

SüdSan

Sozialverträgliche und klimazielfunktionale Sanierung
zweier Mehrfamilienhäuser als Modell für die Sanierung
der Südtiroler-Siedlung Bludenz

Themendokumentation

**Nahwärme als Option für die Südtiroler-
Siedlung in Bludenz**

Nahwärme als Option für die Südtiroler-Siedlung in Bludenz

Dornbirn, Oktober 2025

Richard Büchele

Martin Ploß

Thomas Roßkopf-Nachbaur

Energieinstitut Vorarlberg

CAMPUS V, Stadtstraße 33

Herausgeber:

Energieinstitut Vorarlberg, Fachbereich Bauen und Sanieren

CAMPUS V, Stadtstraße 33

6850 Dornbirn, Österreich

Tel. +43 (0)5572 / 31 202-0

info@energieinstitut.at

Zusammenfassung

Diese Themendokumentation untersucht die Eignung der Südtiroler-Siedlung in Bludenz für eine Nahwärmeversorgung und vergleicht verschiedene technische Optionen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Dabei wird die – in der Regel zu bevorzugende – Option des Anschlusses an ein städtisches Wärmenetz nur am Rand betrachtet. Im Fokus der Untersuchungen standen die Möglichkeiten eines Mikronetzes für die gesamte Südtiroler-Siedlung. Ausgangspunkt ist die Sanierung der rund 400 Wohneinheiten umfassenden Siedlung. Zwei energetische Sanierungsqualitäten wurden betrachtet (Q1 = hoch, Q2 = gut). Darauf basierend erfolgte die Auslegung eines Wärmenetzes mit zwei Varianten: „warm“ (70/40 °C) und „kalt“ (40/25 °C).

Für die Versorgung wurden drei Konzepte analysiert:

1. Biomasse-KWK mit Spitzenlastkessel
2. Hochtemperatur-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenlastkessel
3. Niedertemperatur-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenlastkessel und Booster-Wärmepumpen in Gebäuden

Ergebnisse:

- Die Siedlung ist auch nach Sanierung mit hoher Hüllqualität aufgrund ihrer Wärmedichte mit aus der Analyse resultierenden Wärmeverteilungskosten von 3,1 bis 4,1 ct/kWh grundsätzlich für Nahwärme geeignet.
- Biomasse-KWK erreicht die geringsten Netto-Emissionen, überschreitet jedoch das herangezogene Biomasse-Budget.
- Wärmepumpenlösungen sind zukunftsfähiger, aber ihre Klimabilanz hängt stark vom eingesetzten Strommix ab. Insbesondere im Winter bleiben Emissionen relevant.
- Eine hohe Sanierungsqualität reduziert Emissionen aller Varianten um 15–20 % und ist daher entscheidend.
- Neben Kosten- und Emissionsaspekten sprechen auch nicht-monetäre Vorteile für Nahwärme: bessere Integration in die kommunale Planung, weniger Platzbedarf in den Gebäuden, geringerer Wartungsaufwand und die Möglichkeit, Kühlung zu integrieren.

Ein Nahwärmenetz stellt somit eine zukunftsfähige Option für die Südtiroler-Siedlung dar – vorausgesetzt, die Sanierung wird ambitioniert umgesetzt und die Netzstruktur flexibel ausgelegt. Bei Ausrollung eines städtischen Wärmenetzes sollte auch an dieses angeschlossen werden; wird ein Mikronetz realisiert, sollte Biomasse bestenfalls ergänzend eingesetzt werden. Strombasierte Wärmepumpenlösungen bieten mittelfristig die nachhaltigere Perspektive.

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Ausgangslage und Ziel der Studie	5
2 Methodische Vorgehensweise und Rahmenbedingungen	5
2.1 Umlegen der Ergebnisse der Mustersanierung auf die Gesamtsiedlung und Siedlungsentwicklung	6
2.2 Netzauslegung	10
2.3 Versorgungsoptionen	13
2.3.1 Biomasse KWK mit Biomasse Spitzenlastkessel im 70/40 Netz	13
2.3.2 Hochtemperatur Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenlastkessel im 70/40 Netz	14
2.3.3 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Biogas Spitzenlastkessel im 40/25 Netz	14
2.4 Ökologische Bewertung	15
3 Ergebnisse	16
3.1 Netzauslegung	16
3.2 Wärmeversorgungsoptionen	17
3.2.1 Biomasse-Vergaser-KWK mit Biomasse Spitzenkessel im 70/40 Netz	18
3.2.2 Hochtemperatur Wärmepumpe mit Biogas Spitzenkessel im 70/40 Netz	20
3.2.3 Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 40/25 Netz	22
3.2.4 Vergleich zum Anschluss an ein städtisches Wärmenetz	23
3.3 Ökologische Bewertung	24
4 Nicht-monetäre Aspekte	27
5 Fazit und Empfehlungen	29
Abbildungen	30
Tabellen	30
Literatur	31

1 Ausgangslage und Ziel der Studie

Während die beiden im Projekt SüdSan umgesetzten Mustergebäude mit Wärmeversorgungssystemen auf Gebäudeebene ausgeführt werden, kommt für die Siedlung auch eine Versorgung durch ein Nahwärmenetz in Frage. Dessen Sinnhaftigkeit hängt vor allem von der baulichen Dichte und dem Energieniveau der verschiedenen Bereiche der Siedlung ab. Daher wird in dieser Teilstudie untersucht, inwiefern die Gesamtsiedlung nach Ausführung verschiedener möglicher Sanierungsvarianten und Verdichtungsstufen für eine siedlungsweite Wärmeversorgung mittels Wärmenetz geeignet ist, und wie diese ökonomisch und ökologisch im Vergleich zu einer dezentralen Versorgung abschneidet. Es werden verschiedene technische Konzepte für die Nahwärmeerzeugung (keine fossilen Energieträger und keine reine Biomasseverbrennung; d.h. vorwiegend Biomasse-KWK und/oder Groß-Wärmepumpen) untersucht, ökonomisch verglichen und anhand einer weiterentwickelten Methode ökologisch bewertet.

Die gesamte Siedlung umfasst 397 Wohneinheiten und einige wenige Nicht-Wohn Nutzungen mit insgesamt ca. 25.000 m² Nutzfläche (ca. 29.000 m² BGF) in kleinen bis mittelgroßen Mehrfamilienhäusern auf einem Gesamtareal von ca. 63.000 m² und einer daraus resultierenden Bebauungsdichte von ca. 0,46.

Im Verlauf des Projektes wurden bereits Voruntersuchungen zur Wärmenetztauglichkeit unter Annahmen zur Siedlungsentwicklung durchgeführt. Da nach aktuellem Stand davon auszugehen ist, dass die Gesamtsiedlung oder zumindest relevante Teile der Siedlung unter Denkmalschutz gestellt werden, sind starke Eingriffe in die Siedlungsstruktur unwahrscheinlich. Daher wird in den Analysen davon ausgegangen, dass die Gesamtsiedlung in ihrer derzeitigen Form weitestgehend erhalten bleibt und es nur die Option gibt, einzelne Gebäude durch Neubauten zu ersetzen, so dass sich das energetische Niveau vor allem durch unterschiedliche mögliche Sanierungstiefen an den Bestandsgebäuden ergibt.

2 Methodische Vorgehensweise und Rahmenbedingungen

Die methodische Vorgehensweise wird in verschiedene Schritte unterteilt:

In einem ersten Schritt werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Sanierung der beiden Mustergebäude auf die nach derzeitigem Stand möglichen und wahrscheinlichen Entwicklungen der Gesamtsiedlung umgelegt und damit die Bandbreite wichtiger Parameter abgegrenzt, die die Wärmenetztauglichkeit des Siedlungsgebietes beeinflussen. Diese Parameter sind in erster Linie der spezifische Wärmebedarf je Gebäude sowie die Bebauungsdichte. Somit bekommt jedes Gebäude in der Siedlung eine Bandbreite des zukünftigen Wärme- und Leistungsbedarfes zur Versorgung aus dem Wärmenetz

Im nächsten Schritt werden die Rahmenbedingungen möglicher Wärmenetz-Varianten festgelegt – Hierzu zählen insbesondere die Auslegungstemperaturen und die möglichen Trassenverläufe – und damit eine Optimierung der Netzauslegung hinsichtlich Trassenverläufe und Leitungsdurchmessern durchgeführt und ökonomisch bewertet.

In einem weiteren Schritt werden die Optionen und Rahmenbedingungen zur Wärmeerzeugung für das Wärmenetz festgelegt und eine Investitions- und Einsatzoptimierung zur Bestimmung des jeweiligen Energieträgereinsatzes und zur ökonomischen Bewertung durchgeführt. Im letzten Schritt werden die Versorgungsvarianten ökologisch bewertet mit der in der SüdSan-Themendokumentation zu Ökologischen Bewertung leitungsgebundener Wärmeversorgungssysteme [1] beschriebenen Methodik.

2.1 Umlegen der Ergebnisse der Mustersanierung auf die Gesamtsiedlung und Siedlungsentwicklung

Für die beiden Mustersanierungen wurde vorab eine Vielzahl an Sanierungsvarianten untersucht. Für alle Varianten wurden Energiebedarf und Heizlast in dynamischen Gebäudesimulationen und in PHPP-Verbrauchsprognoseberechnungen bestimmt. In beiden Gebäuden wurden energetisch sehr gute Qualitäten umgesetzt (siehe SüdSan-Zwischenbericht März 2025 [2]). Aus den Simulationen und PHPP-Verbrauchsprognoseberechnungen für die Mustergebäude sowie aus Erfahrungswerten aus Vorprojekten kann bei einer energetisch sehr guten Sanierung ein spezifischer Jahres-Wärmebedarf in Form gelieferter Wärmeenergie von 65 kWh/m^2 Nutzfläche und ein spezifischer Leistungsbedarf von etwa 25 W/m^2 erzielt werden. Die gelieferte Wärmeenergie bezeichnet die von einem Wärmebereitstellungssystem an das Gebäude abgegebene Wärmeenergie und beinhaltet sowohl den Heizwärme- als auch den Warmwasserbedarf sowie die im Gebäude entstehenden Speicher- und Verteilverluste, jedoch nicht die Umwandlungsverluste des Wärmebereitstellungssystems.

Da sich die Mustergebäude zum Beginn der Untersuchungen zur Wärmenetztauglichkeit der Gesamtsiedlung noch in der Monitoring-Phase befinden, kann noch keine abschließende Beurteilung der tatsächlich erreichten energetischen Qualität abgegeben werden kann. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die in den Verbrauchsprognoseberechnungen ermittelten Werte schon im ersten Jahr fast erreicht werden können (siehe die SüdSan-Themendokumentation „Monitoring der Mustergebäude nach der Sanierung“ [3]). Daher werden die Ergebnisse der Simulationen als Ausgangsbasis für die Bestimmung der energetischen Parameter der Gebäude der restlichen Siedlung herangezogen.

Da jedoch nach derzeitigem Stand vorgesehen ist, die gesamte Siedlung oder wesentliche Teile davon unter Denkmalschutz zu stellen, ist davon auszugehen, dass seitens der Denkmalpflege bestimmte Anforderungen an die Ausführung der Gebäude einzuhalten sind. Diese Vorgaben können den Wärme- und Leistungsbedarf im Vergleich zu den ursprünglichen Simulationen sowie den bereits durchgeführten Mustersanierungen leicht erhöhen.

Um die Bandbreite des möglichen zukünftigen Wärmebedarfes der Gesamtsiedlung zu erhalten wurden zwei energetische Qualitäten für Sanierung bzw. Neubau bestimmt:

- Energetisch hohe Qualität (Q1):
 - Nach Sanierung: spezifischer Wärmebedarf (gelieferte Energie) von 90 kWh/m² und spezifischer Leistungsbedarf von 27 W/m²
 - Bei Neubau: spezifischer Wärmebedarf von 50 kWh/m² und spezifischer Leistungsbedarf von 17 W/m²
- Energetisch gute Qualität (Q2)
 - Nach Sanierung: spezifischer Wärmebedarf (gelieferte Energie) von 110 kWh/m² und spezifischer Leistungsbedarf von 35 W/m²
 - Bei Neubau: spezifischer Wärmebedarf von 60 kWh/m² und spezifischer Leistungsbedarf von 21 W/m²

Die ursprünglich simulierten Lastprofile wurden dahingehend angepasst, dass darin der Wärmebedarf so weit erhöht wurde, bis ein spezifischer Wärmebedarf in Form gelieferter Wärmeenergie von etwa 90–110 kWh/m² Nutzfläche sowie ein spezifischer Leistungsbedarf von etwa 27–35 W/m² erzielt wird.

Abbildung 1 zeigt die entsprechend angepassten absoluten (von 0 bis 21.000) sowie die normierten (von 1 bis 0) geordneten Lastprofile aus der Simulation der Mustergebäude, welche für die restlichen Gebäude der Siedlung hinterlegt werden.. In Abhängigkeit von der jeweiligen Kubatur wird jedem Gebäude das normierte Lastprofil zugeordnet, das ihm am besten entspricht. Aufgrund der angestrebten hohen Sanierungsqualität und des damit verbundenen geringen Heizwärmebedarfs macht der Warmwasserbedarf einen vergleichsweise hohen Anteil am gesamten Energiebedarf aus. Dies führt zu einer gleichmäßigeren Lastverteilung und zu relativ hohen Volllaststunden (VLH) von über 2.000 Stunden.

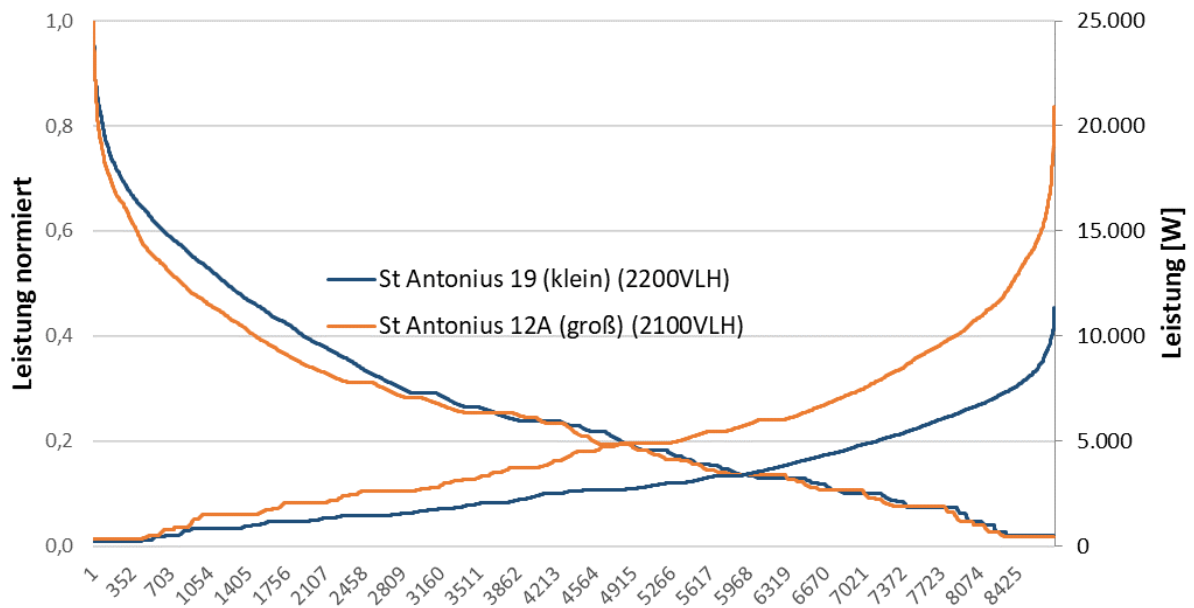


Abbildung 1: Simulierte Lastprofile der beiden sanierten Mustergebäude, angepasst an eine etwas reduzierte Gebäudehüllqualität

Bezüglich einer möglichen Nachverdichtung der Siedlung wird davon ausgegangen, dass – analog zu den Mustergebäuden – in allen Bestandsgebäuden durch eine moderate Anhebung des Kniestocks und den dadurch möglichen Ausbau des Dachgeschosses etwa 10% zusätzlicher Wohnraum je Gebäude geschaffen werden kann.

Da trotz Denkmalschutz nicht ausgeschlossen werden kann, dass einzelne Gebäude abgerissen und durch Ersatzneubauten ersetzt werden, wird zudem untersucht, wie sich eine geringe Ersatzneubaurate von rund 15% – also ein Abbruch von etwa 60 der 400 Wohneinheiten – auswirken würde. Es wird angenommen, dass hiervon vorrangig jene Gebäude am nordöstlichen Rand der Siedlung betroffen wären, die in Abbildung 2 blau eingekreist sind. Im Falle eines Abrisses wird eine Verdichtung um 50 % unterstellt, so dass die abgebrochenen Gebäude durch etwa 90 neue Wohneinheiten ersetzt würden.



Abbildung 2: Betrachtetes Siedlungsgebiet (rot) und Gebiet für mögliche Ersatzneubauten (blau)

Wendet man die Kombinationen dieser Rahmenbedingungen auf alle Gebäude der Siedlung an, so ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Energie- und Leistungsbedarfe für die Gesamtsiedlung. Dabei wird deutlich, dass die energetische Qualität der Ausführung den entscheidenden Einfluss auf die Wärmenetztauglichkeit hat. Der Abriss und Ersatzneubau einzelner Gebäude wirkt sich hingegen praktisch nicht auf die Wärmenetztauglichkeit aus, da sich die angenommene Verdichtung um 50 % beim Neubau durch die gleichzeitig um etwa 50 % bessere thermische Qualität weitgehend kompensiert.

Tabelle 1: Wärmebedarfe und Leistungen in den unterschiedlichen Szenarien der Siedlungsentwicklung

	Nutzfläche [m ²]	Wärmebedarf [kWh]	Summenwärmelast [kW]
Alles Denkmalschutz / hohe Qualität Q1	27.549	2.479.391	744
Alles Denkmalschutz / gute Qualität Q2	27.549	3.030.366	964
Teilabriss + Neubau / hohe Qualität Q1	29.042	2.389.801	728
Teilabriss + Neubau / gute Qualität Q2	29.042	2.914.646	938

In der weiteren Analyse werden daher ausschließlich die beiden thermischen Qualitäten der Sanierung betrachtet, da diese jeweils den Varianten mit teilweiseem Abriss und Ersatzneubau entsprechen.

2.2 Netzauslegung

Die Berechnung der optimalen Trassenführung sowie die Dimensionierung und Auslegung des Wärmenetzes erfolgen mit dem Thermos Tool [4]. Als potenzielle Trassenführungen wurden die Straßenverläufe der Hauptstraßen aus OpenStreetMap verwendet [5]. Zufahrten und Fußwege wurden dabei nicht miteinbezogen.

Als Standort für eine mögliche Energiezentrale und den Einspeisepunkt ins Wärmenetz wurde der Parkplatz am Ende der Meranerstraße gewählt. Dieser bietet eine Fläche von über 200 m² und liegt außerhalb des Siedlungsbestands mit Denkmalschutzbedeutung.

Für den Anschluss der einzelnen Gebäude wird jeweils die kürzeste Verbindung zwischen dem Gebäude und dem potenziellen Leitungsnetz erstellt. Abbildung 3 zeigt die ans Wärmenetz anzuschließenden 82 Gebäude (ohne die beiden Mustergebäude), die potenziellen Trassenverläufe und Gebäudeanschlussleitungen in Blau sowie den fiktiven Standort für die Energiezentrale als orangen Punkt.

Die angestrebten hohen Sanierungsqualitäten führen zu einem hohen Anteil des Warmwasserbedarfes am Gesamtwärmebedarf. Dadurch ergibt sich ein relativ gleichmäßiges Wärmelastprofil mit hohen Vollaststunden im Bereich von etwa 4.000 Stunden.

Im Zusammenspiel mit den Versorgungstechnologien und der Haustechnik werden als Auslegungstemperaturen einerseits 70 °C / 40 °C und andererseits 40 °C / 25 °C für Vor- bzw. Rücklauf festgelegt.



Abbildung 3: Betrachtete Gebäude und potentielle Trassenverläufe und Gebäudeanschlussleitungen

Das „warme Netz“ wird so ausgelegt, dass die maximal benötigte Wärmelast bei einer Vorlauf-temperatur von 70°C und einer Rücklauf-temperatur von 40°C übertragen werden kann. Diese Auslegung ist ausreichend, um neben der Heizwärme auch die für die Warmwassererzeugung erforderliche Temperatur direkt bereitzustellen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die notwendigen Übertragungsflächen im Wärmeabgabesystem klein gehalten werden könnten und keine weiteren Komponenten zur Temperaturerhöhung erforderlich sind. Die Nachteile bestehen in der höheren bereitzustellenden Temperatur des Wärmeerzeugers, den etwas höheren Verlusten und darin, dass mit dieser Netzvariante die Gebäude nicht gekühlt werden können.

Das „kalte Netz“ wird so ausgelegt, dass die maximal benötigte Wärmelast bei einer Vorlauf-temperatur von etwa 40°C und einer Rücklauf-temperatur von 25°C übertragen werden kann. Diese Auslegung ist ausreichend, um die Heizwärme bereitzustellen. Für die Warmwassererzeugung müssen in jedem Gebäude zusätzliche Booster-Wärmepumpen installiert werden.

Die Vorteile dieser Netzauslegung liegen in den allgemein niedrigeren notwendigen Temperaturen des Wärmeerzeugers für das Netz, den damit verbundenen geringeren Wärmeverluste

im Netz sowie die Möglichkeit, das Netz durch Umschaltung im Sommer auf ein Temperaturniveau von 20°C/25°C zur Gebäudekühlung zu nutzen.

Die Nachteile ergeben sich aus den geringeren Vorlauftemperaturen, die größere Wärmeabgabeflächen in den Gebäuden erforderlich machen – was jedoch insbesondere für die mögliche Kühlung ohnehin notwendig ist – sowie aus den zusätzlich notwendigen Booster-Wärmepumpen und den damit verbundenen Kosten. Zudem steigt die Pumpenenergie leicht, da ein höherer Volumenstrom aufgrund der geringeren Temperaturspreizung im Netz erforderlich ist. Für die benötigte Pumpenenergie wird im Fall des warmen Netzes 1 % des Wärmebedarfs und im Fall des „kalten Netzes“ 2 % angesetzt.

Für die Netzdimensionierung und die Investitionskosten wurden die in Tabelle 2 angegebenen Werte verwendet, welche auf Grundlage der Thermos-Daten angepasst wurden. Als Lebensdauer und Abschreibeperiode wurden für das Leitungsnetz 40 Jahre bei einem Zinssatz von 3% angenommen. Bei allen Kostenangaben handelt es sich, wie in der Investitionsrechnung üblich, um Netto-Kosten.

Tabelle 2: Parameter und Kosten zur Netzdimensionierung

DN	max. Übertragungsleistung bei 70°C/40°C [kW]	Leitungsverluste bei 70°C/40°C [kWh/m*yr]	max. Übertragungsleistung bei 40°C/25°C [kW]	Leitungsverluste bei 40°C/25°C [kWh/m*yr]	Kosten Leitungsverlegung Wiese [EUR/m]	Kosten Leitungsverlegung Straße [EUR/m]
20	24,7	10,3	12,3	5,4	373€	639€
25	44,4	12,2	22,2	6,4	388€	663€
32	84,4	14,4	42,2	7,5	413€	701€
40	150	16,3	74,8	8,5	444€	747€
50	264,0	18,3	132,0	9,5	484€	809€
65	511,9	20,5	255,9	10,7	547€	907€
80	861,4	22,4	430,5	11,7	616€	1.013€
100	1.502	24,3	750,8	12,7	714€	1.164€
125	2.612	28,9	1.306	13,7	847€	1.367€
150	4.098	30,6	2.048	14,5	984€	1.580€

2.3 Versorgungsoptionen

Wie eingangs beschrieben, sollen in dieser Studie verschiedene technische Konzepte zur Nahwärmeerzeugung untersucht und ökonomisch bewertet werden. Dabei sollen primär Varianten einer eigenständigen, siedlungsweiten Versorgung analysiert werden, um diese dann auch der Möglichkeit des Anschlusses an ein größeres, übergeordnetes Netz gegenüberzustellen.

Für die eigenständige Versorgung wird angenommen, dass keine fossilen Energieträger sowie keine reinen Biomassekessel zur ausschließlichen Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Als verbleibende Optionen werden daher Biomasse-KWK-Anlagen und/oder Großwärmepumpen betrachtet, jeweils in Kombination mit einem Spitzenlasterzeuger, dessen Leistung auf 300 kW begrenzt ist.

In jeder Variante wird zusätzlich ein Kurzzeitspeicher mitdimensioniert. Die Speichergroße wird jeweils auf Basis angenommener Investitionskosten von 180 EUR/kWh und einer maximalen Ein-/Auspeiseleistung von 100 kW optimiert. Für den Speicher wird eine Lebens- und Abschreibedauer von 30 Jahren bei einem Zinssatz von 3% angenommen.

Für die Wärmeversorgungstechnologien werden jeweils 20 Jahre Lebens- und Abschreibedauer bei einem Zinssatz von 3% zugrunde gelegt. Die installierte Leistung und die Einsatzoptimierung werden für alle Varianten durch den Optimierungsalgorithmus des Thermos Tools bestimmt. Eine stündliche Einsatzoptimierung für das gesamte Jahr wird jedoch nicht durchgeführt, stattdessen werden aus dem simulierten Lastprofil der Gebäude pro Monat zwei repräsentative Tage (ein Wochentag und ein Wochenendtag) sowie für die Spitzenlastdimensionierung das Lastprofil des Spitzenlasttages verwendet.

Die Annahmen und Rahmenbedingungen zu den Technologien im Zusammenspiel mit den Auslegungstemperaturen werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben. Die detaillierten Parameter sind in Tabelle 3 aufgeführt. Alle Kostenangaben beziehen sich, wie in der Investitionsrechnung üblich, auf Netto-Kosten.

2.3.1 Biomasse KWK mit Biomasse Spitzenlastkessel im 70/40 Netz

In dieser Variante wird das „warme Netz“ mit einem Biomasse-Vergaser-KWK und einem zusätzlichen Biomasse Spitzenlastkessel – beides auf Basis von Hackschnitzeln – versorgt.

Der angenommene elektrische Wirkungsgrad einer solchen KWK-Anlage beträgt in etwa 28%, mit einem thermischen Wirkungsgrad von 60%. Als Preis für die eingesetzten Biomasse-Hackschnitzel werden 0,05 EUR/kWh angesetzt, für den von der KWK erzeugten und eingespeisten Strom eine Einspeisevergütung von 0,1 EUR/kWh_{el}.

2.3.2 Hochtemperatur Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenlastkessel im 70/40 Netz

In dieser Variante wird das „warme Netz“ mit einer Hochtemperatur-Luft-Wasser-Wärmepumpe, welche die 70°C Vorlauftemperatur direkt bereitstellen kann, und einem zusätzlichen Biogas Spitzenlastkessel versorgt. Als Wärmepumpe könnte hier eine Hochtemperatur-Wärmepumpe mit z.B. Kältemittel R-290 (Propan) zum Einsatz kommen. Die Gesamt-Jahresarbeitszahl wird mit 2,7 angenommen und als Strombezugspreis werden 0,18 EUR/kWh_{el} angesetzt.

2.3.3 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Biogas Spitzenlastkessel im 40/25 Netz

In dieser Variante wird das „kalte Netz“ mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, welche 40°C Vorlauftemperatur bereitstellt, und einem zusätzlichen Biogas-Spitzenlastkessel versorgt. Als Luft-Wasser-Wärmepumpe könnte hier eine hocheffiziente Wärmepumpe mit Kolbenverdichter, überflutetem Verdampfer und R32 als Kältemittel zum Einsatz kommen. Zusätzlich werden hier in den Gebäuden Booster Wärmepumpen vorgesehen, welche den Temperaturhub von 25°C auf 55°C für die Warmwasserbereitung vornehmen. Die Gesamt-Jahresarbeitszahl aus Großwärmepumpe und Booster Wärmepumpen wird mit 3,8 angenommen und stellt in der Berechnung den Gesamtwirkungsgrad dieser Versorgungsoption dar. Als Strombezugspreis werden 0,18 EUR/kWh_{el} angesetzt. In dieser Variante fallen zusätzlich zur Investition in die Großwärmepumpe noch Investitionen in die individuellen Booster Wärmepumpen an. Hier werden Investitionskosten je Gebäude von 10.000 EUR angesetzt.

Tabelle 3: Parameter und Kosten der Versorgungsoptionen

Name	Lebensdauer	Brennstoff	Wärmewirkungsgrad	Stromwirkungsgrad	Investkosten [EUR/kW _{th}]	Betriebskosten jährlich [EUR]
Biomasse-Vergaser-KWK	20	Hack-schnitzel	60%	28%	3.000	20.000
Biomasse Spitzenlast-Kessel	20	Hack-schnitzel	90%	-	810	10.000
Luft-Wasser-Wärmepumpe 70°C	20	Strom	270%	-	2.000	10.000
Luft-Wasser-Wärmepumpe 40°C	20	Strom	380%	-	2.000 (+ 80*10k)	26.000
Biogas Spitzenlastkessel	20	Biogas	95%	-	150	2.000

2.4 Ökologische Bewertung

Für die ökologische Bewertung wurde ein eigenes Bewertungsverfahren entwickelt welches detailliert in der SüdSan-Themendokumentation „Ökologische Bewertung leitungsgebundener Wärmeversorgungssysteme mit verschiedenen Erzeugungstechnologien“ [1] beschrieben ist. Ausgangspunkt ist dabei die Problematik bisheriger Bewertungsfaktoren wie CO₂-Äquivalente und Primärenergiefaktoren, die meist auf jährlichen Durchschnittswerten beruhen und somit saisonale Schwankungen, unterschiedliche Erzeugungsstrukturen und technologische Besonderheiten nur unzureichend abbilden. Dies führt zu Verzerrungen, insbesondere bei Wärmenetzen mit vielfältigen Energiequellen und zunehmender Integration erneuerbarer Energien. Kernpunkte des Bewertungsverfahrens sind die unterjährige (monatliche) Bewertung, die Einbeziehung der tatsächlichen und zukünftigen Erzeugungsstrukturen sowie eine differenzierte Betrachtung einzelner Technologien wie Kraft-Wärme-Kopplung, Wärmepumpen, Biomasse, Biogas und Abfallverwertung.

3 Ergebnisse

3.1 Netzauslegung

Abbildung 4 zeigt grafisch das Ergebnis der optimalen Trassenführung und Netzauslegung entsprechend den möglichen Trassenverläufen, wobei alle Gebäude bis auf die beiden Mustergebäude an das Wärmenetz angeschlossen wurden. Tabelle 4 zeigt die wichtigsten Ergebnisse der Netzauslegung.

Die Gesamtlänge des Wärmenetzes beträgt 1.910 Meter. Der versorgte Wärmebedarf beträgt im Szenario mit hoher Sanierungsqualität knapp 2,3 GWh/a und im Szenario mit guter Sanierungsqualität ca. 2,9 GWh/a (jeweils exklusive der beiden Mustergebäude). Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, entspricht dabei jeweils das Nebenszenario mit Abriss und Ersatzneubau hinsichtlich Wärme- und Leistungsbedarf dem Hauptszenario, sodass hierfür bei der Netzauslegung keine Unterscheidung vorgenommen wird.

Die Netzverluste betragen im „warmen Netz“ 7–9% und im kalten Netz 4–5%. Durch die Auslegung des „warmen Netzes“ in Richtung der niedrigsten möglichen Temperaturen zur gleichzeitigen Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser bei gleichzeitiger Verwendung von gut gedämmten Rohrleitungen können die Verluste sehr gering gehalten werden.

Die Investitionskosten für das Leitungsnetz betragen zwischen 1,13 und 1,27 Mio. EUR. Am geringsten sind sie für das „warme Netz“ bei hoher Sanierungsqualität, am höchsten für das „kalte Netz“ bei guter Sanierungsqualität, da hier jeweils die kleinsten bzw. größten Leitungsdurchmesser erforderlich sind.

Die resultierenden, auf den versorgten Wärmebedarf umgerechneten Wärmeverteilungskosten betragen netto zwischen 3,1 und 4,1 Cent/ kWh. Die geringsten Kosten treten im „warmen“ Verteilnetz bei guter Sanierungsqualität auf, die höchsten im „kalten“ Verteilnetz bei hoher Sanierungsqualität.

Die Wärmeverteilungskosten im „kalten“ Verteilnetz wurden dabei rein auf den Wärmebedarf bezogen. Aufgrund der geringeren Temperaturspreizung, der daraus resultierenden größeren Leitungsquerschnitte und der höheren Pumpenenergie liegen sie jeweils etwa 10 % über den Kosten des warmen Netzes. Wird das „kalte“ Netz jedoch auch zur Kühlung genutzt und ein Kältebedarf bereitgestellt, verringern sich die spezifischen Wärmeverteilungskosten je bereitgestellter Energiemenge entsprechend.

Unabhängig von der im folgenden Abschnitt behandelten Wärmeversorgung kann das Gebiet aufgrund der zu erwartenden Wärmedichte auch bei hoher Sanierungsqualität mit netto-Wärmeverteilungskosten zwischen 3,1 und 4,1 Cent/kWh prinzipiell als wärmenetztauglich eingestuft werden.



Abbildung 4: Grafisches Ergebnis der optimalen Trassenführung und Netzauslegung

Tabelle 4: Ergebnisparameter der Netzauslegung

	Versorger Wärmebedarf [kWh]	Netztemperaturen [°C]	Netzlänge [m]	Netzverluste [%]	Investitionskosten Netz [EUR]	Anschlusskosten Gebäude [EUR]	Wärmeverteilungskosten [ct/kWh]
Hohe Sanierungsqualität Q1	2.300.000	70/40	1.910	8,6%	1.130.000€	490.000€	3,75
		40/25		5,2%	1.230.000€		4,10
Gute Sanierungsqualität Q2	2.920.000	70/40		7,2%	1.180.000€	510.000€	3,10
		40/25		4,3%	1.270.000€		3,42

3.2 Wärmeversorgungsoptionen

Im Gegensatz zu den Wärmeverteilungskosten hängen die Wärmeerzeugungskosten überwiegend von der Erzeugerstruktur und weniger von der bereitgestellten Energiemenge ab. Daher unterscheiden sich die Ergebnisse der jeweiligen Wärmeversorgungsvariante zwischen den bei-

den Sanierungstiefen nur geringfügig. Es wird immer nur das Ergebnis für die hohe Sanierungsqualität (mit geringerem Energie- und Leistungsbedarf) dargestellt und die Bandbreite für die gute Sanierungsqualität (mit höherem Energie- und Leistungsbedarf) aufgezeigt.

In allen Versorgungsoptionen beinhaltet die kostenoptimale Erzeugungsstruktur einen relativ kleinen Wärmespeicher mit der maximal vorgegebenen Ein- und Ausspeiseleistung von 100 kW.

3.2.1 Biomasse-Vergaser-KWK mit Biomasse Spitzenkessel im 70/40 Netz

Die Investitionsoptimierung dieser Versorgungsvariante ergibt für die Biomasse-KWK eine thermische Leistung von ca. 190 kW_{th} im Szenario mit hoher Sanierungsqualität und geringerem Wärmebedarf, sowie von 350 kW_{th} im Szenario mit guter Sanierungsqualität und höherem Energiebedarf. Die elektrische Leistung der KWK ergibt sich damit zu 90 kW_{el} bzw. 190 kW_{el} und die resultierenden Investitionskosten betragen 560.000 EUR bzw. 1.000.000 EUR. Der Biomasse-Spitzenkessel wird jeweils bis zur maximalen vorgegebenen Leistung von 300 kW installiert, es ergeben sich somit Investitionskosten von knapp 240.000 EUR.

Abbildung 5 zeigt im oberen Abschnitt den Verlauf der Jahresnetzlast und im unteren Abschnitt die geordnete Jahresnetzlast (Jahresdauerlinie), jeweils mit den Deckungsbeiträgen der Erzeugungstechnologien für das Szenario mit hoher Sanierungsqualität. Die Biomasse-KWK erzeugt in diesem Szenario 65% des Jahreswärmebedarfes und produziert gleichzeitig 750.000 kWh Strom, der Biomasse-Spitzenkessel erzeugt die restlichen 35% des Wärmebedarfes. Im Szenario mit guter Sanierungsqualität beträgt aufgrund der Limitierung des Spitzenlastkessels der Beitrag der Biomasse-KWK 85% und es werden 1.200.000 GWh Strom produziert.

Die Wärmegestehungskosten dieser Versorgungsoption liegen unter den getroffenen Annahmen zwischen 8,4 und 8,7 Eurocent je kWh versorgter Wärme.

Hier ist anzumerken, dass mit einer Einspeisevergütung von 0,1 EUR/kWh_{el} gerechnet wurde und die Erlöse der Stromerzeugung den Wärmepreis reduzieren. Die konstante Einspeisevergütung trägt dazu bei, dass die Biomasse-KWK möglichst konstant Strom produziert. Eine dynamische Einspeisevergütung könnte hier z.B. dazu beitragen, dass Strom vorwiegend in Zeiten geringer Stromerzeugung produziert wird. Der Wärmespeicher wird neben der Spitzenabdeckung im Winter vorwiegend im Sommer eingesetzt, um die Biomasse-KWK konstant durchlaufen zu lassen, wodurch sie mit 7.600 bis 8.500 Volllaststunden eine sehr hohe Auslastung erzielt.

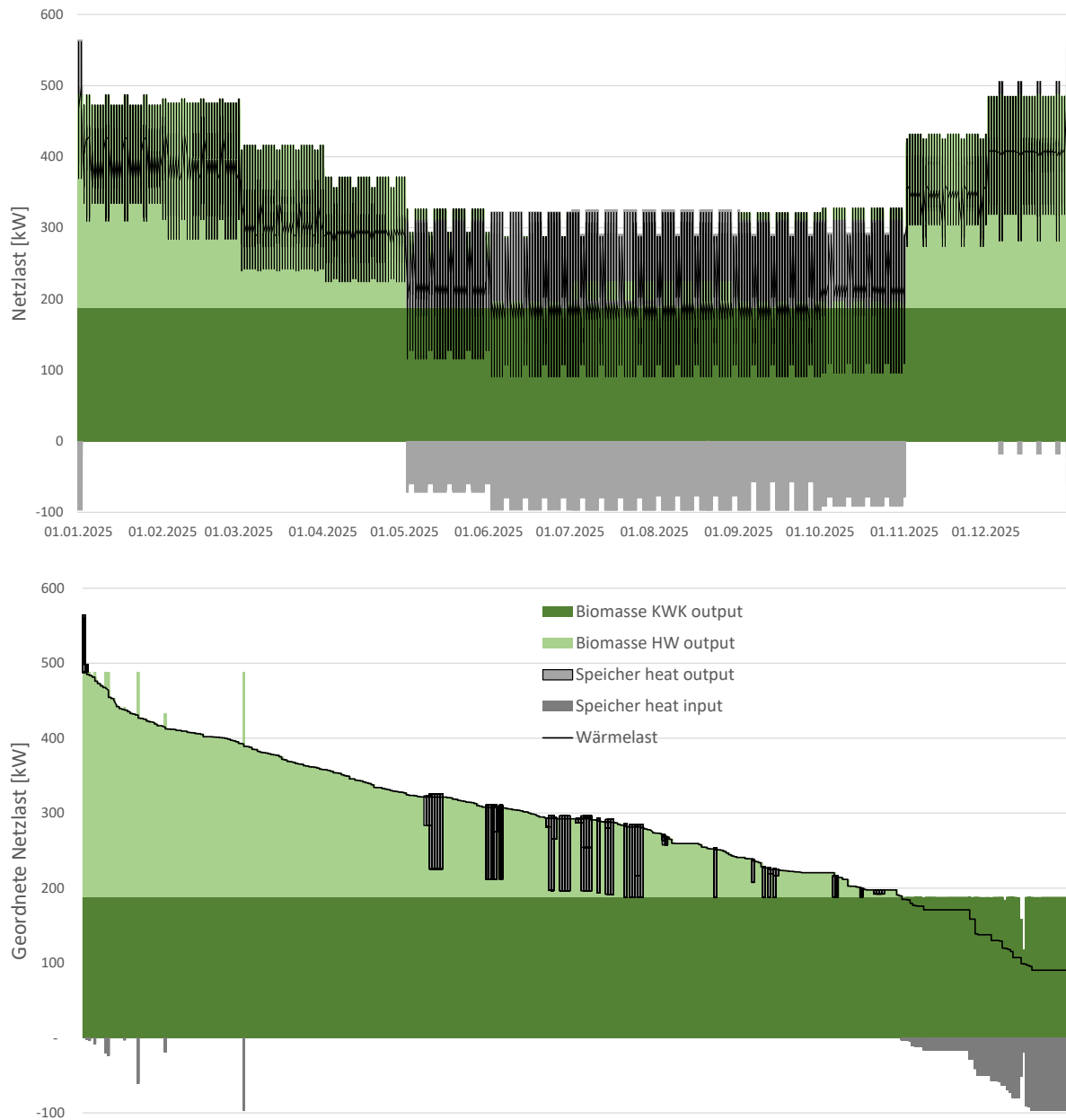


Abbildung 5: Verlauf der Jahresnetzlast (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmerezeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Biomasse-KWK mit Biomasse Spitzenkessel im 70/40 Netz

3.2.2 Hochtemperatur Wärmepumpe mit Biogas Spitzenkessel im 70/40 Netz

Die Investitionsoptimierung dieser Versorgungsvariante ergibt für die Hochtemperatur-Wärmepumpe eine thermische Leistung von 370 kW_{th} im Szenario mit hoher Sanierungsqualität (geringerer Wärmebedarf), sowie von 460 kW_{th} im Szenario mit guter Sanierungsqualität (höherer Energiebedarf). Die resultierenden Investitionskosten betragen 730.000 EUR bzw. 920.000 EUR. Die Größe des Biogas-Spitzenkessel beträgt 160 kW bzw. 230 kW und ergibt Investitionskosten von knapp 24.000 EUR bzw. 35.000 EUR.

Abbildung 6 zeigt im oberen Abschnitt den Verlauf der Jahresnetzlast und im unteren Abschnitt die geordnete Jahresnetzlast je mit den Deckungsbeiträgen der Erzeugungstechnologien für das Szenario mit hoher Sanierungsqualität. Die Hochtemperatur-Wärmepumpe erzeugt in beiden Sanierungsvarianten fast 97% des Jahreswärmebedarfes, der Biogas-Spitzenkessel erzeugt jeweils lediglich 3%. Die Wärmegestehungskosten liegen bei dieser Versorgungsvariante in beiden Sanierungsszenarien bei knapp über 10 Cent/kWh versorgter Wärme. Hier ist der Strompreis, der mit 0,18 EUR/kWh_{el} angesetzt wurde, der bestimmende Faktor für den Wärmepreis.

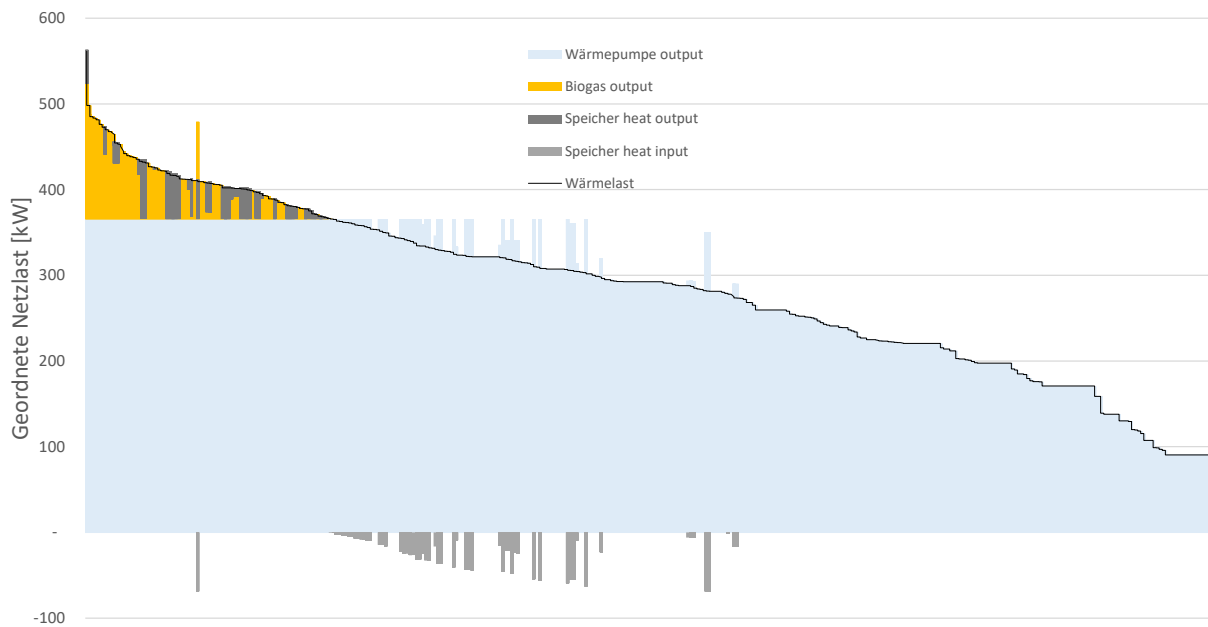
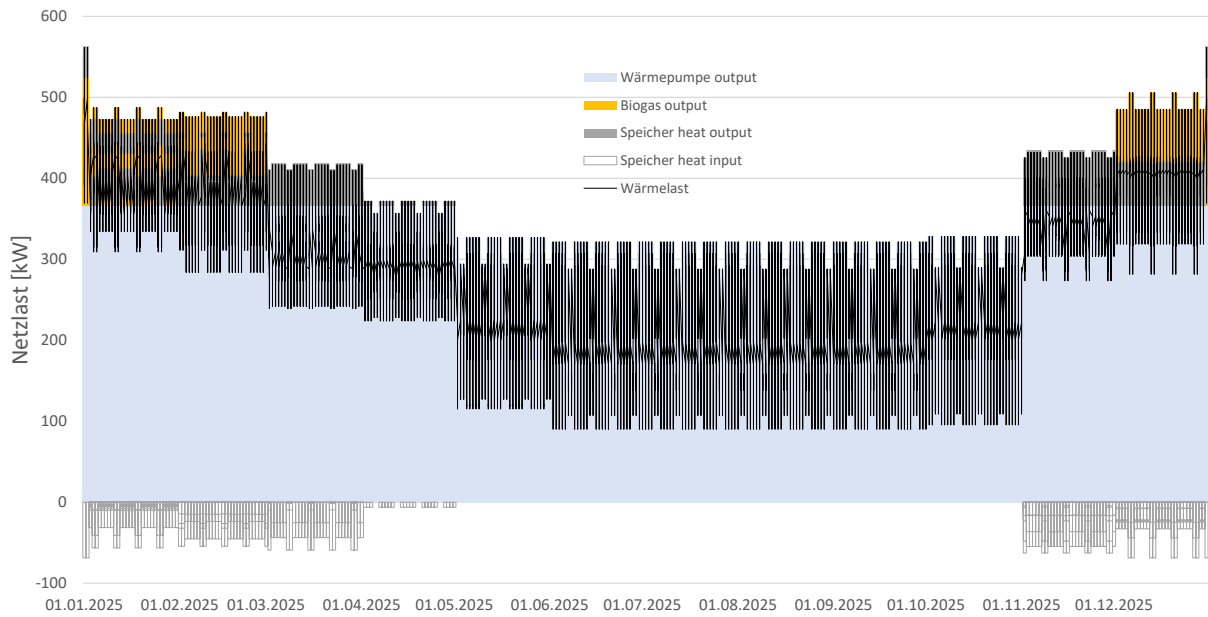


Abbildung 6: Verlauf der Jahresnetzlast (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmeerzeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Hochtemperatur-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 70/40 Netz.

3.2.3 Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 40/25 Netz

Das Ergebnis für die Investitions- und Einsatzoptimierung dieser Versorgungsoption unterscheidet sich nur geringfügig von der Variante mit Hochtemperatur-Wärmepumpe im „warmen Netz“. Die installierte thermische Leistung der Wärmepumpe beträgt auch hier 370 kW_{th} bzw. 460 kW_{th} je nach Sanierungsqualität und damit verbundenem Leistungsbedarf. Die resultierenden Investitionskosten werden jedoch aufgrund der je Gebäude zusätzlich benötigten Booster-Wärmepumpen auf 1,5 Mio. EUR bis 1,7 Mio. EUR erhöht. Die Größe des Biogas-Spitzenkessel beträgt 150 kW bzw. 200 kW und fällt mit Investitionskosten von 22.000 EUR bzw. 31.000 EUR kaum ins Gewicht.

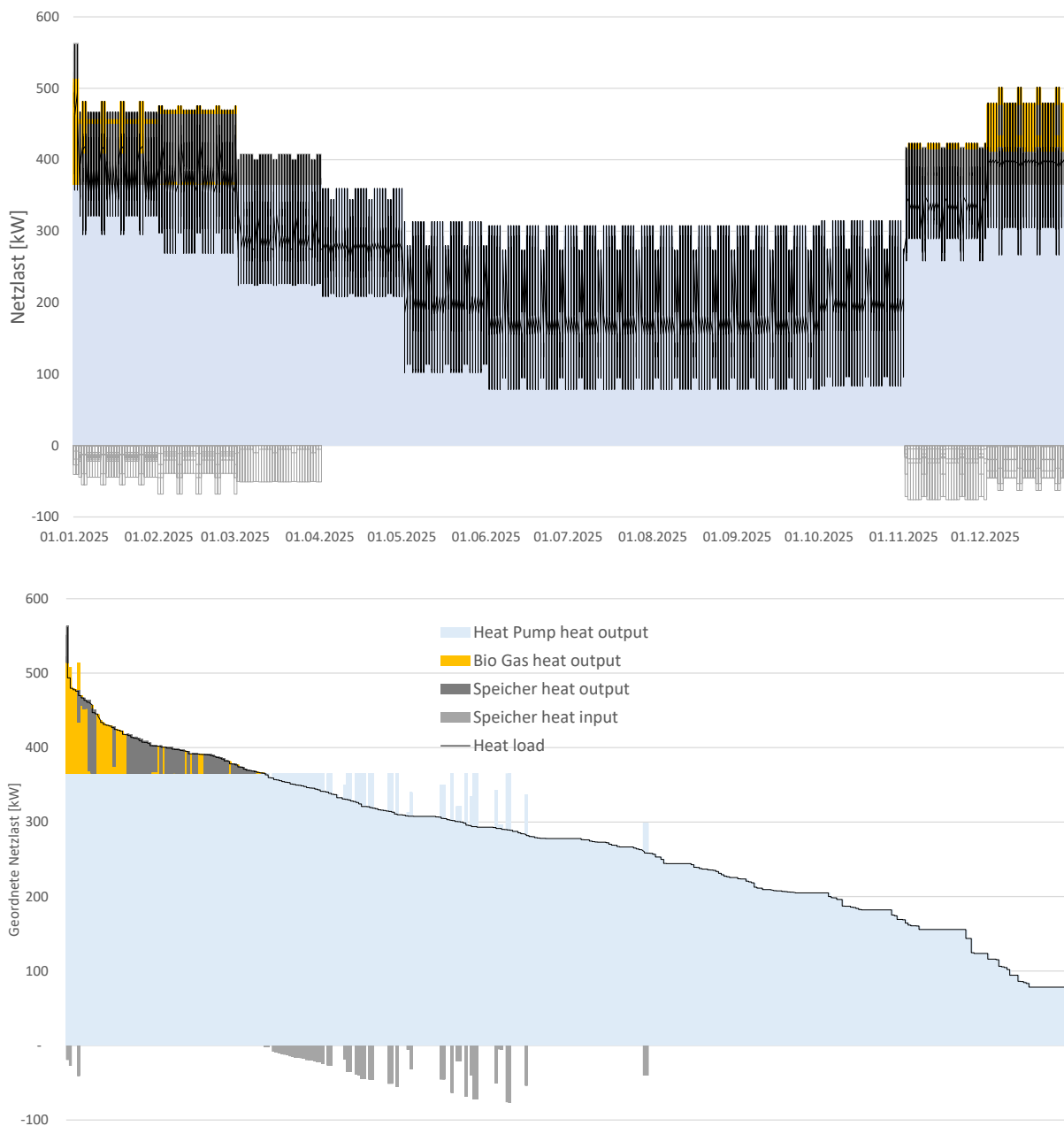


Abbildung 7 zeigt im oberen Abschnitt den Verlauf der Jahresnetzlaster und im unteren Abschnitt die geordnete Jahresnetzlaster je mit den Deckungsbeiträgen der Erzeugungstechnologien für

das Szenario mit hoher Sanierungsqualität. Die Wärmepumpe erzeugt auch hier in beiden Sanierungsvarianten 97% des Jahreswärmebedarfes und der Biogas-Spitzenkessel lediglich je 3%.

Die Wärmegestehungskosten liegen bei dieser Versorgungsvariante in beiden Sanierungsszenarien aufgrund der höheren Investitionskosten zwischen 10 und 11 Eurocent je kWh versorgter Wärme wobei auch hier der Strompreis, der mit 0,18 EUR/kWh_{el} angesetzt wurde, der bestimmende Faktor für den Wärmepreis darstellt.

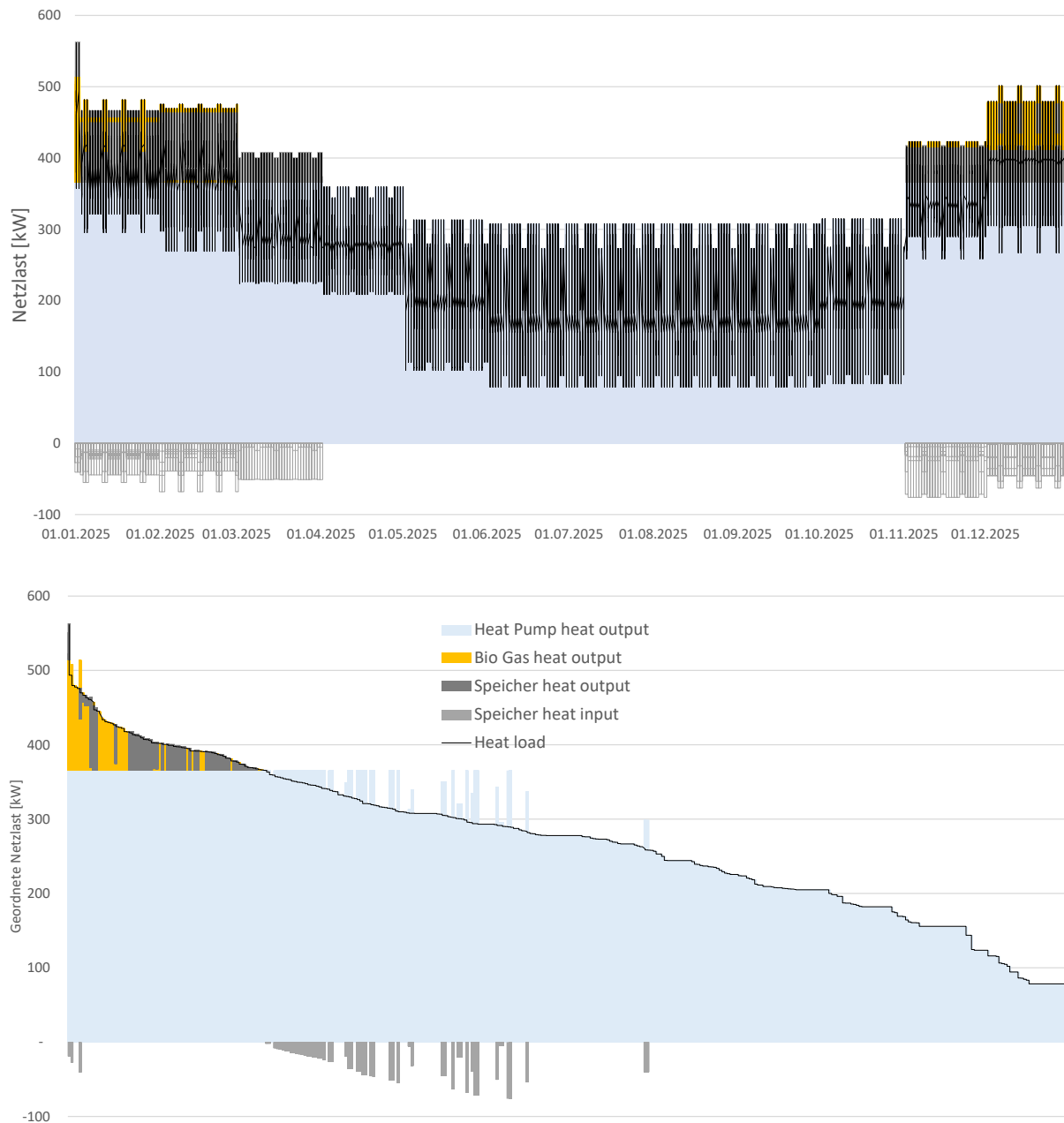


Abbildung 7: Verlauf der Jahresnetzlaster (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmeerzeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 40/25 Netz

3.2.4 Vergleich zum Anschluss an ein städtisches Wärmenetz

Die Wärmeverteilungskosten liegen bei größeren Netzen tendenziell geringfügig höher. Bei den Wärmegestehungskosten sind im konkreten Fall (dem geplanten Fernwärmenetz Bludenz/Bürs) deutlich niedrigere Werte zu erwarten, weil zum einen kostengünstige Abwärme in relevantem Ausmaß genutzt werden kann, und zum anderen die Skalierung zur Kostensenkung bei den Wärmeerzeugern beiträgt. In Summe liegt das Kostenniveau somit voraussichtlich niedriger als in den beschriebenen Varianten des Nahwärmenetzes für die Siedlung.

3.3 Ökologische Bewertung

Für die ökologische Bewertung wurden die ermittelten Energieträgereinsätze der verschiedenen Versorgungsoptionen mit der in der SüdSan-Themendokumentation „Ökologische Bewertung leitungsgebundener Wärmeversorgungssysteme mit verschiedenen Erzeugungstechnologien“ [1] beschriebenen Bewertungsmethodik untersucht.

Als erstes wesentliches Ergebnis zeigt Abbildung 8 für die hohe Sanierungsqualität die monatlichen spezifischen Emissionen der untersuchten Wärmeversorgungslösungen entsprechend der Bewertungsmethodik und zum Vergleich die Emissionsfaktoren für erneuerbare Wärmenetze entsprechend OIB-RL6/23 [6] und UBA [7]. Die spezifischen Emissionen zwischen den beiden Sanierungsqualitäten unterscheiden sich nur marginal, da diese fast ausschließlich durch die Erzeugungsstruktur bestimmt sind.

Es ist zu erkennen, dass bei der Versorgungslösung mit Biomasse-KWK die exergetische Bewertung zu etwas geringeren Faktoren führt als die Finnische Bewertungsmethode, und dass aufgrund des geringeren Carnot-Faktors im Sommer dort niedrigere spezifische Emissionen resultieren. Bei dieser Versorgungslösung spielen die unterschiedlichen Bewertungsfaktoren des Stromes kaum eine Rolle (nur der Hilfsstrom wird unterschiedlich bewertet) und die spezifischen Emissionswerte liegen praktisch übereinander.

Bei den Versorgungslösungen mit Luft-Wasser-Wärmepumpe ist es genau umgekehrt und die Bewertung nach Finnischer oder exergetischer Allokation führt zum gleichen Ergebnis. Bei diesen Versorgungslösungen spielt hingegen die Bewertung des eingesetzten Stromes eine entscheidende Rolle. Es ist zu erkennen, dass die Bewertung des Stromes mit konstantem Emissionsfaktor laut OIB 6/23 zu annähernd konstanten spezifischen Emissionen führt bzw. aufgrund der höheren relativen Netzverluste sogar zu leicht höheren Emissionsfaktoren im Sommer. Bei der Bewertung des Stromes mit den monatlichen Emissionsfaktoren ist hingegen klar zu erkennen, dass ein Großteil der Emissionen im Winter entsteht – nämlich dann, wenn auch die Stromerzeugung mit höheren Emissionen behaftet ist. Dies gilt insbesondere für die durchschnittlichen Emissionsfaktoren der letzten Jahre, aber auch nach wie vor für einen zu erwartenden zukünftigen Strommix im Jahr 2030 und wohl auch darüber hinaus.

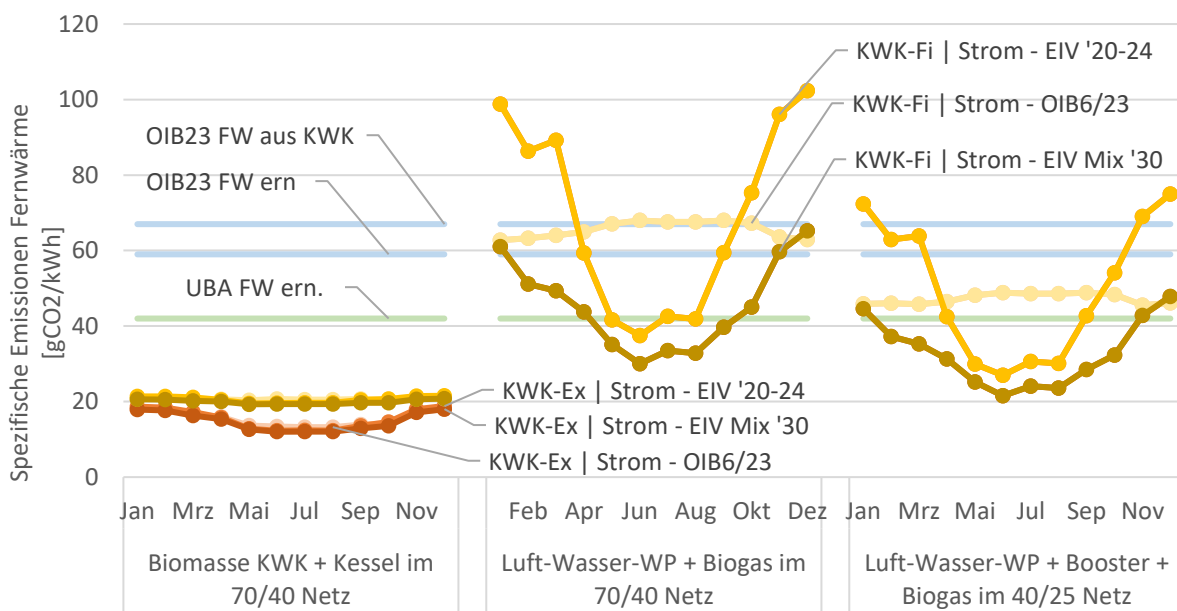


Abbildung 8: Monatliche Emissionsfaktoren der Wärmenetz-Versorgungsoptionen entsprechend der unterschiedlichen Bewertungsmethodiken

Da die resultierenden spezifischen Emissionen nicht geeignet sind, um die unterschiedlichen Sanierungsqualitäten zu bewerten, sind in Abbildung 9 die absoluten jährlichen Emissionen der untersuchten Wärmeversorgungs-lösungen dargestellt. Gleiche Bewertungsergebnisse sind dabei zur einfacheren Lesbarkeit nicht dargestellt. Für die Versorgungslösung mit Biomasse KWK sind also die unterschiedlichen Bewertungen des Stromes nicht dargestellt und für die Versorgungslösungen mit der Wärmepumpe sind die unterschiedlichen KWK-Bewertungen nicht dargestellt.

Der Vergleich der Versorgungslösungen untereinander ergibt, dass mit den verwendeten Emissionsfaktoren ein biomassebasiertes Wärmenetz die geringsten jährlichen Netto-Emissionen aufweist. Durch die geringere Allokation der eingesetzten Biomasse zur Wärmeerzeugung bei der exergetischen Bewertung sind dort die berechneten Emissionen am geringsten. Bewertet man hingegen die eingesetzte Biomasse entsprechend des in der SüdSan-Themen-dokumentation „Ökologische Bewertung leitungsgebundener Wärmeversorgungs-systeme mit verschiedenen Erzeugungstechnologien“ [1] beschriebenen Biomasse-Budgets, so wird das Budget in allen Varianten überschritten. Bei der exergetischen Bewertung werden für beide Sanierungsvarianten der Wärmeerzeugung rund 1,7 GWh Biomasse zugeordnet, was bei 26.500 bzw. 28.000 m² versorgter Nutzfläche (vollständiger Denkmalschutz der Gesamtsiedlung bzw. Teilabriss und Neubau von etwa 15% der Wohneinheiten mit 50% Nachverdichtung) einem Biomassebedarf von 61–65 kWh/m² entspricht und somit deutlich über dem für Öster-

reich ermittelten maximalen Budget liegt. Bei der Finnischen Bewertung werden der Wärmeerzeugung für die beiden Sanierungsvarianten sogar rund 2,3 GWh bzw. 2,6 GWh Biomasse zugeordnet, was dann bei wiederum 26.500 bzw. 28.000 m² versorgter Nutzfläche einem Biomassebedarf von 81–99 kWh/m² entspricht und somit noch deutlicher über dem ermittelten maximalen Budget liegt.

Bei den strombasierten Versorgungslösungen ist zu erkennen, dass der Emissionsfaktor für Strom laut OIB RL 6/23 bereits niedriger angesetzt ist, als eine Bewertung mittels durchschnittlicher monatlicher Faktoren der letzten fünf Jahre ergeben würde. Allerdings sollten für die Bewertung eines zukünftigen Wärmenetzes durchschnittliche zukünftige Emissionsfaktoren verwendet werden. Und auch wenn hier eine erhebliche Reduktion zu erwarten ist – wie auch die Emissionsberechnung mittels EIV-Mix 2030 zeigt – so werden die Emissionen aufgrund der vorwiegend im Winter anfallenden Wärmelast auch auf absehbare Zeit noch relevant sein.

Vergleicht man die Sanierungsqualitäten untereinander, so ist zu erkennen, dass durch eine höhere Sanierungsqualität in allen Versorgungslösungen und allen Bewertungsvarianten 15–20% der Emissionen reduziert werden können.

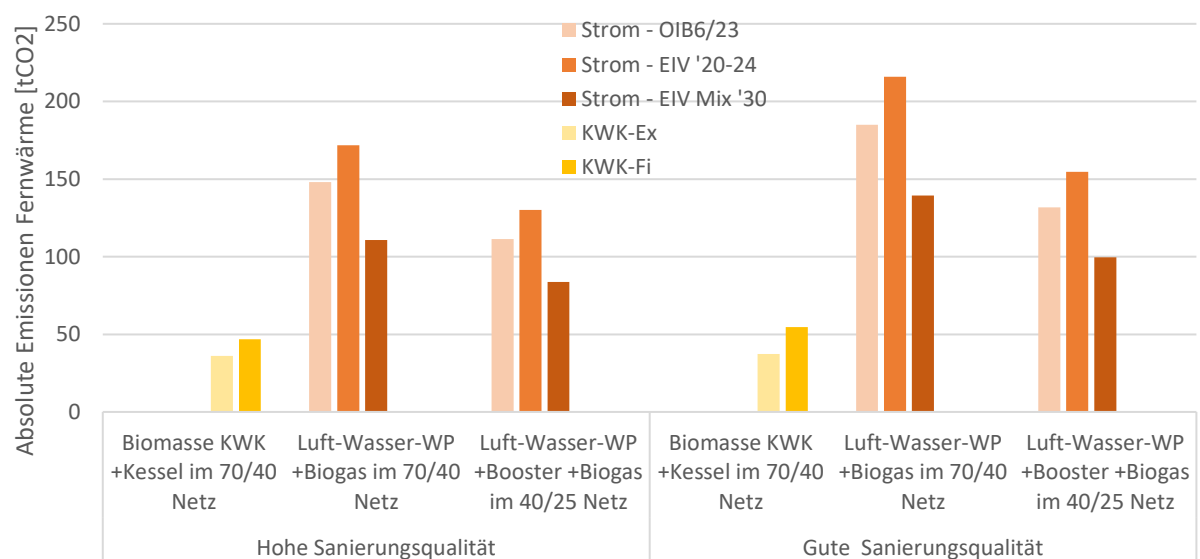


Abbildung 9: Absolute jährliche Emissionen der untersuchten Wärmeversorgungs-lösungen

4 Nicht-monetäre Aspekte

Die Analysen haben gezeigt, dass die Südtiroler Siedlung auch nach einer Sanierung mit hoher energetischer Qualität grundsätzlich wärmenetztauglich ist und die Wärmeversorgungskosten in derselben Bandbreite liegen wie bei einer dezentralen, gebäudeweisen Versorgung mit Wärmepumpen. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die nicht-monetären Aspekte eines Nahwärmenetzes als mögliche Option für die Wärmeversorgung der Südtiroler Siedlung Bludenz dargestellt.

Integration in kommunale Wärmeplanung

Nicht-monetäre Aspekte können insbesondere in einer vorausschauenden kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden und dort positive Effekte entfalten. Grabungs- und Umbauarbeiten, die bei der Umgestaltung der Siedlung ohnehin anfallen (z.B. für Tiefgaragen, Remodellierung von Straßen und Plätzen, Abriss und Neubau), können mit der Verlegung von Wärmeleitungen, der Installation größerer Speicher oder einer eventuell notwendigen Wärme- oder Technikzentrale sowie weiterer zukünftig notwendiger Infrastruktur (z.B. Glasfaser, Stromleitungen für PV-Ausbau, Sonden, Kollektoren, Leerrohre) koordiniert werden. Auf diese Weise lassen sich sowohl Kosten als auch die Anzahl der Eingriffe in der Siedlung deutlich reduzieren.

Nutzbarkeit anderer Wärmequellen und Diversifikation

Die notwendige Sanierung der Gesamtsiedlung ermöglicht die Auslegung eines Wärmenetzes entweder als „warmes Netz“ mit sehr tiefen Temperaturen von etwa 60–70 °C, um weiterhin Brauchwarmwasser direkt beim Kunden bereitstellen zu können, oder als „kaltes Netz“ (40/25°C im Winter und Umschaltung auf 20/25°C im Sommer), das gleichzeitig eine Gebäudekühlung im Sommer ermöglichen würde. Die in beiden Fällen relativ niedrigen Temperaturen führen zu sehr geringen Verteilverlusten und ermöglichen eine gute Integration alternativer Niedertemperaturquellen wie z.B. Solarwärme, Umgebungswärme oder Abwärme. Dadurch kann der Biomasseeinsatz reduziert und Nutzungskonkurrenzen zwischen verschiedenen Wärmequellen können verringert werden.

Systemdienlichkeit von Wärmenetzen

Größere und intelligent gesteuerte Wärmenetze können durch eine Kopplung mit dem Stromnetz (z.B. über KWK und Wärmepumpen) systemdienlich wirken. Sie tragen dazu bei, erneuerbare Winterstromerzeugung durch KWK bereitzustellen und fördern die Integration erneuerbaren Stroms, indem sie Überschussstrom aufnehmen oder kostengünstig in Form von Wärme speichern.

Gesamtsiedlungsbild und Platzbedarf in der Siedlung

Durch eine leitungsgebundene zentrale Wärmeversorgung kann das Siedlungsbild insofern positiv gestaltet werden, dass dezentrale, gebäudeweise Komponenten (z.B. Außeneinheiten der Wärmepumpen, Bohrungen) nicht erforderlich sind. Dadurch entfallen der zusätzliche Flächenbedarf, die Vielzahl von Sondenbohrungen sowie potenziell störende Schallemissionen. Eine eigenständige Versorgung der Siedlung über ein Wärmenetz würde je nach Erzeugungstechnologie einen entsprechenden Platzbedarf für eine Wärmezentrale erfordern, der in einem Planungskonzept berücksichtigt werden muss. Die Integration der Siedlung in ein übergeordnetes Wärmenetz könnte einen solchen Standort in der Siedlung überflüssig machen und damit verbundene Einflussfaktoren erheblich reduzieren.

Platzbedarf der Haustechnik

Das in einem Wärmenetz für die direkte Bereitstellung von Brauchwarmwasser ohnehin notwendige Temperaturniveau kann dazu beitragen, dass kostengünstigere und platzsparende Wärmeübertragungs- und Abgabesysteme installiert werden können. In dezentralen Wärmeversorgungssystemen muss hingegen jedes Gebäude den entsprechenden Platz und die notwendigen Abstände für die Wärmequelle bzw. den Wärmeerzeuger und gegebenenfalls den Wärmespeicher innerhalb oder in unmittelbarer Nähe des Gebäudes vorsehen. Während diese Flächen bei Einfamilienhäusern in der Regel durch das umgebende Grundstück vorhanden sind, gestaltet sich dies im verdichteten Wohnbau zunehmend schwieriger.

Wartungsaufwand und Betriebskosten

Der Wartungsaufwand einer zentralen Wärmeversorgung ist in der Regel einfacher zu bewerkstelligen und spezifisch kostengünstiger als die Wartung dezentraler Einheiten in jedem Gebäude. Zudem weisen die Wärmeübergabestationen einen vernachlässigbaren Wartungsaufwand und nur sehr geringe Wartungskosten auf.

5 Fazit und Empfehlungen

Die durchgeführten Analysen zeigen, dass die Südtiroler-Siedlung in Bludenz nach Sanierung grundsätzlich für ein Nahwärmenetz geeignet ist. Sowohl aus ökonomischer Sicht – mit spezifischen Wärmeverteilungskosten von 3–4 ct/kWh und spezifischen Wärmegestehungskosten von 9–11 ct/kWh – als auch aus ökologischer Sicht – mit deutlich geringeren Emissionen im Vergleich zu fossilen Alternativen – stellt ein Wärmenetz eine zukunftsfähige Option dar.

Zentrale Erkenntnisse:

- Die Sanierungsqualität hat einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtemissionen. Eine ambitionierte Ausführung (Q1) senkt den Wärmebedarf und reduziert die jährlichen Emissionen um 15–20 %.
- Ein Biomasse-KWK-Netz erzielt zwar die geringsten Netto-Emissionen, überschreitet jedoch das verfügbare Biomasse-Budget.
- Wärmepumpenlösungen sind technologisch zukunftssicherer, da sie stärker mit einem erneuerbaren Stromsystem harmonieren. Allerdings entstehen im Winter weiterhin relevante Emissionen.
- Die Wahl zwischen einem „warmen Netz“ (70/40 °C) und einem „kalten Netz“ (40/25 °C) beeinflusst Investitions- und Betriebskosten sowie die Möglichkeit, Kühlung zu integrieren.

Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise:

- **Priorität auf Gebäudesanierung legen** – hohe Sanierungsqualität ist der entscheidende Hebel für niedrige Kosten und Emissionen.
- **Flexibles Wärmenetz aufbauen** – Netze mit niedrigen Temperaturen ermöglichen die Integration verschiedener Quellen (Abwärme, Solarthermie, Umweltwärme) und verringern Abhängigkeiten von Biomasse.
- **Regionale Ressourcenplanung beachten** – Biomasse sollte nur ergänzend eingesetzt werden, um Konkurrenz zu anderen Nutzungen zu vermeiden.
- **Langfristige Integration sichern** – die Anbindung an ein übergeordnetes Wärmenetz kann den Platzbedarf in der Siedlung reduzieren, zusätzliche Flexibilität schaffen und sollte daher angestrebt werden.
- **Kommunale Wärmeplanung nutzen** – Nahwärme sollte in Kombination mit ohnehin anstehenden Sanierungs- und Infrastrukturmaßnahmen geplant werden, um Synergien und Kostenvorteile zu realisieren.

Abbildungen

Abbildung 1: Simulierte Lastprofile der beiden sanierten Mustergebäude, angepasst an eine etwas reduzierte Gebäudehüllqualität	8
Abbildung 2: Betrachtetes Siedlungsgebiet (rot) und Gebiet für mögliche Ersatzneubauten (blau).....	9
Abbildung 3: Betrachtete Gebäude und potentielle Trassenverläufe und Gebäudeanschlussleitungen	11
Abbildung 4: Grafisches Ergebnis der optimalen Trassenführung und Netzauslegung	17
Abbildung 5: Verlauf der Jahresnetzlast (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmeerzeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Biomasse-KWK mit Biomasse Spitzenkessel im 70/40 Netz	19
Abbildung 6: Verlauf der Jahresnetzlast (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmeerzeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Hochtemperatur-Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 70/40 Netz	21
Abbildung 7: Verlauf der Jahresnetzlast (oben) und geordnete Jahresdauerlinie (unten) der Wärmeerzeuger bei hoher Sanierungsqualität und Versorgungsoption Wärmepumpe mit Biogas-Spitzenkessel im 40/25 Netz	23
Abbildung 8: Monatliche Emissionsfaktoren der Wärmenetz-Versorgungsoptionen entsprechend der unterschiedlichen Bewertungsmethodiken	25
Abbildung 9: Absolute jährliche Emissionen der untersuchten Wärmeversorgungs-lösungen	26

Tabellen

Tabelle 1: Wärmebedarfe und Leistungen in den unterschiedlichen Szenarien der Siedlungsentwicklung.....	9
Tabelle 2: Parameter und Kosten zur Netzdimensionierung.....	12
Tabelle 3: Parameter und Kosten der Versorgungsoptionen	14
Tabelle 4: Ergebnisparameter der Netzauslegung.....	17

Literatur

- [1] R. Büchele, M. Ploss, und T. Roßkopf-Nachbaur, „Ökologische Bewertung leitungsgebundener Wärmeversorgungssysteme mit verschiedenen Erzeugungstechnologien“, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2025.
- [2] M. Ploss, T. Hatt, S. Nußbaumer, J. Müller, und T. Roßkopf-Nachbaur, „SüdSan Zwischenbericht März 2025“, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn. Verfügbar unter: https://www.energieinstitut.at/media/suedsan_zwischenstand-maerz-2025.pdf
- [3] F. Wörl, W. Wagner, T. Hatt, und M. Ploss, „SüdSan Monitoring der Mustergebäude nach Sanierung“, AEE INTEC - Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf.
- [4] „THERMOS: Tool Access“. Verfügbar unter: <https://www.thermos-project.eu/thermos-tool/tool-access/>. [Zugegriffen: 12. September 2025]
- [5] „OpenStreetMap Foundation“. Verfügbar unter: https://osmfoundation.org/wiki/Main_Page. [Zugegriffen: 12. September 2025]
- [6] Österreichisches Institut für Bautechnik, „OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz“, Österreichisches Institut für Bautechnik, Richtlinie OIB-330.6-036/23, Mai 2023. Verfügbar unter: https://www.oib.or.at/wp-content/uploads/richtlinien/richtlinie_2023/oib-rl_6_ausgabe_mai_2023.pdf. [Zugegriffen: 12. März 2025]
- [7] D. Fritz *u. a.*, „Harmonisierte österreichische THG-Emissionsfaktoren relevanter Energieträger“, Umweltbundesamt, Wien, Report REP-0948, 2025. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0948.pdf>. [Zugegriffen: 3. Juli 2025]