaltigen Reduzierung der CO₂-Emissionen.

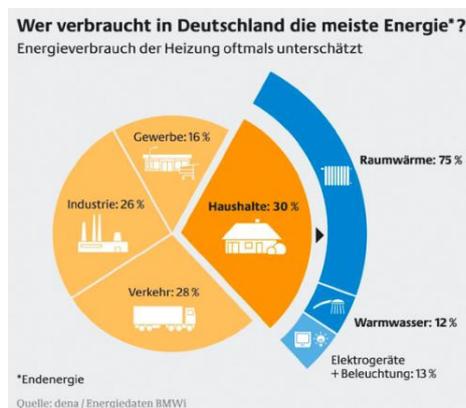
Zur Wärmeversorgung des Baugebiets Schlegelberg wird ein kaltes Nahwärmenetz errichtet. Die Wärmeerzeugung für die Häuser erfolgt mittels Sole-/ Wasserwärmepumpen.

Der innovative Ansatz liegt in der Nutzung eines Eisspeichers und Luft-Sole-Absorbern und der Kombination mit Wärmepumpen.

Des Weiteren ist angedacht auch für die Errichtung von Photovoltaikanlagen (PV) auf den jeweiligen Grundstücken einen Anreiz zu schaffen, sodass ein großer Teil des für den Betrieb der Wärmepumpen notwendigen Stroms über diese PV-Anlagen erzeugt wird und dadurch wiederum der CO₂-Ausstoß verringert wird.

Ziel des Projekts ist ein fortschrittliches Neubaugebiet mit möglichst geringem CO₂-Ausstoß für die Primärenergieversorgung zu gestalten.

1. Status Quo / Ausgangssituation



Spätestens seit die Europäische Union den Green Deal ausgerufen hat und damit drastische CO₂-Einsparungen einfordert, ist es für Kommunen von ausgeprägter Bedeutung dieses Thema auch für Neubaugebiete frühzeitig zu betrachten.

Betrachtet man Energieverbrauch aus einer übergeordneten Perspektive, lässt sich schnell erkennen, dass rund 30% der gesamt verbrauchten Endenergie im Haushalt anfallen, siehe Abbildung 1. Auffällig dabei ist wiederum, dass rund 75% davon auf Raumwärme abfallen.

Abbildung 1: Endenergiebedarf in Deutschland

2. Quartiersbeschreibung

Das entstehende Baugebiet befindet sich in VS-Weilersbach am Ortseingang von VS-Schwenningen kommend. VS-Dauchingen, VS-Schwenningen und das Schwarzwald-Baar-Center sind dabei in unmittelbarer Nähe. Auch die B523, welche direkt an die A81 angebunden ist, ist mit dem Auto in wenigen Minuten zu erreichen.

Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Lage des Baugebiets auf breiten Zuspruch trifft. Abbildung 2 zeigt Satellitenaufnahmen der Lage des zukünftigen Baugebiets.

Ingenieurbüro für Haustechnik

DIPL.-ING. REINER OBERLE - Ostbahnhofstr.19 - 78052 Villingen-Schwenningen
 Tel. 07721 / 9185-0 E-Mail: haustechnik@oberle-vs.de www.oberle-vs.de



Abbildung 2: Satellitenaufnahmen des Gebiets aus google maps

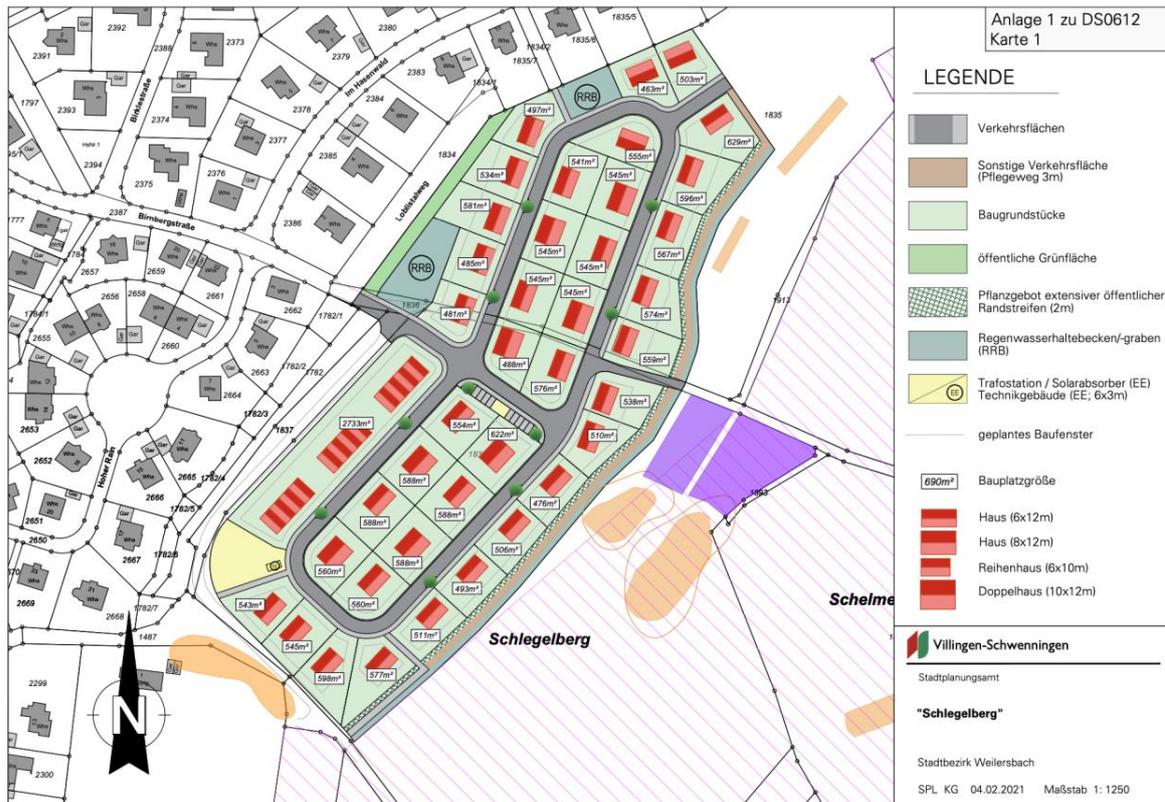


Abbildung 3: Gestaltungsplan des Baugebiets Schlegelberg

Das Baugebiet „Schlegelberg“, welches im Gestaltungsplan in Abbildung 3 dargestellt ist umfasst Wohnbauflächen von insgesamt ca. 24.744 m². Diese verteilen sich auf folgende erwartete Grundstückstruktur:

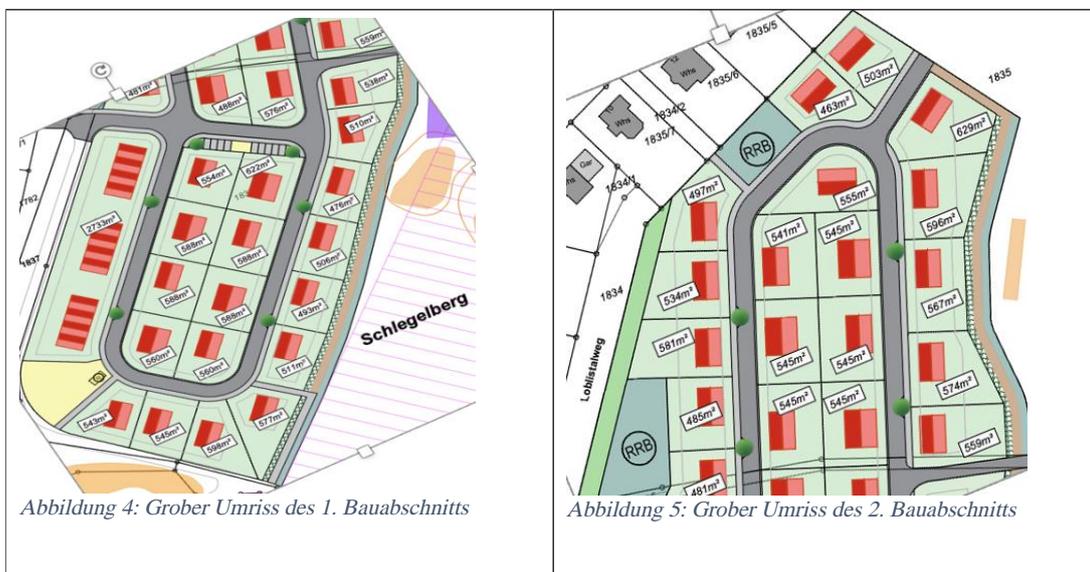
- 31 Einfamilienhäuser
- 8 Doppelhäuser
- 12 Reihenhäuser

Dabei ist weiter angedacht die Häuser auf zwei Vollgeschosse zzgl. eines Dachgeschosses zu begrenzen, Dachgeschosse sind dabei bis zur Gesamtgebäudehöhe von max. 9,5 m möglich, sofern sie kein Vollgeschoss ausbilden.

Weiter soll das Baugebiet in 2 Bauabschnitten erschlossen werden, wobei dies 2022 ca. 2/3 des Gebiets betrifft und voraussichtlich im Zeitraum 2026 bis 2030 das verbleibende Drittel erschlossen wird.

3. Projektumfang

Wie bereits erwähnt, soll das Baugebiet in zwei Bauabschnitten erschlossen werden. Die ungefähre Aufteilung der Bauabschnitte ist dabei in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.



Die Stadtverwaltung der Stadt Villingen-Schwenningen strebt seit geraumer Zeit an, den Zeitgeist der klimafreundlichen Kommune bereits in die Konzeption etwaiger Neubaugebiete einfließen zu lassen und lässt daher für jedes Neubaugebiet ein entsprechendes Energie-Quartierskonzept erstellen.

Dementsprechend lautet der Auftrag für diese Arbeit: Erstellen eines Konzeptvorschlags mit möglichst geringem CO₂-Faktor unter Berücksichtigung eines Eisspeichers.

- Abschätzung der Heizlast
- Auslegung des Konzepts
- Investitionskostenüberschlag
- Überschlägige Wirtschaftlichkeitsberechnung

Der geringere CO₂-Fußabdruck einer Holzbauweise vs. anderen Werkstoffen kann an dieser Stelle nicht betrachtet werden, auch wenn dies natürlich positiv anhaftet.

4. Projektziele

Im Jahr 2019 rief die Stadt Villingen-Schwenningen den Klimanotstand aus und erklärte sich bereit, den European-Energy-Award, kurz eea durchzuführen. Hierbei handelt es sich um ein europäisches Gütezertifikat für die Nachhaltigkeit der Energie- und Klimaschutzpolitik von Gemeinden.

Damit und nicht zuletzt auch mit Projekten wie dem hier vorliegenden, stellt die Stadt Villingen-Schwenningen unter Beweis, dass sie Ihrer Verantwortung gerecht wird und nicht nur das Ziel formuliert, sich klimaneutraler zu formieren, sondern auch die entsprechenden Maßnahmen ergreift.

Darüber hinaus hat der Stadtrat am 03.02.2021 beschlossen, dass neue Baugebiete verpflichtend KfW 40 oder besser erfüllen sollen und die städtebaulichen Satzungen ab Beschluss um die Anwendung der "Klima-Checkliste VS" erweitert werden, um somit das Qualitätsmerkmal **klimafreundlich** mit Leben zu füllen.

Ein möglichst geringer CO₂-Fußabdruck ist für den Bürger jedoch nicht ausschließlich bezüglich des guten Gewissens und der eigenen Werte von Belang, sondern ist nicht zuletzt seit Einführung der CO₂-Steuer und der massiven Förderung klimaeffizienter Baustandards, wie z.B. KfW40 auch monetär ein wichtiger Aspekt bei der Eigenheim-Entscheidung.

Im Zuge dessen, dass sich die Stadt Villingen-Schwenningen dazu entschieden hat, die Bauplätze nur an Käufer zu veräußern, die sich verpflichten KfW 40 Häuser zu bauen, ist eine regenerative Wärmeversorgung ein wichtiger Baustein, um dieser Forderung überhaupt gerecht werden zu können. Denn für den KfW 40 Standard ist neben den Anforderungen an die Gebäudehülle eben auch die Energieversorgung ein wesentlicher Bestandteil. Mit einer reinen konventionellen Gasversorgung lässt sich KfW 40 ohne weiteres Zutun nicht erreichen.

Der Fakt, dass die Stadt Villingen-Schwenningen die Idee einer Siedlung in Holzbauweise begrüßen würde, zeigt die Ernsthaftigkeit, mit der heute bei der Planung von Neubaugebieten herangegangen wird. Denn hierbei wird nicht nur der CO₂-Ausstoß des laufenden Energiebedarfs betrachtet, der auch maßgeblich für den KfW 40 Standards ist, sondern darüber hinaus auch der ökologische Fußabdruck während der Herstellung.

Insofern ist es beinahe offensichtlich, in letzter Konsequenz auch die Wärmeversorgung über ein kaltes Nahwärmenetz (KNW) mit möglichst geringem CO₂-Faktor unter Berücksichtigung eines Eisspeichers anzustreben, um am langen Ende das Konzept eines möglichst klimafreundlichen Baugebiets auch rund werden zu lassen.

Als Bonbon ist dabei zu erwähnen, dass ein kaltes Nahwärmenetz zur warmen Jahreszeit auch genutzt werden kann, um klimafreundlich zu kühlen.

Dies ist vor allem deshalb interessant, da gerade bei hocheffizienten Dämmungen von Niedrigenergiehäusern der Fremdwärmeeintrag im Sommer nur schwer wieder abzukühlen ist. Um jedoch auch unter diesen Bedingungen den Bewohnern von Beginn an eine sinnvolle Alternative zu klimaschädlichen Klimageräten mit hohem und teuren Elektroenergieverbrauch zu bieten, kann über das kalte Nahwärmenetz eine äußerst preiswerte und CO₂-arme Kühlung der Häuser erreicht werden.

5. Konzeption

Um diesem Auftrag Rechnung zu tragen wurde zunächst ein schematisches Konzept für ein klimafreundliches kaltes Nahwärmenetz auf Basis eines Eisspeichers erarbeitet, siehe Abbildung 6.

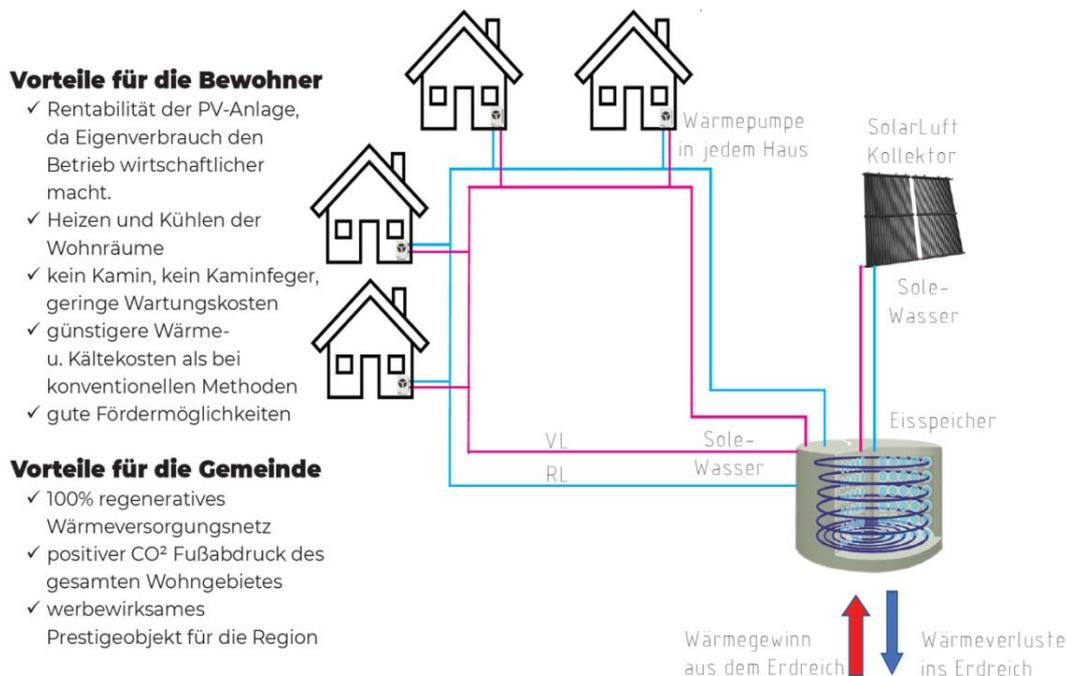


Abbildung 6: Konzept des klimafreundlichen kalten Nahwärmenetzes inklusive eines Eisspeichers

Bei einer Eisspeicherheizung wird im Wesentlichen die sogenannte latente Wärme beim Phasenwechsel von Wasser zwischen den Aggregatzuständen flüssig und vereist ausgenutzt, welche bei der Kristallisierung von 0°C kaltem Wasser zu 0°C kaltem Eis etwa so viel Wärme freisetzt, wie benötigt wird um Wasser von 0°C auf 80°C zu erhitzen.

Da es sich dabei jedoch um ein im weitesten Sinne geschlossenes, vorabkonfiguriertes System handelt, gilt es, anhand der Gebietsstruktur und des Gestaltungsplans zunächst die entsprechenden Gesamtheizflächen zu ermitteln. Zu diesem Zweck ist es wichtig auch eine grobe Einschätzung zum erwarteten Gebäudestandard zu erhalten. Da sich die Stadtverwaltung Villingen-Schwenningen dabei klar dazu geäußert hat, dass das Ziel sei, dass die zu errichtenden Gebäude mindestens den KfW40 Gebäudestandard erfüllen, lässt sich damit auch der Heizwärmebedarf der Heizflächen besser eingrenzen.

Anhand des KfW40 Standards kann man davon ausgehen, dass der Heizwärmebedarf nicht mehr als 40 W/m² beträgt.

Anhand der Gesamtheizflächen und dem entsprechenden Heizwärmebedarf lässt sich dann auch der Gesamtwärmebedarf des Gebiets errechnen.

Den bereits genannten Grundstücksflächen kann man dabei mittlere Flächen zuordnen:

Angeschlossene Grundstücke						
31	Einfamilienhäuser je ca.	180	m²	5580	m²	60%
8	Doppelhäuser je ca.	240	m²	1920	m²	21%
12	Reihenhäuser je ca.	150	m²	1800	m²	19%
				9300	m²	

Tabelle 1: Ermittlung der Heizflächen

Somit lassen sich auch die entsprechenden Flächen für Eisspeicher, Luft-Sole-Absorber auslegen. Anhand der Flächen und des spezifischen Heizwärmebedarfs ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf von knapp 400 kW.

Anhand der parasitären Wärmeeinträge eines ungedämmten Rohrnetzes und Speichers sowie die Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit gemäß der folgenden Erkenntnisse (https://asue.de/sites/default/files/asue/termine_veranstaltungen/2018/energietage/ASUE_Tagungsband_Berliner_Energietage_2018_Innovative_Waermenetze.pdf) lässt sich der Bedarf auf ca. 75% reduzieren.

Dies wiederum bedeutet, dass der Eisspeicher für einen Energiebedarf von ca. 300 kW ausgelegt werden muss.

Daraus ergibt sich der Flächenbedarf für den Speicher:

- Zylindrischer Speicher: \varnothing 19m; Höhe 4m
- Rechteckiger Speicher: (L/B/H) 25m/10m/4m
- Andere geometrische Ausführungen sind natürlich ebenso möglich

Darüber hinaus sind auch Flächen für die Luft-Sole-Absorber vorzusehen, da diese maßgeblich zur Wärmeversorgung in der Übergangszeit, sowie zur Regeneration des Speichers beitragen. Die notwendige Absorberleistung lässt sich auf ~210 kW skalieren.

Dementsprechend lässt sich der Flächenbedarf bei vertikaler Aufständerung im Paketverbund, siehe Abbildung 7, mit < 80m² abbilden. Allerdings ist es vorteilhaft diese in unmittelbarer Nähe zum Speicher zu platzieren. Eine weitere Möglichkeit würde darüber hinaus ein Energiezaun darstellen. Auch eine Kombination mit Photovoltaik-Anlagen ist dabei möglich und wäre sinnvoll.



Abbildung 7: Absorber Aufständerung im Paketverbund

Nach kurzer Abstimmung hinsichtlich des Platzbedarfs und der möglichen Verortung für den Speicher und die notwendigen Versorgungsflächen steht der Vorschlag gemäß Abbildung 8 im Raum.

Für einen Investitionskostenüberschlag sind neben der Größe des Eisspeichers und der notwendigen Absorber jedoch auch die Netzkosten interessant. Diese wurden wie folgt betrachtet:

Rohrleitungsnetz		
Hauptleitung VL/RL DN 100	800	m
Hausanschlussleitung PE DN 40	300	m
Schieber	59	St
Abzweig DN 100/40	59	St
Schweißmuffen	59	St
Steuerleitung für Hausanschlüsse Datenleitungen	1.100	m

Tabelle 2: Überschlag Rohrleitungsnetz

Damit lassen sich die Investitionskosten wie folgt überschlagen:

- Energiequellen: ~ 480.000 €
- Technikzentrale: ~ 80.000 €
- Verteilnetz inkl. Tiefbau:
 1. Bauabschnitt: ~ 300.000 €
 2. Bauabschnitt: ~ 130.000 €

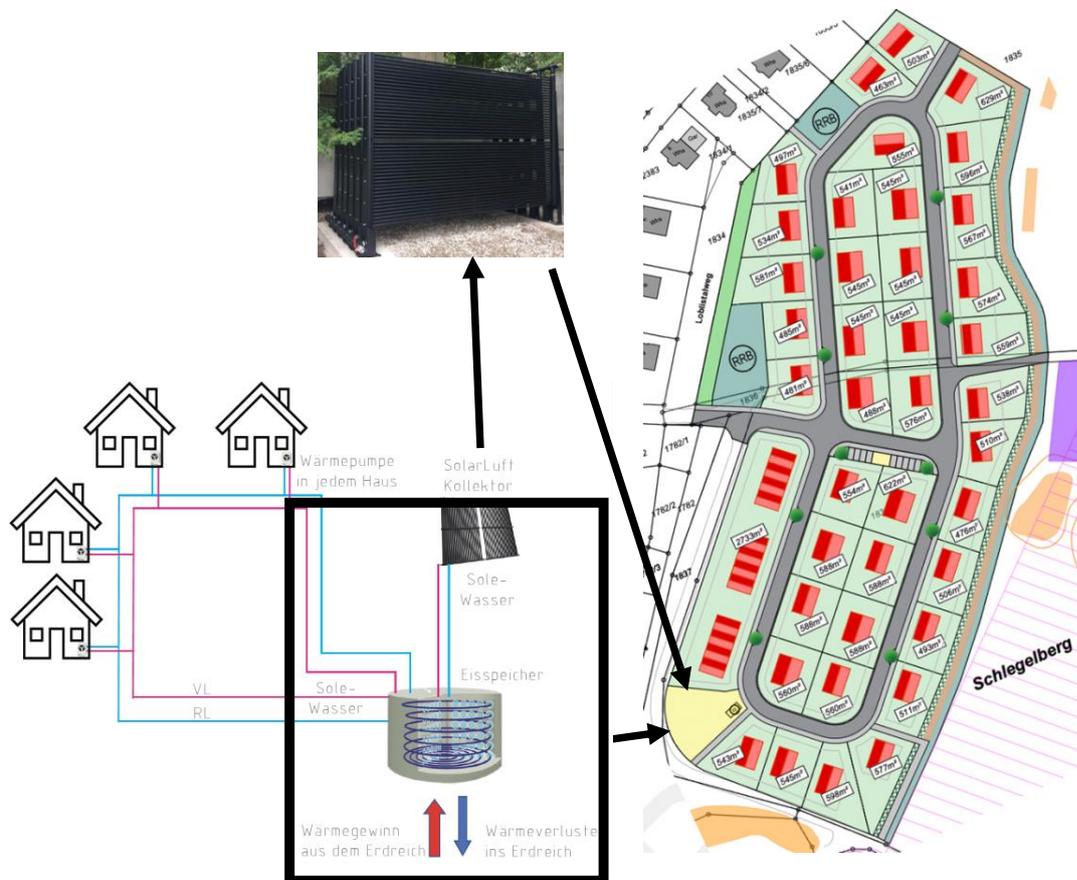


Abbildung 8: Räumliche Verortung der Wärmeenergiequellen und Versorgungsflächen

6. Überschlägige Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur überschlägigen Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Vorhabens aus Sicht eines Betreibers, wie auch aus Sicht der Endkunden ist es zunächst notwendig, ein entsprechendes Modell zugrunde zu legen.

In diesem Konzept werden dazu zwei mögliche Abrechnungskonzepte betrachtet:

- Rundum-Sorglos-Paket inkl. Wärmepumpe, Service, Instandhaltung, ...
- Nutzungsentgelt für die Nutzung des KNW und Eisspeichers

Das „Rundum-Sorglos-Paket“ umfasst dabei die Lieferung der Wärme und Kälte. Darin beinhaltet sind die Wärmepumpen sowie deren Wartung, die Instandhaltung und der Zugriff auf ein etwaiges Kundenportal.

Dies ließe sich für einen Endkunden beispielhaft wie folgt darstellen:

Ingenieurbüro für Haustechnik

DIPL.-ING. REINER OBERLE - Ostbahnhofstr.19 - 78052 Villingen-Schwenningen
Tel. 07721 / 9185-0 E-Mail: haustechnik@oberle-vs.de www.oberle-vs.de

<u>Preiskomponenten</u>	<u>netto</u>	<u>brutto</u>
Arbeitspreis	6 ct/kWh _{th}	7,2 ct/kWh _{th}
Grundpreis für Wärmebereitstellung	324 €	385 €
Servicepreis für Wartung	147 €	175 €
Instandhaltung	130 €	155 €

Zudem könnten für den Anschluss an das kalte Nahwärmenetz einmalig folgende Anschlusskosten anfallen (bei ca. 140m² Wohnfläche; Leistung der Wärmepumpe: 4,8kW):

<u>Hausanschlusspreise</u>	<u>netto</u>	<u>brutto</u>
Baukostenzuschuss für die Wärmepumpe (4,8kW) mit Vorstreckung des Hausanschlusses 1 lfdm. auf das Grundstück, inkl. Bereitstellung der Wärmequelle	6.850 €	8.152 €
Mehrmeter > 1 lfdm. auf dem Grundstück: Material und Montage	33 €	39 €
Mehrmeter > 1 lfdm. auf dem Grundstück: Erdarbeiten ohne Oberfläche	57 €	68 €

Die oben genannten Angaben sind jedoch exemplarisch zu verstehen und unterliegen letztendlich dem Betreiber der Anlage.

Für einen Haushalt können daher beispielhaft für drei mögliche Verbrauchskategorien folgende Gesamtkosten ermittelt werden:

Beispiel Gesamtkosten für einen Haushalt pro Jahr (netto)			
Annahme Wärmeverbrauch in kWh:	6.000	10.000	12.500
Arbeitspreis	360 €	600 €	750 €
Grundpreis, Service, Instandhaltung:	601 €	601 €	601 €
Gesamtkosten für den Kunden:	961 €	1.201 €	1.351 €

Aus Betreibersicht lassen sich damit überschlägig folgende Werte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ermitteln:

Energiebedarf Gesamtgebiet	669.600 kWh/a
∅ Energiebedarf je Haus	11.349 kWh/a
∅ Erlös / Jahr	75.274 €
ROI ohne Förderung	24 Jahre
ROI mit 45% Förderung	13 Jahre

Das Modell Nutzungsentgelt für die Nutzung des kalten Nahwärmenetzes und des Eisspeichers ist vom Prinzip etwas einfacher. Dabei wird lediglich ein pauschales Nutzungsentgelt für die Benutzung eines Systems fällig, ähnlich der Flatrate beim Telefon.

Der Betreiber beschränkt sich dabei darauf, kaltes Wasser-Glykol-Gemisch bis an den Hausanschluss zu liefern, die Wärmepumpe inkl. Service etc. ist jedoch nicht inbegriffen. Es wird lediglich über die TAB (technische Anschlussbedingungen) darauf geachtet, dass kein Systemwildwuchs entsteht, damit das System auch hydraulisch funktioniert.

Hierbei fallen keine Messungen der Energiemengen etc. an und damit natürlich auch kein turnusmäßiger Austausch eichrechtskonformer Messeinrichtungen.

Die Pauschale wird gemäß der Heizfläche erhoben und könnte wie folgt aussehen:

Beispiel Gesamtkosten für einen Haushalt pro Jahr (netto)

Annahme Heizfläche m²:	180	240	150
Systemnutzungspauschale	1.250,00 €	1.400,00 €	1.100,00 €

Damit ergibt sich für einen Betreiber folgendes Szenario:

∅ Erlös / Jahr	63.150 €
ROI ohne Förderung	19 Jahre
ROI mit 45% Förderung	11 Jahre

7. Zusammenfassung und Bewertung der Energie- und CO₂-Einsparpotentiale

Wie eingangs bereits erwähnt, spielt die klimapolitische Langzeitausrichtung einer Kommune bei der Überlegung zu einer kalten Nahwärmeversorgung eine wesentliche Rolle.

Auf Basis von monatlichen Langzeit-Wetterdaten für die Region kann für das Baugebiet überschlägig folgende Systemenergiemengen ermittelt werden, welche in der Summe den Bedarf des Gesamtgebiets decken können, siehe Abbildung 9.

Dabei wird die Antriebsenergie der Wärmepumpen aus der Sektorenkopplung gedeckt, während der Absorber in der Übergangszeit zur Direktversorgung und bei geringerem Bedarf zur Regeneration des Eisspeichers genutzt wird.

Aus Abbildung 9 lässt sich auch erkennen, dass die Absorberleistung den Löwenanteil der Energieversorgung trägt und bei etwaigen Engpässen natürlich auch mit moderaten Mitteln anpassbar bleibt. Dennoch wird aus Abbildung 9 auch klar, dass auf den Eisspeicher nicht verzichtet werden kann, da dieser speziell bei tiefen Temperaturen die physikalischen Restriktionen der Absorber ausgleicht.

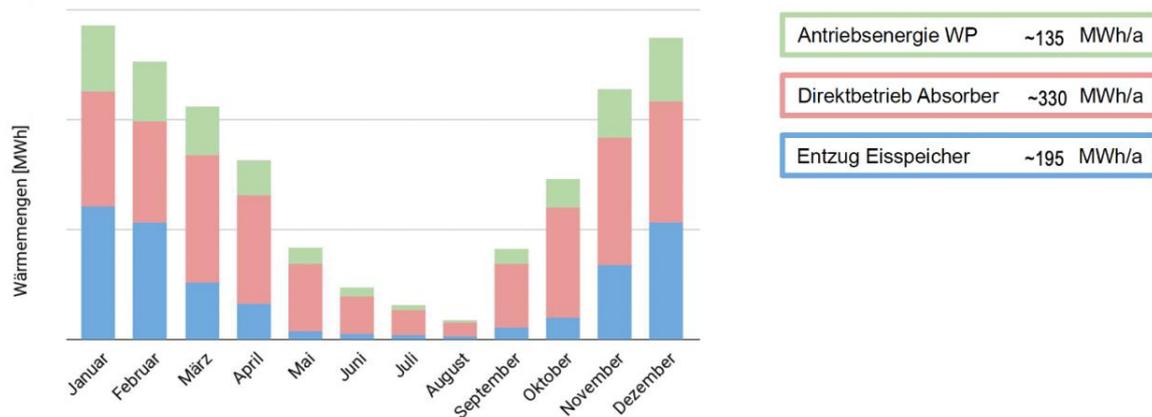
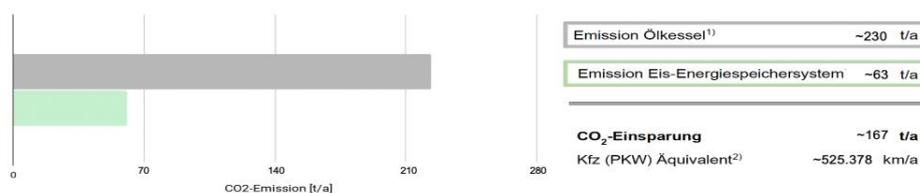


Abbildung 9: Überschlägige Jahres-Wärmeenergiemengen

Erfreulich ist dabei, wie viel CO₂ mit einer klimafreundlichen Nahwärmeversorgung entsprechend dem hier dargestellten Beispiel im Vergleich mit herkömmlichen Ölkesseln eingespart werden kann.

Eingesparte Tonnen CO₂ sind jedoch für viele Menschen ein eher schlecht greifbarer Wert. Um es etwas anschaulicher zu machen wurde dabei auch die Äquivalenz hergeleitet, welcher jährlichen Kfz Fahrleistung dies entspricht:

Dies beträgt sage und schreibe rund **525.000 km/a**.



1) Umweltbundesamt DE (Stand 2018) CO₂ Verbrauch: 0,34 kg/kWh Primärenergie und 0,474 kg/kWh Strom
 2) Verbrauch 8 l Benzin pro 100km

Abbildung 10: Überschlägige jährliche CO₂-Einsparung durch ein kaltes Nahwärmenetz auf Basis eines Eisspeichers