



DIPLOMARBEIT

Herr

Ing. Günter Josef Rangger

**CO₂ neutrale Beheizung von
Wohn- Gebäuden**

Mittweida, 2023

Fakultät Ingenieurwissenschaften,
Studiengang Maschinenbau- Gebäudetechnik

DIPLOMARBEIT

CO₂ neutrale Beheizung von Wohn- Gebäuden

Autor:
Herr Ing. Günter Josef Rangger

Studiengang:
Maschinenbau (DI (FH))

Seminargruppe:
KM17wGEA

Erstprüfer:
Prof. Dr. Jörg Mehlis

Zweitprüfer:
Prof. Dr. Jan Schaaf

Einreichung:
Mittweida, 20.09.2023

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2023

Bibliografische Angaben:



Ing. Günter Josef Rangger, Mtknr.: 53125

Diplomarbeit: CO₂ neutrale Beheizung von Wohn- Gebäuden

Hochschule: Hochschule Mittweida,

Studiengang: Maschinenbau- Gebäudetechnik

Abschlussart: Diplom-Ing. (FH),

Fakultät: Ingenieurwissenschaften,

Seminargruppe: KM17wGEA,

2023

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der CO₂ neutralen Beheizung von Wohn- Gebäuden. Das Hauptziel ist aufzuzeigen, wie Wohn- Gebäude in Zukunft beheizt werden können, ohne CO₂ Ausstoß .In dieser Arbeit wird nicht der CO₂ Ausstoß für die Herstellung der Heizungskomponenten behandelt.

Inhalt

INHALT	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	VIII
TABELLENVERZEICHNIS.....	XI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XII
1 ÜBERSICHT.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	1
1.3 Kapitelübersicht.....	1
2 ENERGIEVERSORGUNG FÜR WOHNGBÄUDE.....	3
2.1.1 Niedertemperatur Zentralen:.....	3
2.1.2 Mitteltemperatur Zentralen:.....	4
2.1.3 Hochtemperatur Zentralen:	4
2.2 Wärmeverteilsystem:.....	4
2.2.1 Rohr Materialien	4
2.2.2 Rohr Dämmung	5
2.2.3 Fernwärmeanschluss.....	5
2.3 Wärmeabgabesystem:	5
2.3.1 Mitteltemperatur	5
2.3.2 Niedertemperatur System:	6
2.4 Trinkwassererwärmung:	8
2.4.1 Zentrale Trinkwassererwärmung	8
2.4.2 Dezentrale Trinkwassererwärmung	8
2.4.2.1 WW-Boiler	9
2.4.2.2 WW- Durchlauferhitzer	9
3 THERMISCHE SANIERUNG VON GEBÄUDEN	11
3.1 Thermische Sanierung.....	11

Inhalt	V
3.1.1 Sanierung Fenster und Türen	13
3.1.2 Dämmen der letzten Geschossdecke	13
3.1.3 Dämmen des Daches	13
3.1.4 Dämmen der Außenwände	14
3.1.5 Dämmen der Kellerdecke	14
3.2 Sanierung der Heizungs- Anlage.....	14
3.2.1 Sanierung Wärmeerzeugung.....	14
3.2.2 Sanierung Wärmeabgabe System:	16
3.2.3 Sanierung Trinkwassererwärmung:.....	16
4 EINSETZBARE HEIZSYSTEME	18
4.1 Wärmepumpen.....	18
4.1.1 Kältemittel.....	20
4.1.1.1 Synthetische Kältemittel.....	21
4.1.1.2 Natürliche Kältemittel	22
4.1.2 Der COP- und JAZ- Wert	23
4.1.2.1 COP - Wert	23
4.1.2.2 SCOP-Wert.....	23
4.1.2.3 JAZ- Wert	23
4.2 Biomasse Heizungen	23
4.2.1 Scheitholzanlagen	24
4.2.2 Hackschnitzelanlagen	24
4.2.3 Pellets Anlagen	26
4.3 Fernwärme	27
4.3.1 COP-Wert für Niedertemperatur	28
4.3.2 COP- Wert bei Mitteltemperatur	28
4.3.3 COP-Wert bei Hochtemperatur.....	28
4.4 Kraft- Wärme- Kopplung (KWK)	29
4.5 Wasserstoffkessel	30
4.6 Netzgekoppelte Photovoltaik- Anlagen (PV- Anlagen)	30
4.6.1 Auslegung einer PV- Anlage	31
4.6.2 Funktionsweise :.....	31
4.6.3 Arten von Solarzelle	32
4.6.4 Solarmodule	32
4.6.5 PV-Komponenten	32
5 AUSGEFÜHRTE ANLAGEN	33

5.1	Altbau mit 8 Wohneinheiten (Wien)	33
5.1.1	Voraussetzungen, Anforderungen	34
5.1.1.1	Vorgaben vom Bauherrn:	34
5.1.1.2	Vorgaben vom Planer:	34
5.1.2	Planung Heizsystem	34
5.1.3	Heizungsanlage	34
5.1.4	Warmwasserbereitung (Trinkwassererwärmung)	36
5.1.4.1	Berechnung des Energiebedarfs:.....	37
5.1.5	Komfort Wohnraumlüftung	38
5.1.5.1	Auslegung der KWL.....	39
5.1.6	PV- Anlage:	39
5.1.6.1	Berechnung der PV- Anlage	39
5.1.6.1.1	Angaben:	39
5.1.6.1.2	Berechnung PV-Wirkungsgrad der Gesamtanlage:	40
5.1.6.1.3	Berechnung der benötigten PV-Fläche:	40
5.1.6.1.4	Berechnung des PV- Modul Wirkungsgrades:.....	40
5.1.6.1.5	Anzahl der Module:.....	40
5.1.6.1.6	Berechnung Kurzschluss Strom:	41
5.1.7	PV- Komponenten	41
5.1.7.1	PV- Modul:.....	42
5.1.7.2	Wechselrichter:	43
5.2	Altbau mit 6 Wohneinheiten (Tirol)	44
5.2.1	Planung Heizsystem:	44
5.2.1.1	Auswertung der Vergleichskosten:.....	45
5.2.1.2	Auswahl des Heizungssystems:	46
5.2.2	Heizungsanlage Wärmepumpe	46
5.2.3	Wärmeverteilung:	49
5.2.4	Warmwasserbereitung dezentral:.....	50
5.2.4.1	Energiebedarf für einen 4 Personenhaushalt mit Einzelboiler:.....	50
5.2.4.2	Energiebedarf für einen 4 Personenhaushalt mit zentralem Boiler:.....	51
5.2.5	Komfort Wohnraumlüftung (KWL).....	52
5.2.5.1	Wandaufbau im historischen Gebäude	53
5.2.5.2	Abluftanlage	53
5.2.5.3	Komfort- Wohnraum- Lüftungsanlage (KWL).....	54
5.2.6	PV-Anlage	54
5.2.6.1	Berechnung der PV- Anlage	55
5.2.6.1.1	Angaben:	55
5.2.6.1.2	Berechnung PV- Wirkungsgrad Gesamtanlage:	55
5.2.6.1.3	Berechnung der gesamten PV- Fläche:	56
5.2.6.1.4	Berechnung PV- Modul Wirkungsgrad:.....	56
5.2.6.1.5	Anzahl der Module:.....	56
5.2.6.1.6	Modulanordnung	57

5.2.6.1.7	Berechnung Kurzschluss Strom:	57
5.2.6.1.8	Modul- Verschaltung:	59
5.2.7	PV-Komponenten	60
5.2.7.1	Steckverbinder:	61
5.2.7.2	PV-Modul:	61
5.2.7.3	Wechselrichter:	62
6	ZUSAMMENFASSUNG	63
6.1	Thermische Gebäude Sanierung	63
6.2	Heizungstechnische Sanierung	64
6.3	Warmwassertechnische Sanierung	65
	LITERATUR	67
	LITERATURVERZEICHNIS	68
	ANLAGEN	71
	ANLAGEN, TEIL 1, WH WIEN BERECHNUNGEN	72
	ANLAGEN, TEIL 2, WA TIROL BERECHNUNGEN	76
	ANLAGEN, TEIL 3, WH WIEN, DATENBLÄTTER	80
	ANLAGEN, TEIL 4, WA TIROL, DATENBLÄTTER	83
	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	84

Abbildungsverzeichnis

Abbild 1: Flächen Heizkörper	Abbild 2: Glieder Heizkörper.....	6
Abbild 3:Niedertemperatur Heizkörper	Abbild 4: Symbolbild Fußbodenheizung	6
Abbild 5: Deckenheizung		7
Abbild 6: Wandheizung		7
Abbild 7: Zentraler Ladespeicher für Trinkwasser		8
Abbild 8: Einzelboiler 120 Liter.....		9
Abbild 9: Durchlauferhitzer 27 KW		9
Abbild 10: Gebäude unsaniert.....		12
Abbild 11:Wärmeverluste eines Gebäudes		12
Abbild 12: Heizkurvenschar		15
Abbild 13: Monoblock Wärmepumpe.....		19
Abbild 14: Split- Wärmepumpe.....		20
Abbild 15: Scheitholzkessel (Schnitt)		24
Abbild 16: Hackgutkessel (Schnitt).....		25
Abbild 17: Pelletkessel mit Tagesbehälter(Schnitt).....		26
Abbild 18: Fernwärmeleitung im Erdreich verlegt		27
Abbild 19: Kraftwerk Donaustadt Wien.....		29
Abbild 20: Schnitt durch Brennstoffzellenheizgerät		30
Abbild 21: Heiz-Kühl- Hand-Schema für Loft im Dachgeschoss		35
Abbild 22: Teilansicht vom Dach, mit Wärmepumpen		36

Abbildungsverzeichnis	IX
Abbild 23: Schnittbild Inneneinheit	38
Abbild 24: Solarmodul Power Plus Full Black 400 W	42
Abbild 25: Wechselrichter	43
Abbild 26: WP Ausseneinheit Abbild 27: WP Inneneinheit	47
Abbild 28: Schema Heizzentrale mit 2 WP in Kaskade	48
Abbild 29: Durchschnittliche Temperaturen in Landeck	49
Abbild 30: Einzelboiler für eine dezentrale WW- Bereitung	50
Abbild 31: Schema Entlüftung mit Einzelraumlüfter	54
Abbild 32: Anordnung der PV- Anlage am Dach	57
Abbild 33: Kurzschluss Strom	59
Abbild 34: Prinzipdarstellung mit Wechselrichter Sicherung und Einspeisezähler	59
Abbild 35: Aufbau einer PV-Anlage (optional mit Speicher)	60
Abbild 36: Steckverbindungen für 4-6 mm ²	61
Abbild 37: PV- Solarmodul Power Plus Full Black 400 W	61
Abbild 38: Datenblatt PV Solarmodul	62
Abbild 39: Hybrid Wechselrichter 10KW, 400 V	62
Abbild 40: Datenblatt für Wechselrichter 10 KW	62
Abbild 41: Einfaches Flussdiagramm Sanierung eines Wohnhauses	63
Abbild 42: Einfaches Flussdiagramm für Heizungssanierung	64
Abbild 43: Heizkostenvergleich für Penthaus- Wohnung in Wien Seite 1	73
Abbild 44: Heizkostenvergleich für Penthaus- Wohnung in Wien Seite 2	74
Abbild 45: PV- Flächenberechnung (WH- Wien)	75
Abbild 46: Heizkostenvergleich für die Wohnanlage in Tirol Seite 1	77

Abbild 47: Heizkostenvergleich für die Wohnanlage in Tirol Seite 2	78
Abbild 48:PV- Modulflächenberechnung (WA- Tirol)	79
Abbild 49: Datenblatt Wechselrichter (Anlage Wien)	80
Abbild 50: Kennlinie und Schaltplan (Anlage Wien).....	81
Abbild 51: PV Solarmodul Power Plus Full Black 400 W	81
Abbild 52: Datenblatt PV Solarmodul	82
Abbild 53: Datenblatt für Wechselrichter Tirol	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel einer Wärmedämmung	13
Tabelle 2: Schrittweise Reduzierung der Ausgangsmengen.....	21
Tabelle 3: Übersicht der Kältemittel.....	22
Tabelle 4: Berechnung Luftmenge.....	39

Abkürzungsverzeichnis

A

AC **Alternating Current = Wechselstrom**

AT **Außentemperatur**

C

COP **Coeffizient of Performance (Leistungszahl)**

D

DC **Direct Current = Gleichstrom**

E

EVU **Energie- Versorgungs- Unternehmen**

F

FBH **Fußbodenheizung**

FCKW **Fluorkohlenwasserstoff**

G

GWP- Wert **Global Warming Potential bei Kältemitteln¹**

H

HK **Heizkörper**

J

JAZ **Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe**

K

KWK **Kraft-Wärme Kopplung**

KWL **Komfort- Wohnraum- Lüftungsanlage**

¹ https://www.google.com/search?q=gwp+wert&rlz=1C1LRNT_deAT939AT939&oq=gwpWert&gs_lcrp=EgZ-jaHJvbWUqCQgBEAAAYDRiABDIGCAAQRRg5MgkIARAAGA0YgAQyCQgCEAAAYDRiABDIJCAMQABgNGIAEMgkIB-BAAGA0YgAQyCQgFEAAAYDRiABDIJCAYQABgNGIAEMgkIBxAAGA0YgAQyCQgIEAAAYDRiABDIJCAkQABgNGIAE0gE-INTYzOGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

L**LW** **Luft-Wasser****P****PV** **Photovoltaik****S****SCOP** **Seasonal Coefficient of Performance****T****T_A** **Außentemperatur****T_R** **Raumtemperatur****T_V** **Vorlauftemperatur****W****WH** **Wohn- Haus****WA** **Wohn- Anlage****W_V** **Wassertemperatur Vorlauf****WP** **Wärmepumpe****WR** **Wechselrichter****WW** **Warmwasser****Z****ZAMG** **Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik**

1 Übersicht

Im einleitenden Kapitel werden die Motivation und die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit behandelt. Dabei wird ein Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit gegeben.

1.1 Motivation

Zurzeit ist das Thema „Weg von fossilen Brennstoffen, hin zu CO₂ neutralen Heizsystemen“ ein aktuelles Thema. Die Regierungen in ganz Europa diskutieren den Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen. Aus aktuellem Anlass habe ich das Thema „CO₂ neutrale Beheizung von Wohn- Gebäuden“ gewählt.

In dieser Diplomarbeit soll aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten es gibt alte Bestandsgebäude zu sanieren.

1.2 Zielsetzung

Untersucht werden Bestandsgebäude bis 10 Wohnungen im innerstädtischen Bereich. Ein Beispiel soll die Großstadtsituation und ein Beispiel die Kleinstadtsituation darstellen. Das Ziel dieser Arbeit soll die Ausarbeitung eines Planungsleitfadens samt vorgefertigtem Excel Sheets sein. Das Excel Sheet soll für Planer und Installateuren eine Hilfe sein, das richtige System für die zukünftige Energieversorgung des Gebäudes zu bestimmen.

1.3 Kapitelübersicht

Die Diplomarbeit besteht aus 6 Kapitel.

Nach der Einleitung werden im **Kapitel 2** die gängigsten Energieversorgungs- Möglichkeiten für Wohngebäude aufgezählt und näher beschrieben. Diese Grundinformation soll aufbauend als Ausgangssituation für die Bestrebungen der CO₂ neutralen Beheizung der Gebäude sein.

Im **Kapitel 3** werden die Thermischen Sanierungsschritte von Wohngebäuden betrachtet. In der Folge wird die maximale Wärmedämmung für die Gebäude durchleuchtet, wann ist der Punkt erreicht, bei dem ein Gebäude nicht mehr behaglich ist. Es wird die Bauweise der Gebäude betrachtet im Zusammenhang mit dem Energieausweis.

Im **Kapitel 4** werden die möglichen einsetzbaren Heizsysteme und Wärmeabgabe Systeme durchleuchtet, um Gebäude CO₂ neutral zu beheizen. Möglichkeiten der

kombinierten Heiz- und Kühlsysteme. Welche begleitenden Maßnahmen müssen in Bezug auf das Wärmeabgabesystem getroffen werden, um weg von Öl und Gas zu kommen.

Im **Kapitel 5** werden zwei ausgeführte Anlagen vorgestellt, eine Anlage befindet sich in der Großstadt Wien, die andere Anlage in der Kleinstadt Landeck, Tirol.

Im **Kapitel 6** wird eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme gegeben. Ebenso werden Planungs- und Ausführungsempfehlungen gegeben.

2 Energieversorgung für Wohngebäude

Die Energieversorgung für Wohngebäude besteht im Wesentlichen aus 3 Teilen.

- Die Energie- Zentrale, in der die Energie dem Heizungswasser zugeführt wird,
- Dem Energie- Verteilsystem, das die Energie in Form von warmen Wasser im Gebäude verteilt
- Dem Energie- Abgabesystem, das die Wärmeenergie, an den Raum und den darin befindlichen Menschen und Gegenständen abgibt.

Die Energiezentrale für ein Wohngebäude besteht aus der Energieerzeugung bzw. Energiebereitstellung. Grob werden drei Auslegungstemperaturen unterschieden. –

- Niedertemperatur von 30 bis 40°C;
- Mitteltemperatur von 50 bis 60°C, und
- Hochtemperatur zwischen 70 bis 90°C.

Alle diese Auslegungsdaten beziehen sich in unseren Breiten auf eine minimale Norm-Außentemperatur von -16°C.

2.1.1 Niedertemperatur Zentralen:

Zu den Niedertemperatur Wärmerzeuger gehören Wärmepumpen mit den verschiedenen primären Energielieferanten. Eine Wärmepumpe kann ihre Energie

- aus der Luft,
- aus dem Erdreich,
- aus dem Grundwasser,
- aus einer Tiefenbohrung
- aus einem Anergie Netz

beziehen. Moderne Wärmepumpen haben einen SCOP-Wert zwischen 2,5 und 5, je nachdem woher sie ihre primäre Umwelt- Energie bezieht. Im innerstädtischen Bereich kommt in der Regel eine Luft-Wasser Wärmepumpe oder eine Wasser-Wasser Wärmepumpe zum Einsatz. Da es im Stadtbereich in der Regel keine Möglichkeit gibt für ein bestehendes Gebäude eine Tiefenbohrung oder einen Flächenkollektor anzulegen, werden Sole-Wasser Wärmepumpen in dieser Arbeit nicht betrachtet.

2.1.2 Mitteltemperatur Zentralen:

Zu den Mitteltemperatur Wärmeerzeuger gehören alle Heizkessel, die mit fossilen Brennstoffen beheizt werden. Aber auch Heizkessel die mit CO₂ neutralen Brennstoffen beheizt werden. In dieser Arbeit werden ausschließlich CO₂ neutrale Verbrennungen betrachtet. Wie Holz-Stückgut Kessel, Hackschnitzel Kessel, Pellets Kessel. Alle diese Heizkessel sind für Mitteltemperatur geeignet. Diese Heizungsanlagen werden mit einer VL-Temperatur von 70°C betrieben. Wobei diese Vorlauftemperatur für die minimale Außentemperatur von -16°C gilt.

2.1.3 Hochtemperatur Zentralen:

Heizzentralen die in der Vergangenheit mit 90/70°C Vor-Rücklauftemperatur ausgelegt wurden, werden in der Regel aus Erfahrung mit 70/50°C betrieben. Dies kommt daher, dass die Heizlast (früher Wärmebedarfsberechnung) in der Vergangenheit mit vielen Sicherheitszuschlägen versehen war. In der Praxis hat sich erwiesen, dass der Wärmebedarf nicht so hoch war als theoretisch berechnet. Daher sind ältere Heizzentralen meistens überdimensioniert. Es kommt in den seltensten Fällen vor, dass ältere Heizzentralen mit 90°C Vorlauftemperatur betrieben werden. Daher sind bei Sanierungen die bestehenden Heizungsanlagen genau zu überprüfen und eventuell neu zu berechnen, damit ein geeignetes Sanierungsmodell bestimmt werden kann.

2.2 Wärmeverteilsystem:

Die Aufgabe des Wärmeverteilsystems ist, die Wärme von der Heizzentrale zu den Wärmeabgabesystemen zu transportieren. Das Wärmeträgermedium ist in der Regel Wasser, und in seltenen Fällen Wasser mit Frostschutzmittel (Glykol) gemischt. Wasser hat eine spezifische Wärmekapazität von 1,163 Wh/kg K und ist daher das ideale Speichermedium für Wärme.

2.2.1 Rohr Materialien

In der Vergangenheit wurden meistens Stahlrohre, oder Kupferrohre verwendet, ab den 90-er Jahren kamen die Kunststoffrohre und Mehrschichtrohre auf den Markt. Mehrschichtrohre sind Rohre mit einem Aluminiumkern, innen und außen mit einer Kunststoffbeschichtung gegen die Korrosion. Der maximale Temperatur Einsatzbereich für diese Rohre liegt bis 70°C. Die Rohre können kurzfristig bis 90°C belastet werden. Dabei geht jede Temperaturbelastung über 70°C zu Lasten der Lebensdauer der Materialien. Da die Kunststoffrohre und Mehrschichtrohre leichter zu verarbeiten sind, und die modernen Heizungsanlagen im Wohnbereich bei Vorlauftemperaturen von maximal 50°C liegen werden heute vermehrt diese Materialien eingesetzt.

2.2.2 Rohr Dämmung

Damit die Wärme von der Heizzentrale zum Wärmeabgabesystem möglichst ohne Wärmeverlust befördert wird, werden die Rohrleitungen wärmegeämmt. Die Dämmung der Rohrleitungen ist in der ÖNORM H5155 2013 geregelt.

2.2.3 Fernwärmeanschluss

Bei Fernwärmeversorgung ist zu prüfen, ob die modernen Materialien einsetzbar sind, da viele Fernwärmeversorger bis zu 130°C Vorlauftemperatur liefern. In solchen Fällen sind Sicherheits- Vorkehrungen zu treffen, damit die Fernwärmetemperatur nicht bis zum Verteilsystem im Gebäude durchschlagen kann. Für die Wärmeabgabe ist eine Regelung einzubauen, damit die Vorlauftemperatur gleitend mit der Außentemperatur geregelt werden kann. Zusätzlich ist ein Sicherheits- Thermostat (max. 70°C) einzubauen, der bei Überschreitung der eingestellten maximalen Temperatur die Pumpen abschaltet, und ein akustisches Warnsignal frei gibt.

2.3 Wärmeabgabesystem:

Als Wärmeabgabesystem bezeichnet der Fachmann eine Einrichtung oder Anordnung von Komponenten die Wärme in den Räumen abgeben. Das sind für Wohnbauten zum Beispiel Heizkörper, Radiatoren, Konvektoren, oder Flächenheizkörper wie Fußboden-, Wand- oder Decken- Heizung. Die Wärmeabgabe erfolgt durch Strahlung und Konvektion. Auf die einzelnen Formen der Heizkörper Flächen- oder Glieder- Heizkörper wird hier nicht eingegangen.

2.3.1 Mitteltemperatur

Wärmeabgabesysteme im Mitteltemperaturbereich (Vorlauftemperatur 50°C bis 70°C) ist bei der Raumbeheizung am weitesten verbreitet. Ein Wärmeabgabesystem im mittleren Temperaturbereich sind Heizkörper, Konvektoren, Deckenstrahlplatten. Diese Systeme funktionieren auf Konvektion und Abstrahlung. Wobei bei den Heizkörpern und Deckenstrahlplatten die Wärmeabgabe durch Strahlung überwiegt und die Konvektion einen geringen Teil der Wärmeabgabe ausmacht. Bei Konvektoren erfolgt die Wärmeabgabe vermehrt durch Konvektion, und ein geringer Anteil durch Strahlung.

Die Abbilder 1 und 2 zeigen beispielhaft Heizkörper die mit einer Mitteltemperatur zwischen 50°C und 70°C betrieben werden. In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass Heizkörper eher mit einer VL- Temperatur von 50°C bis 60°C betrieben werden, und Konvektoren mit einer VL- Temperatur von 60°C bis 70°C, da die Wärmeabgabeflächen in der Vergangenheit meist überdimensioniert wurden.

Abbildung 1: Flächen Heizkörper²Abbildung 2: Glieder Heizkörper³

2.3.2 Niedertemperatur System:

Wärmeabgabesysteme im Niedertemperaturbereich sind Flächenheizungen in Form von Niedertemperatur Heizkörper, Fußbodenheizung, Decken- und Wandheizung. In der Abbildung 3 ist ein Niedertemperatur Heizkörper abgebildet, der mit 40°C Vorlauftemperatur betrieben werden kann. Dieser Heizkörper wird in der Regel durch einen Ventilator unterstützt. In Abbild 4 ist ein Fußbodenheizungssystem zu sehen, das sehr gut für Sanierungen verwendet werden kann, da der Aufbau gering ist und nur 2,5 cm beträgt.

Abbildung 3: Niedertemperatur Heizkörper⁴Abbildung 4: Symbolbild Fußbodenheizung ⁵

Die Fußbodenheizung kann im Sommer eingeschränkt auch zur Raumkühlung verwendet werden, wobei die Kühlleistung bei max. 25 W/m² liegt.

² Quelle: https://www.vogelundnoot.com/at/produkte/t6_plan.htm

³ Quelle: <https://de.hudsonreed.com/gliederheizkoerper-4-lagig-horizontal-weiss-750mm-x-444mm-1111-watt-stelrad-regal-von-hudson-reed-93321>

⁴ Quelle: https://www.vogelundnoot.com/at/renovierung-waermepumpe-heizkoerper.htm?keyword=design%20heizk%C3%B6rper&creative=646624295710&matchtype=b&gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEi-wAnilcNcbRUy3n32RFwOykIx5hedNh5WG3hPfyLgFF0wprtVP_ZenKfAathoCqFkQAvD_BwE

⁵ Quelle: https://www.actifloor.at/?gclid=Cj0KCQjwrMKmBhCJARIsAHuE-APQ3A618IAsxZfHQ568MFwILs6fduDrgNk6h9D52JsZaaDNKnYa1-4caAg1ZEALw_wcB

Eine bessere Variante ist die Deckenheizung mit einer Kühlleistung von 80 bis 100 W/m² je nach dem verwendeten Deckenmaterial. Die Deckenheizung ist zur Beheizung im Winter und zur Kühlung im Sommer geeignet. In Abbild 5 wird eine Deckenheizung gezeigt, die in eine Gipskartonplatte eingefräst ist.



Abbild 5: Deckenheizung

Eine Variante der Deckenheizung sind Deckenstrahlplatten, welche in der Regel aus Aluminiumplattenelementen mit aufgeklebten Kupferrohren bestehen. Diese werden hauptsächlich in Industriehallen, Verkaufsräumen, Büroflächen, Ausstellungsräumen etc. eingesetzt, und nicht im Wohnungsbau.



Eine andere Variante der Flächenheizung stellt die Wandheizung dar. Die Wandheizung wird in Modulen mit verschiedenen Größen an die Wand geklebt, und im Boden miteinander verbunden. Anschließend werden sie verputzt und gestrichen. Es ist ratsam die wasserführenden Elemente in Wandansichten darzustellen und einzumessen, damit nicht später durch das Aufhängen eines Bildes ein Leck im Rohrsystem entsteht. Sie wird im Wohnbau eingesetzt, und ist auch für den Einbau in Dachschrägen geeignet.

Abbild 6: Wandheizung⁶

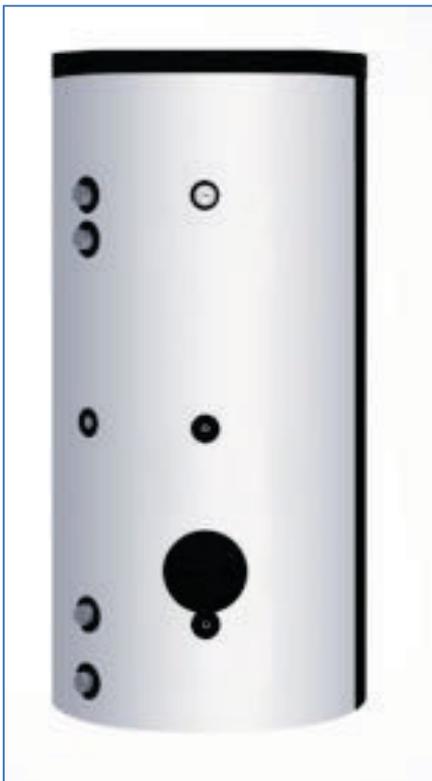
⁶ Quelle: <https://www.variotherm.com/de/produkte/wandheizungkuehlung-trockenbau.html>

2.4 Trinkwassererwärmung:

In den meisten alten Bestandsgebäuden besteht die Trinkwassererwärmung im ländlichen und kleinstädtischen Raum meist zentral. Im Wiener Raum wird das Warmwasser meist dezentral mit Gasthermen aufbereitet. Die Wohnungen in Wien sind vielfach mit kombinierten Gasthermen für die Heizung und das Warmwasser ausgestattet.

2.4.1 Zentrale Trinkwassererwärmung

In den meisten alten Bestandsgebäuden im ländlichen und Kleinstädtischen Bereich besteht die Warmwasserbereitung zentral. Das heißt, der zentrale Boiler steht in der Heiz-



zentrale und wird vom Heizkessel auf 65°C erwärmt. Vom Boiler führt die Warmwasserleitung in die einzelnen Wohnungen und die Zirkulationsleitung führt wieder in den Boiler zurück. Das Warmwasser zirkuliert im Dauerbetrieb durch das ganze Haus. Wobei die Rücklauftemperatur der Zirkulationsleitung vor dem Boiler Eintritt minimal 55°C aufweisen muss. (ÖNORM B5109). Das bedeutet aber, dass die Zirkulationsverluste immer wieder durch das Nachheizen des Boilers gedeckt werden müssen. Unter der Voraussetzung, dass die Warmwasser- und Zirkulationsleitungen normgerecht gedämmt sind, betragen die Zirkulationsverluste etwa 20- 30% der gesamt Warmwassererwärmung gegenüber einer dezentralen Warmwasseraufbereitung. In nebenstehender Abbildung ist beispielhaft ein zentraler Ladespeicher abgebildet.

Abbild 7: Zentraler Ladespeicher für Trinkwasser⁷

2.4.2 Dezentrale Trinkwassererwärmung

Bei der dezentralen Warmwasserbereitung befinden sich die Boiler in der Wohnung. Bei diesem System wird nur die Kaltwasserleitung in die Wohnungen geführt. Ein zweites

⁷ Quelle: <https://www.austria-email.at/produkte/indirekt-beheizte-speicher/>

System für dezentrale WW- Bereitung sind elektrische Durchlauferhitzer und Gasthermen als Durchlauferhitzer.

2.4.2.1 WW-Boiler

Das Abbild 8 ist ein Symbolbild für einen WW-Boiler. Ein WW- Boiler hat einen Anschlusswert von 2,0 KW. Damit kann er mit Lichtstrom betrieben werden. Der WW- Boiler speichert den Tagesbedarf an Warmwasser, und hat daher einen geringeren Anschlusswert. Früher wurden die Boiler als drucklose WW Boiler ausgeführt, heute werden nur mehr druckbehaltene Boiler verwendet, mit einem Sicherheitsventil bei Überdruck.



Vorteile der dezentralen Trinkwassererwärmung mit Boiler:

- ❖ Kurze WW- Leitungen geringe Leitungsverluste
- ❖ Keine Zirkulationsverluste
- ❖ Kurze Aufheizzeiten
- ❖ Weniger Wasserverbrauch
- ❖ Geringer Anschlusswert elektrisch

Nachteile der dezentralen WW-Bereitung:

- ❖ Platzbedarf für den Boiler in der Wohnung
- ❖ Speicherverluste

Abbild 8: Einzelboiler 120 Liter⁸

2.4.2.2 WW- Durchlauferhitzer



Die Abbildung 9 zeigt ein Symbolbild für einen WW- Durchlauferhitzer. Der Durchlauferhitzer benötigt zum Duschen ca. 27 KW an elektrischer Energie. Beim Durchlauferhitzer wird das Warmwasser beim Durchlaufen der Heizschlangen unter einem Durchlauf erwärmt. Es wird kein Warmwasser gespeichert. Daher der große Anschlusswert. Diese Art der Warmwasserbereitung setzt einen hohen elektrischen Anschlusswert voraus.

Abbild 9: Durchlauferhitzer 27 KW⁹

⁸ Quelle: https://www.hausfabrik.at/austria-email-ae-komfortspeicher-ehk-s-120-u-120-liter-6-stunden-2-00kw-a13737-6-de_AT.html

⁹ Quelle: https://www.megabad.com/hersteller-stiebel-eltron-durchlauferhitzer-vollelektronischer-dhe-a-333406.htm?ref=FrgArt_333406_333406&ll=at&gclid=Cj0KCQjw2qKmBhCfARIsAFy8buJakSohpsyk-fas2xldpacxLAKc5TDjI0-Pf_w575-uT_6ZxVa9-TAYaAjhnEALw_wcB

Vorteile der dezentralen WW- Bereitung mit Durchlauferhitzer:

- ❖ Kurze WW-Leitungen geringe Leitungsverluste
- ❖ Keine Zirkulationsverluste
- ❖ Kurze Aufheizzeiten
- ❖ Weniger Wasserverbrauch
- ❖ Weniger Platzbedarf gegenüber Boilern, da kleinere Geräte
- ❖ Keine Speicherverluste

Nachteile der dezentralen WW-Bereitung:

- ❖ Platzbedarf für den Durchlauferhitzer in der Wohnung
- ❖ Hohe Anschlusswerte für Durchlauferhitzer, Drehstrom Anschluss 400 V,
- ❖

3 Thermische Sanierung von Gebäuden

Bestehende Gebäude können in der Regel sehr gut thermisch saniert werden. Es gibt die verschiedensten Materialien zur Dämmung eines Gebäudes. Nach Möglichkeit sollten natürliche brandbeständige Materialien verwendet werden. (z.B. Rockwool, Telwoll-Matten aus Glas oder Steinwolle). Es gibt eine Reihe von Dämmmaterialien, wobei hier auszugweise die gängigsten Dämmmaterialien angeführt sind:

- Bläh Perlite
- Glaswolle
- Kork
- Mineralschaumplatte
- Polystyrol (EPS = expandiertes Polystyrol)
- PUR Hartschaum
- Schaumglas
- Steinwolle
- XPS (Extrudierter Polystyrol Hartschaum)
- Zellulose

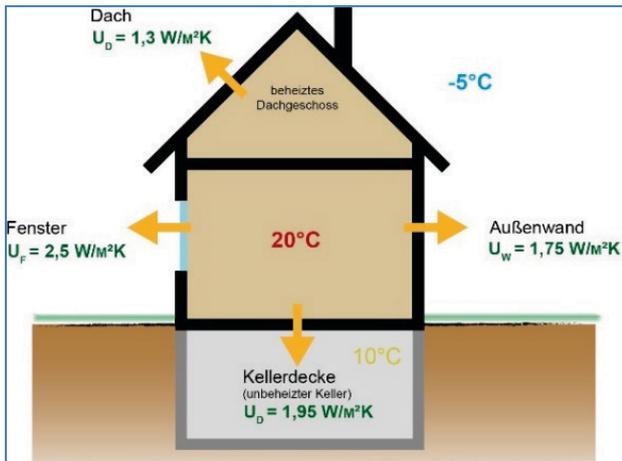
Die Dämmstärken richten sich in der Regel nach den lokalen Bauvorschriften. Wobei die in den Bauvorschriften vorgegebenen Dämmstärken, die Mindestdämmstärken definiert. Jeder Bauherr kann mehr Dämmung an seinem Gebäude anbringen. Die Dämmdicke ist mit dem Energieausweis zu überprüfen. Es ist darauf zu achten, dass bei sehr hoher Dämmung des Gebäudes eine „Komfort Wohnraum Lüftungsanlage“ zusätzlich zur Be- und Entlüftung des Gebäudes einzubauen ist. Mit einer KWL- Anlage kann der Luftaustausch eines Gebäudes gezielt durchgeführt werden. Dabei erwärmt die Fortluft die Außenluft durch einen Wärmetauscher im Gerät. Eine Nacherwärmung der Zuluft ist in der Regel nicht erforderlich. Damit kann die Heizlast eines Gebäudes noch einmal reduziert werden. Der Nachteil einer KWL- Anlage ist der erhöhte Wartungsaufwand, in Form von Filtertausch und Gerätereparaturen.

In der Regel können auch denkmalgeschützte Gebäude thermisch saniert werden, ausgenommen ist in den meisten Fällen die Fassade. Hier ist jeder einzelne Fall gesondert zu prüfen.

3.1 Thermische Sanierung

Durch die thermischen Sanierungsmaßnahmen wird die Heizlast der Gebäude gesenkt. In der Folge kann auch die Heizung mit einer niederen Temperatur betrieben werden, das heißt, aus einer Mitteltemperaturheizung wird eine Niedertemperaturheizung.

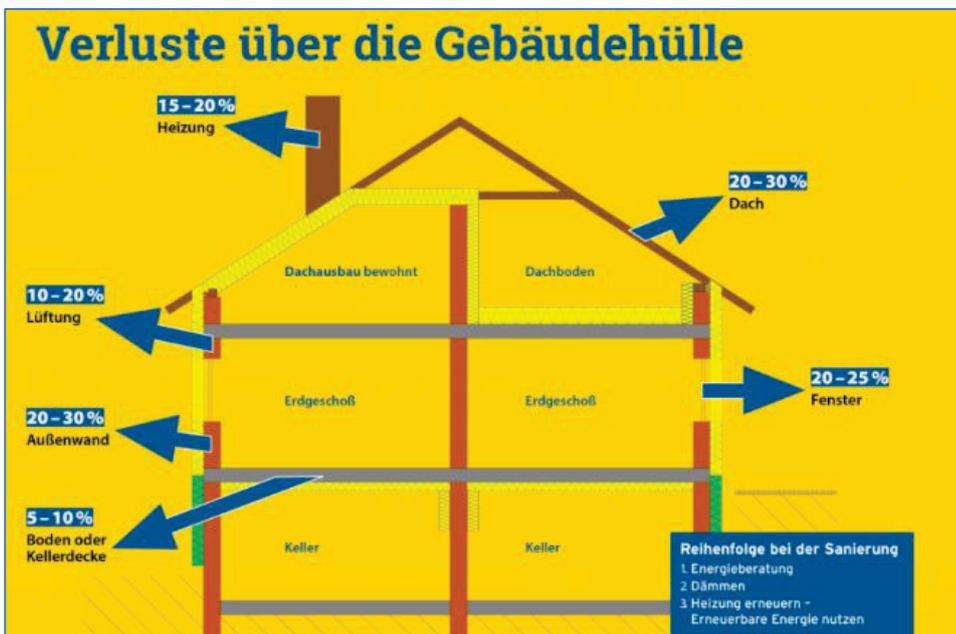
Folgende Maßnahmen für die thermische Sanierung können getroffen werden:



- ❖ Austausch der Fenster und Türen
- ❖ Dämmen der letzten Geschossdecke oder das Dach
- ❖ Dämmen der Kellergeschossdecke
- ❖ Dämmen der Außenwände

Abbild 10: Gebäude unsaniert¹⁰

In der Abbildung 11 ist ersichtlich, wie die Wärme beim Gebäude entweicht. Über die Außenwände und Fenster, bzw. Fensterundichtigkeiten entweicht ca. 40% bis 55% der Wärme des Gebäudes. Über das Dach und den Boden entweichen etwa 25% bis 40% der Wärme. Über eine Verbrennungsheizung ca. 15% bis 20%, je nach Effektivität der Heizungsanlage. Die Werte stellen Erfahrungswerte dar. Im Sanierungsfall ist jedes Gebäude eigens zu betrachten.

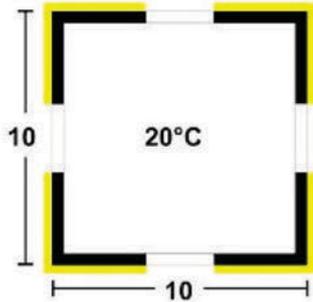


Abbild 11: Wärmeverluste eines Gebäudes¹¹

¹⁰ Quelle: <https://www.ztkuk.at/daemmen-wirkt/>

¹¹ Quelle: <https://www.energie-noe.at/infografik-waermeverlust-haus>

Fallbeispiel - Grundfläche 10x10 m



Gesamtfläche [m ²]		unsaniert		saniert	
		U-Wert W/m ² K	Wärmeverlust kWh/a	U-Wert W/m ² K	Wärmeverlust kWh/a
Außenwand	297,5	1,75	52 062,5	0,17	5 057,5
Dach	141,42	1,3	18 384,6	0,17	2 404,14
Kellerdecke	100	1,95	13 650	0,25	1 750
Fenster	52,5	2,5	13 125	0,9	4 725
Summe:			97 222,1		13 936,64

Verlust je Bauteil und Jahr in kWh

Tabelle 1: Beispiel einer Wärmedämmung¹²

3.1.1 Sanierung Fenster und Türen

Durch den Tausch der Fenster und Balkontüren kann am meisten Energie im Verhältnis zur Fläche der Fensterflächen eingespart werden. Der U-Wert von alten Fenstern und Türen beträgt etwa 2,5 bis 3,5 W/m²K, der von modernen Fenstern 0,9 bis 0,7 W/m²K. Zusätzlich werden die Fenster dichter, was regelmäßiges Stoßlüften voraussetzt.

3.1.2 Dämmen der letzten Geschossdecke

Wenn ein Dachboden vorhanden ist, ist das Dämmen der letzten Geschossdecke relativ einfach. Am Markt gibt es fertige Dämmsysteme aus EPS bzw. gepresster Steinwolle mit Gipsfaserdeckplatte, die am Boden auszulegen sind und danach sofort begehbar.

Ist der Dachboden nicht begehbar, kann Rockwool als Rollenmaterial verwendet werden.

3.1.3 Dämmen des Daches

Soll das Dach gedämmt werden kann in der Regel meist zwischen den Sparren gedämmt werden. Es ist in jedem Fall notwendig eine Dampfsperre einzubauen. Bei Innendämmung ist besonders darauf zu achten, dass keine Kondensation in der Dämmung entsteht. Es darf kein Wasserdampf durch die Dampfsperre diffundieren.

Wenn eine Außendämmung am Dach möglich ist, dann ist es vorzuziehen von außen zu dämmen. Der Nachteil ist, dass das Gebäude höher wird, was unter Umständen ein Bauansuchen notwendig macht.

¹² Quelle: <https://www.ztkuk.at/daemmen-wirkt/>

3.1.4 Dämmen der Außenwände

Das Dämmen der Außenwände ist nach Stand der Technik mit diffusions-offenen Materialien herzustellen. Am besten eignen sich Dämmungen mit Steinwolle. Der Nachteil ist der Preis. Allgemein werden Dämmplatten aus Kunststoff Isolierstoffen (EPS- expandiertes Polystyrol, PUR Hartschaum, XPS- extrudierter Polystyrol Hartschaum) verwendet.

3.1.5 Dämmen der Kellerdecke

Für die Dämmung der Kellerdecke soll in der Regel brandbeständiges Material verwendet werden. Die Dämmplatten werden mittels Kleber und Schrauben an der Kellerdecke befestigt.

3.2 Sanierung der Heizungs- Anlage

Als Voraussetzung für die Heizungssanierung ist die thermische Sanierung des Gebäudes. Durch die thermische Sanierung wird der Wärmeverlust des Gebäudes gesenkt, und damit auch die Auslegungstemperatur der Heizungsanlage niedriger. Waren es vorher 60°C dann sind es nach der thermischen Sanierung des Gebäudes meist um die 40°C. Dadurch ist es möglich Niedertemperatursysteme einzubauen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ohne vorher die Gebäudehülle zu sanieren ist nicht zielführend, und wird nicht empfohlen.

3.2.1 Sanierung Wärmeerzeugung

Wenn die Gebäudehülle saniert ist, kann die Wärmeerzeugung saniert werden. In der Regel sind in Österreich Öl- bzw. Gaskessel als Wärmeerzeuger eingebaut. Durch das Dämmen des Gebäudes wird das ganze Heizsystem vom Temperaturniveau tiefer, sodass geprüft werden kann, ob eine Wärmepumpe einsetzbar ist.

Damit eine Wärmepumpe gefördert wird, gibt es gesetzlichen Vorgaben. Für den Einbau einer Wärmepumpe sind 40°C Vorlauftemperatur bei -16°C Außentemperatur gefordert.

Auf jeden Fall sind die bestehenden Heizkörper mit der verminderten Vorlauftemperatur von 40°C auf ihre Leistung hin zu überprüfen.

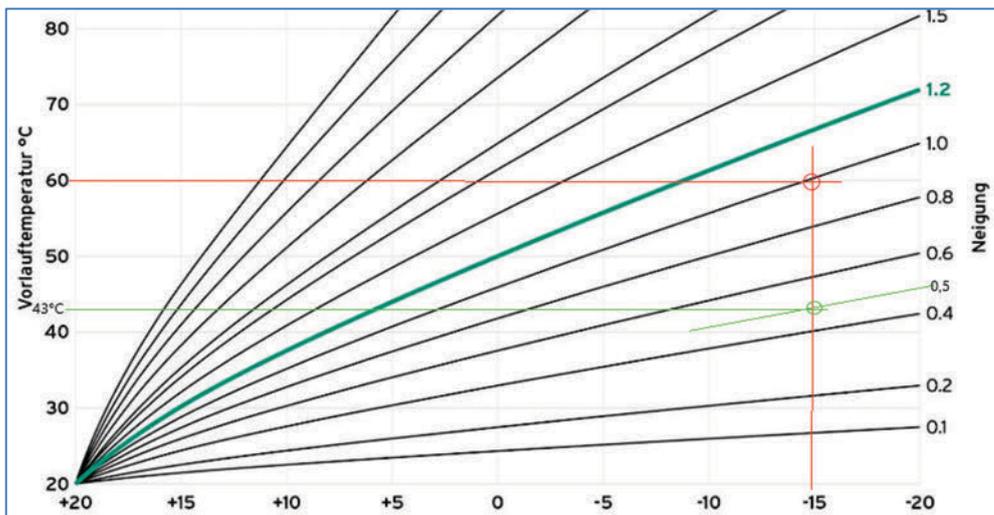


Abbildung 12: Heizkurvenschar¹³

Die Neigung der Heizkurve kann berechnet werden, mit der Formel:

$$\text{Neigung } n = \frac{T_V - T_R}{T_R - T_A}; \quad \text{berechnet.}$$

Bei einer Vorlauftemperatur von 60°C und einer Raumtemperatur von 22°C beträgt die Neigung der Heizkurve 1,00.

$$\text{Neigung } n = \frac{T_V - T_R}{T_R - T_A} = \frac{60^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}}{22^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C})} = \frac{38^\circ\text{C}}{37^\circ\text{C}} \cong 1,00:$$

Nach der Dämmung des Gebäudes und Überprüfung der Heizkörper, ob bei einer Vorlauftemperatur von ca. 40°C der Heizwärmebedarf der Räume gedeckt werden kann ergibt sich eine neue Heizkurve.

$$\text{Neigung } n = \frac{T_V - T_R}{T_R - T_A} = \frac{40^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}}{22^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C})} = \frac{18^\circ\text{C}}{37^\circ\text{C}} = 0,49 \cong 0,50:$$

Wie in Abbild 12 ersichtlich steuert die Wärmepumpe die Vorlauftemperatur entlang der Heizkurve mit einer von Neigung 0,5. Die Heizkurve mit der Neigung 0,5 liegt zwischen 0,4 und 0,6. Das bedeutet bei einer Außentemperatur von 0°C beträgt die Vorlauftemperatur 35 °C. Die maximale Vorlauftemperatur liegt bei einer Außentemperatur von -15°C bei ca. 43°C.

In diesem Fall kann die Wärmepumpe als Wärmeerzeuger für die Sanierung eines Wärmeabgabesystems mit Heizkörper eingesetzt werden. Bei extremen Außentemperaturen

¹³ Quelle: <https://www.vaillant.de/21-grad/rat-und-tat/heizkurve/>

von -10°C bis -15°C wird die Wärmepumpe parallel mit einer Elektroheizpatrone unterstützt.

Ergibt die Heizkörper Überprüfung, dass die Heizkörper seinerzeit nicht überdimensioniert wurden, ergäbe sich bei einer Heizkurve von 1,00 bei einer Außentemperatur von 0°C eine Vorlauftemperatur von ca. 47°C . Das wäre zu hoch und für die Wärmepumpe zu unwirtschaftlich und nicht förderbar. In diesem Fall ist eventuell ein Biomasse Kessel zu überlegen.

3.2.2 Sanierung Wärmeabgabe System:

In der Regel sind die alten Heizkörper einer Heizungsanlage zu groß dimensioniert. In der Vergangenheit wurden die Heizkörper in den meisten Fällen nach den Fensterlängen ausgelegt. Es ist daher erforderlich vor einer Entscheidung der Wärmeerzeugung, die bestehenden Heizkörper zu erfassen, und zu überprüfen, ob die bestehenden Heizkörper in der Lage sind bei einer niederen Vorlauf Temperatur von 40°C die Räume auf eine Temperatur von 22°C bis 24°C zu beheizen. Fällt diese Prüfung positiv aus, kann der Einbau einer Wärmepumpe in Betracht gezogen werden.

Gibt es keine Möglichkeit, mit den bestehenden Heizkörpern in Kombination mit einer Wärmepumpe, dann ist zu prüfen, ob eventuell die Heizkörper vergrößert werden können. Sollte dies ebenfalls nicht möglich sein, gibt es noch sogenannte Wärmepumpenheizkörper, die mit einem Ventilator unterstützt ihre Wärme abgeben.

Eine Weiter Möglichkeit ist zu prüfen, ob eine Sanierungs- Fußbodenheizung mit einem Aufbau von 2,5 cm in Frage käme, auch kombiniert mit einer Wandheizung zur Spitzenabdeckung.

3.2.3 Sanierung Trinkwassererwärmung:

Es wird empfohlen die Trinkwassererwärmung von der Heizungsanlage zu entkoppeln. Die Entkoppelung wird empfohlen, weil die Wärmepumpe einen wesentlich besseren SCOP- Wert und dadurch eine bessere Jahresarbeitszahl (JAZ) erreicht. Das bedeutet, dass die Wärmepumpe ohne Trinkwassererwärmung wesentlich effizienter arbeitet.

Im Einfamilienhaus Bereich wird empfohlen einen zentralen Boiler mit kurzen Warmwasserleitungen, und ohne Zirkulationspumpe einzubauen. Im Einfamilienhaus wird der Boiler meist im Keller unter dem Bad platziert. Dadurch sind kurze Leitungen gegeben, und eine Zirkulationsleitung kann entfallen. Die Erwärmung des Boilers erfolgt mit einer Wärmepumpe oder mit Sonnenenergie und die Nachheizung bei besonders kalten Außentemperaturen mit einer elektrischen Heizpatrone. Sollte eine PV- Anlage am Dach installiert sein, kann der Solarstrom aus der PV- Anlage eingespeist werden.

In einem bestehenden Mehrfamilienhaus mit einer zentralen Trinkwassererwärmung ist zu überlegen, für die Trinkwassererwärmung eine eigene Wärmepumpe einzubauen. Es gibt Wärmepumpen am Markt, die höhere Temperaturen bis 65°C erzeugen können. Die Nachheizung bei besonders kalten Außentemperaturen erfolgt über eine E-Heizpatrone.

Eine Möglichkeit ergibt sich durch den Einbau eines Biomassekessels wie Hackschnitzel oder Pellets- Heizkessel. In Gebäuden für Wohnzwecke sind Pellets- Kessel vorzuziehen, weil der Wartungs- und Betreuungsaufwand wesentlich geringer ist, wie bei Hackschnitzelanlagen. Als allgemeine Faustregel gilt, dass ab einer Kesselleistung über 300 KW eine Hackschnitzel Anlage sinnvoll einsetzbar ist.

Beim Einbau einer Pellets- Anlage kann im Winter die zentrale WW- Aufbereitung versorgt werden. Da der Kessel in der Regel mit 50°C betrieben wird, und bei Anfall WW-Bereitung eine Vorrangschaltung den Kessel auf eine Temperatur von 70°C aufheizt.

4 Einsetzbare Heizsysteme

Mit der Dämmung des Gebäudes wurden die Voraussetzungen für Niedertemperatur Heizungen geschaffen. Ist eine Dämmung des Gebäudes in manchen Bereichen nicht möglich, sodass vielleicht nur teilweise thermisch saniert werden kann, z.B.: Dämmung des Daches, oder Dämmung der Kellerdecke, wird die Auslegungstemperatur der Heizungsanlage womöglich höher als 40°C. In diesem Fall kann eine Bioheizanlage, KWK oder Wasserstoff Kessel eingesetzt werden.

Welche Heizungssysteme gibt es am Markt!!

1. Ölkessel
2. Gaskessel
3. Scheitholzessel
4. Pelletkessel
5. Hackschnitzelkessel
6. Fernwärme
7. Wärmepumpen
8. KWK- Kraft-Wärme-Kopplung
9. Wasserstoffkessel

Die Öl- und Gaskessel werden mit fossilen Brennstoffen betrieben, und sind für den Ausstoß von CO₂ verantwortlich. Diese Anlagen sollen ersetzt werden durch CO₂ neutrale Anlagen, wie in den Punkten 3 bis 9 aufgezählt.

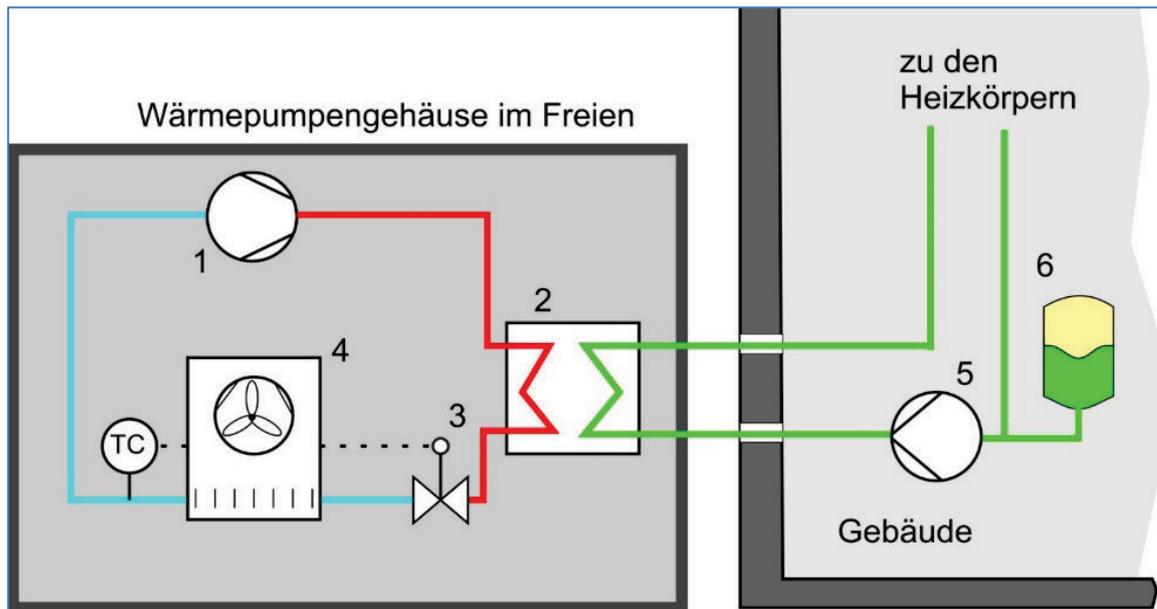
In Zukunft werden Heizungsanlagen im Niedertemperaturbereich betrieben, sodass hauptsächlich Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Ebenso sollen bestehende Anlage so umgebaut werden, dass sie im Niedertemperaturbereich betrieben werden können.

4.1 Wärmepumpen

Wird als Wärmeabgabesystem nun eine Fußbodenheizung, Deckenheizung oder Wandheizung oder Niedertemperaturheizkörper gewählt, kann in jeden Fall eine Wärmepumpe eingebaut werden.

Wärmepumpen beziehen ihre thermische Energie aus der Umwelt oder aus dem Boden in Form von Grundwasser, oder Flächenkollektoren, oder Tiefenbohrungen, durch einen Kreislaufprozess (Carnot) wird das Temperaturniveau so weit angehoben, dass es für eine Niedertemperaturheizung zu verwenden ist.

Hauptsächlich werden für die Sanierung von Altbestand im städtischen Bereich Luft/Wasser Wärmepumpen eingesetzt. Davon gibt es grundsätzlich zwei Arten, die Monoblock WP und Split- WP.



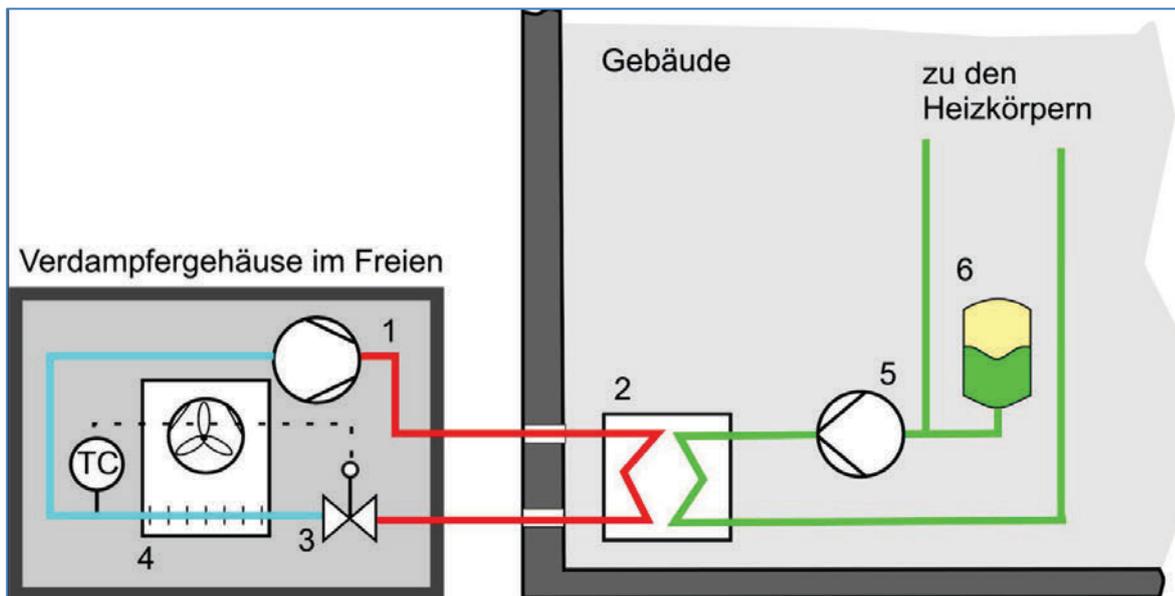
Abbild 13: Monoblock Wärmepumpe¹⁴

Die Abbildung 13 zeigt einen prinzipiellen Aufbau einer Monoblock Wärmepumpe. Hier steht die Wärmepumpe mit Kondensator und Verdampfer im Freien. Im Besonderen ist zu beachten, dass die Wärmepumpe in der Nähe des Gebäudes steht, und die wasserführenden Leitungen mit Frostschutz gefüllt, oder mit einer Begleitheizung vor dem Einfrieren geschützt sind.

Die einzelnen Komponenten sind:

- 1 Kompressor
- 2 Wärmetauscher - Kondensator
- 3 Expansionsventil
- 4 Verdampfer
- 5 Umwälzpumpe
- 6 Ausdehnungsanlage

¹⁴ Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Waermepumpe>



Abbild 14: Split- Wärmepumpe¹⁵

Die Abbildung 14 zeigt eine prinzipielle Anordnung der Split Variante. Hier steht ein Teil der Wärmepumpe, Verdampfer (4) mit Kompressor (1) und Expansionsventil (3) im Freien, das ist die Außeneinheit. Die Inneneinheit besteht aus dem Kondensator (2) und der Heizungspumpe (5). Die Leitungen zwischen Innen- und Außeneinheit sind mit Kältemittel (R134a oder R 407) gefüllt.

4.1.1 Kältemittel¹⁶

Für Wärmepumpen werden heute in der Regel teilfluorierte Kohlenwasserstoffe verwendet. Der große Nachteil dieser Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) wie R22 ist, dass durch undichte Stellen im Leitungssystem, oder im Kompressor diese entweichen können. Das FCKW hat die Eigenschaft, dass es die Ozonschicht unserer Erde vernichtet. Daher wurde im Jahr 2016 durch die Staatengemeinschaft beschlossen, diese Kältemittel schrittweise aus den Anlagen zu entfernen, und durch andere umweltfreundlichere Kältemittel zu ersetzen.

¹⁵ Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Waermepumpe>

¹⁶ Quelle: <https://www.dein-heizungsbauer.de/ratgeber/bauen-sanieren/kaeltemittel-waermepumpe/#c3219>

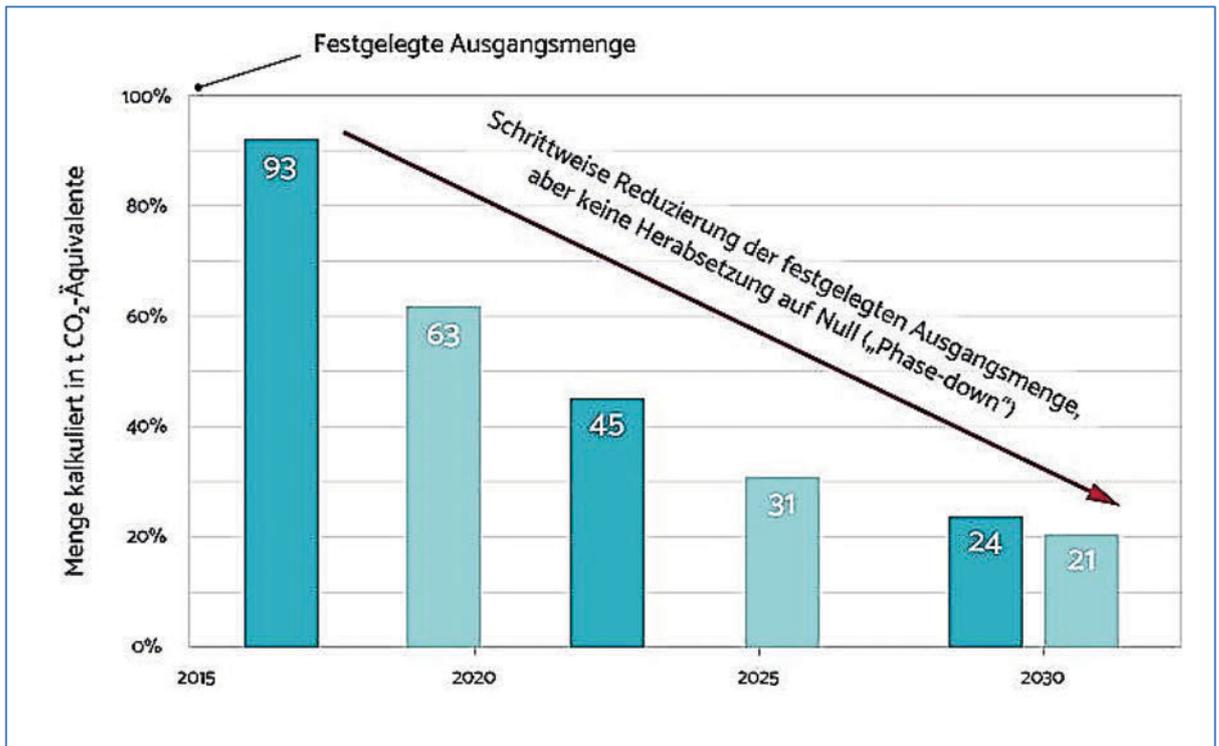


Tabelle 2: Schrittweise Reduzierung der Ausgangsmengen¹⁷

4.1.1.1 Synthetische Kältemittel

Zu den synthetischen Kältemitteln gehören alle Fluorkohlenwasserstoffe wie R134a, R410a, R407a, R32. Sie weisen jedoch unterschiedliches Treibhauspotential auf. (GWP-Wert¹⁸)

In der Tabelle 3 sind alle Kältemittel aufgelistet, die für Wärmepumpen geeignet sind. Die Spalte Sicherheitsgruppe gibt Auskunft über die Gefährlichkeit des Kältemittels, und die Spalte GWP gibt Auskunft über die Treibhausbelastung des Kältemittels.

So ist das Kältemittel R134a weniger für den Treibhauseffekt gefährlich als R410a und R407C. Die Treibhausgase sollen bis 2030 auf ca. 20% des Wertes von 2015 verringert werden. Das natürliche Kältemittel CO₂ (R744) weist einen GWP-Wert von 1 auf.

¹⁷ Quelle: www.umweltbundesamt.de

¹⁸ GWP = Abkürzung von „Global Warming Potential“, = CO₂ Äquivalent

Kategorie	Kältemittel	Sicherheitsgruppe	GWP
FKW/HFKW	R134a	A1	1.430
FKW/HFKW	R410a	A1	2.090
FKW/HFKW	R407C	A1	1.770
FKW/HFKW	R32	A2L*	675
Natürliche Kältemittel	R290 (Propan)	A3	3
Natürliche Kältemittel	R717 (NH ₃)	B2L*	0
Natürliche Kältemittel	R744 (CO ₂)	A1	1
HFO	R1234yf	A2L*	4

**Neue Sicherheitsgruppe gemäß SN EN 378-1:2017*

Tabelle 3: Übersicht der Kältemittel¹⁹

Legende für Sicherheitsgruppe:

- A = Geringe Giftigkeit
- B = Größere Giftigkeit
- 1 = Kleine Flammenausbreitung
- 2 = Geringe Brennbarkeit
- 3 = Größere Brennbarkeit
- L = geringe Brenngeschwindigkeit

Die synthetischen Kältemittel haben in der Regel einen größeren GWP- Wert, der Vorteil ist aber, dass sie nicht brennbar sind.

4.1.1.2 Natürliche Kältemittel

Zu den natürlichen Kältemitteln gehören die R290 (Propan), R717 (Ammoniak NH₃) und R744 (CO₂). Die natürlichen Kältemittel haben den Vorteil, dass sie einen sehr geringen GWP- Wert haben, also kein Treibhausgas. Der große Nachteil ist, dass sie brennbar sind. Außerdem sind Ammoniak und CO₂ Kältemittel für Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden nur bedingt einsetzbar. Experten sind daher der Meinung, dass in Zukunft R290 (Propan) vermehrt zum Einsatz kommen wird, weil der Treibhauseffekt gering ist

¹⁹ Quelle: <https://www.dein-heizungsbauer.de/ratgeber/bauen-sanieren/kaeltemittel-waermepumpe/#c3219>

(GWP= 3) außerdem ermöglicht R290 höhere Vorlauftemperaturen, und ist daher für Sanierungen von bestehenden Heizungsanlagen sehr gut geeignet. Weitere Vorteile sind, es ist kostengünstig, endlos verfügbar, effizient und erprobt.

4.1.2 Der COP- und JAZ- Wert

Um die Effizienz von Wärmepumpen beurteilen zu können, wurden die Begriffe COP- Wert, SCOP- Wert, und JAZ- Wert eingeführt. Grundsätzlich geht es bei allen 3 Werten um das Verhältnis von der durch die Wärmepumpe erzeugten Wärmemenge zur eingesetzten Antriebsenergie (Strom).

4.1.2.1 COP - Wert

Der COP- Wert (Leistungszahl) einer Wärmepumpe steht für die Leistungsfähigkeit einer Wärmepumpe. Gemessen wird der COP-Wert auf dem Prüfstand unter idealen Bedingungen. Der COP- Wert in der Praxis für die Effizienz einer Wärmepumpe nicht sehr aussagekräftig, und wird in der Regel nur für den Vergleich von verschiedenen Herstellern verwendet.

4.1.2.2 SCOP-Wert

Der SCOP- Wert ist ebenfalls ein Wert für die Leistungsfähigkeit einer Wärmepumpe bezogen auf die Außentemperatur (12°C, 7°C, 2°C und -7°C) Der SCOP- Wert ist etwas genauer als der COP- Wert, weil er auf vier unterschiedliche Außentemperaturen bezogen ist. Die Außentemperaturen sind durch die Norm vorgegeben.

4.1.2.3 JAZ- Wert

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) bezieht sich immer auf reale Bedingungen einer Heizungsanlage. Die JAZ gibt das Verhältnis von erzeugter Heizwärme zu eingesetzter Primärenergie wie Strom an. Die JAZ kann immer erst nach einer Heizperiode bzw. nach einem Jahr berechnet werden. Luft Wasserwärmepumpen erreichen eine durchschnittliche JAZ von 2,5 bis 3. Das bedeutet, dass mit 1 kWh Strom ca. 2,5 bis 3 kWh an Heizenergie erzeugt wird.

4.2 Biomasse Heizungen

Biomasse ist CO₂ neutral, weil bei der Verbrennung zwar CO₂ freigesetzt wird, das beim Wachstum der Biomasse gebunden wurde, daher bei der Verbrennung CO₂ neutral ist.

Als Biomasse gelten Holz in jeder Form wie Stückgut, Hackschnitzel, und Pellets. Biogas aus Pflanzen oder der Viehwirtschaft. Wobei im städtischen Bereich Biogas zu vernachlässigen ist. Bei der Biomasse Holz ist zu beachten, dass die Zulieferwege kurz sind.

4.2.1 Scheitholzanlagen

Scheitholzkessel zum Verheizen von Scheitholz wird kurz Holzkesel genannt. Holzkesel werden Holz Scheite bis zu einer Größe von 1 m Länge verheizt. Beim Holzkesel findet kein automatischer Nachschub von Holz Scheiten statt. Diese Art zu heizen ist sehr Wartungsintensiv, und braucht ständige Betreuung durch einen Heizer. Holzkesel sind immer in Verbindung mit einem Pufferspeicher zu betreiben.



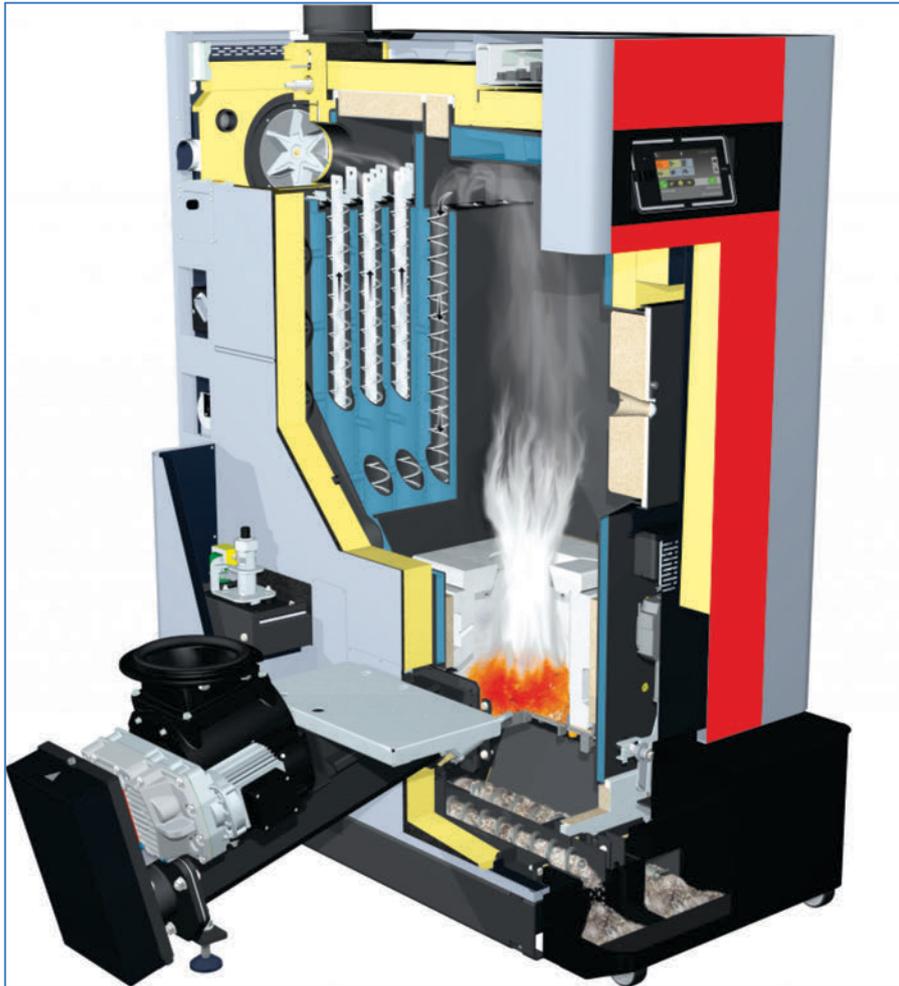
Abbild 15: Scheitholzkessel (Schnitt)²⁰

4.2.2 Hackschnitzelanlagen

Hackschnitzelanlagen werden mit Hackschnitzel in der Größe von 2cm bis 6 cm betrieben. Hackschnitzel fallen in der Holzindustrie als Abfallprodukt an. Die Hackschnitzel haben in der Regel einen Heizwert von 2,5 bis 3,0 kWh/kg. Sie sind billig und leicht zu transportieren. Die Hackschnitzelbunker sind so zu bauen, dass das Hackgut in den Bunker gekippt werden kann. Das Hackgut soll einen Wassergehalt von max. 25% haben, damit eine saubere Verbrennung stattfinden kann. Die Hackschnitzel werden per Förderschnecke aus dem Bunker ausgetragen und in den Hackschnitzelkessel geschoben und dort verbrannt. In der Regel werden Hackschnitzelanlagen mit einen Abgasfilter ausgerüstet.

²⁰ Quelle: <https://www.froeling.com/de-at/produkte/scheitholz/s4-turbo-s4-turbo-f/>

Bei der Verbrennung des Hackgutes entsteht Asche, die regelmäßig entsorgt werden muss. Hackschnitzelanlagen sind immer mit einem Pufferspeicher zu betreiben.



Abbild 16: Hackgutkessel (Schnitt)²¹

Vorteile:

- Geringe Brennstoffkosten
- Abfallprodukt der Industrie
- CO₂ neutral in der Verbrennung
- Investitionsförderung

Nachteile:

- Hohe Investitionskosten
- Hoher Wartungsaufwand
- Lange Lieferwege

²¹ Quelle: <https://www.froeling.com/de-at/produkte/hackgut/t4e/>

- Begrenzte Verfügbarkeit

4.2.3 Pellets Anlagen

Pellets Anlagen werden mit Pellets mit einer Größe von 6 mm Durchmesser und etwa 2-4 cm lang betrieben. Die Pellets weisen einen Wassergehalt von unter 10% auf, und haben einen Heizwert von 5 kWh/ kg. Die Pellets werden in Lagerräumen gelagert, und vom Lieferanten eingeblasen. Vom Lagerraum werden die Pellets mit Saugzug- Gebläse oder mittels Schnecke ausgetragen und dem Verbrennungsteller zugeführt, wo sie idealerweise, rückstandsfrei verbrennen. In der Praxis bleibt Asche übrig, die regelmäßig entsorgt werden muss. Pellet Anlagen sind immer mit einem Pufferspeicher zu betreiben.



Abbild 17: Pelletkessel mit Tagesbehälter(Schnitt)²²

Vorteile:

- Wenig Asche
- Nebenprodukt der Holz- Industrie
- Kleinerer Lagerraum

²² Quelle: <https://www.froeling.com/de-at/produkte/pellets/neu-pe1e-pellet/>

- Leichter Transport

Nachteile:

- Begrenzte Verfügbarkeit
- Wartungsaufwand durch Ascheentsorgung
- Lange Lieferwege

4.3 Fernwärme

Ende der 90-er Jahre wurden in Österreich Fernwärmeheizungen aus Biomasse besonders gefördert. Daher sind viele solche Heizwerke entstanden, die aber alle eher oder weniger defizitär betrieben werden. Aus der Erfahrung weiß man, dass Fernwärmeheizanlagen ohne staatliche Förderung nicht überlebensfähig wären. Der größte Verlustfaktor der Fernwärme liegt Leitungsnetz. Trotz sehr guter Wärmedämmung der Leitungen betragen die Leitungsverluste etwa 30 bis 35% der gesamten produzierten Fernwärme aus. Bei sehr langen und verzweigten Netzen kann der Leitungsverlust noch höher sein.

Wenn Fernwärme vorhanden ist, sollte überlegt werden daraus ein Anergie Netz (Kaltwasser Netz) zu machen. Aus dieser Überlegung wäre es sinnvoll die Temperatur der Fernwärme auf z.B.: 10°C bis 25°C zu senken, und dieses Temperatur Niveau den Wärmepumpen in den Gebäuden zur Verfügung zu stellen. In diesem Fall hätte die Wärmepumpe eine konstante Temperatur von 25°C zur Verfügung. Dies hat zur Folge, dass die Wärmepumpe einen SCOP- Wert von weit über 5 erreichen kann.



Die Verluste über die Fernwärmeleitung würden sich gegen Null bewegen, da die bestehenden Fernleitungen sehr gut gedämmt sind.

Der Nachteil der Fernwärme ist , dass sich der Verbraucher längerfristig an einen Anbieter bindet. Die Vorteile sind, dass vorhandene Strukturen genutzt werden können, und die Wärmepumpen einen hohen SCOP- Wert erzielen können.

Das Fernwärmenetz wird in dieser Arbeit nicht behandelt. Dies ist Sache der Energieversorger über Fernwärme.

Abbild 18: Fernwärmeleitung im Erdreich verlegt²³

²³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Fernw%C3%A4rme#/media/Datei:2005-08-30-district-heating-pipeline.jpg>

4.3.1 COP-Wert für Niedertemperatur

Formel zur Berechnung des COP- Wertes bei 35°C Vorlauftemperatur und einer Verdampfertemperatur von 20°C:

$$COP = \eta * \frac{T_{warm}}{T_{warm} - T_{kalt}}$$

$\eta =$ mechanischer Wirkungsgrad (0,5 bei WP)

$T_{warm} =$ (273 K + 35 K) = 308 K

$T_{kalt} =$ (273 K + 20 K) = 293 K (Verdampfertemperatur)

$$COP = 0,5 * \frac{308 K}{308 K - 293 K} = 10,27;$$

In diesem Fall wäre ein COP- Wert von ca. 10 zu erreichen, was bedeutet, dass die Wärmepumpe im Niedertemperaturbereich sehr effizient arbeitet. Bei einem COP- Wert von 10 kann mit 1,00 KWh Strom 10,00 KWh an Heizenergie erzeugt werden.

In solch einem Fall könnte man sogar Heizkörper mit einer Vorlauftemperatur von 50°C effizient betreiben.

4.3.2 COP- Wert bei Mitteltemperatur

Formel zur Berechnung des COP- Wertes bei 50°C Vorlauftemperatur und einer Verdampfertemperatur von 20°C:

$T_{warm} =$ 273 K + 50 K = 323 K

$$COP = 0,5 * \frac{323 K}{323 K - 293 K} = 5,38;$$

In diesem Fall könnte eine Heizungsanlage mit Mitteltemperatur Heizkörper von 50°C mit einem COP- Wert von ca. 5 betrieben werden. Dies stellt immer noch einen guten Wert dar. Ein COP- Wert= 5 bedeutet, dass mit 1,00 KWh Strom, 5,00 KWh Heizenergie erzeugt werden kann.

4.3.3 COP-Wert bei Hochtemperatur

Für die Warmwasserbereitung wird eine Vorlauftemperatur von 70°C benötigt, damit die Boiler Temperatur auf 60°C gehalten werden kann.

Formel zur Berechnung des COP- Wertes bei 70°C Vorlauftemperatur und einer Verdampfertemperatur von 20°C:

$$T_{\text{warm}} = 273\text{K} + 70\text{K} = 343\text{K}$$

$$COP = 0,5 * \frac{343\text{K}}{343\text{K} - 293\text{K}} = 3,43;$$

Für die zentrale Warmwasserbereitung kann noch ein COP-Wert von 3,40 erreicht werden wenn das Temperaturangebot aus dem Anergienetz 20°C beträgt. . Das heißt, dass mit 1,00 kWh Strom, 3,40 kWh an Heizenergie erzeugt werden kann.

4.4 Kraft- Wärme- Kopplung (KWK)

Bei der KWK wird Dampf erzeugt, wobei ein Teil für Heizzwecke abgezweigt wird. Diese Wärme wird dann über Fernwärmeleitungen in die Gebäude geleitet. Es wird Wärme und Strom erzeugt, damit der Gesamtwirkungsgrad der Anlage sehr hochgehalten werden kann. (ca. 85% bis 90%). Bei diesen Anlagen handelt es sich meist um Großanlagen, mit wobei die Wärmelieferung ein Nebenprodukt der Stromerzeugung darstellt.



Abbild 19: Kraftwerk Donaustadt Wien²⁴

²⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/Kraft-W%C3%A4rme-Kopplung#/media/Datei:Wien_-_Kraftwerk_Donaustadt,_Block_3.JPG

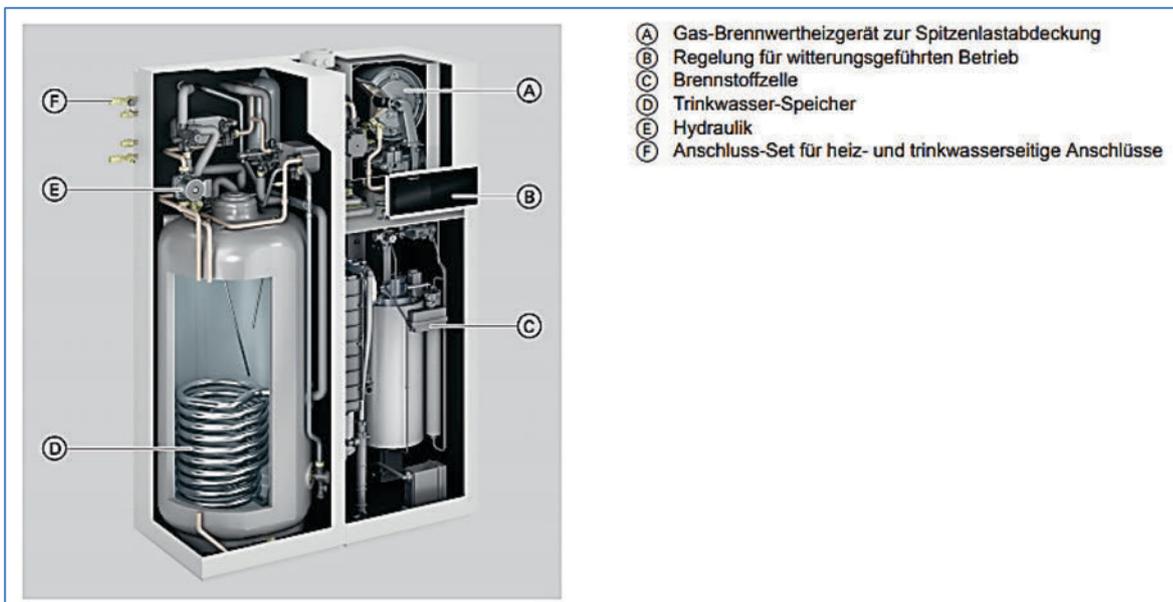
4.5 Wasserstoffkessel

Eine Alternative für Sanierung von Heizungsanlagen in Altbauten wird in Zukunft der Einbau von Brennstoffzellen sein. Ein namhafter europäischer Hersteller ist mit der serienreifen Entwicklung von Brennstoffzellen weit fortgeschritten. Derzeit spricht noch der Preis dagegen. Die Geräte sind teuer. In dieser Diplomarbeit wird nicht näher auf das Thema eingegangen. Hier sollen praxisnahe Lösungen gefunden werden, die einerseits in der Praxis schon erprobt sind, und andererseits preislich im Rahmen sind.

In diesem Zusammenhang verweist der Diplomand auf die Studie:

Analyse: Die Rolle von Wasserstoff im Gebäudesektor- Vergleich technischer Möglichkeiten und Kosten defossilierter Optionen der Wärmeerzeugung.

Quelle: <https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-wasserstoff-im-gebauedesektor/>



Abbild 20: Schnitt durch Brennstoffzellenheizgerät²⁵

4.6 Netzgekoppelte Photovoltaik- Anlagen (PV- Anlagen)

Damit die Wärmepumpe für die Heizung teilweise oder komplett mit grünem Strom betrieben werden kann, werden die PV-Anlagen in Kombination mit den Wärmepumpenanlagen eingebaut. Die Anordnung der PV-Anlage und das Aussehen der PV- Anlage richtet sich nach den jeweiligen Erfordernissen und den Vorschriften der Behörden. Eine Netzgekoppelte Anlage nutzt das EVU- Netz als Speicher. Eine PV- Anlage kann an den

²⁵ <https://www.viessmann.at/de/wissen/technologie-und-systeme/brennstoffzelle.html>

verschiedensten Orten aufgestellt werden. Die optimale Ausrichtung ist Süden und die optimale Neigung ist ca. 25 ° bis 35°. In speziellen Fällen kann die PV- Anlage auf einer Säule montiert sein, die der Sonne nachfährt.

- a) Anordnung am Dach (Dachneigung beachten)
- b) Anordnung an der Fassade (Minderleistung)
- c) Anordnung als Balkongeländer (Minderleistung)
- d) Anordnung im Garten (Flächenverbrauch)
- e) Anordnung auf einer drehbaren Säule

Empfohlen werden monokristalline PV- Module.

Die Einspeisevergütung der EVU's ist in Österreich von den Bundesländern unterschiedlich geregelt. In Tirol zahlt die TIWAG derzeit 8,5 Cent pro kWh. Wobei die TIWAG im Winterhalbjahr den Einspeisetarif erhöhen würde. Wie hoch wurden noch nicht bekannt gegeben. Im Jahr 2022 betrug der Einspeisetarif der TIWAG noch 25 Cent pro kWh. Das Argument der EVU's resultiert dahin, dass im Sommer ein Stromüberschuss bestehe, d.h. es wird mehr Strom erzeugt als verbraucht werden kann. Daher die Preisreduktion für den Einspeisetarif. Als Investor einer Netzgekoppelten PV- Anlage ist die Entscheidung für eine Anlage schwer, weil man im Voraus den Einspeisetarif nicht kalkulieren kann. Niemand kann sagen, wie lange der aktuelle Tarif besteht.

4.6.1 Auslegung einer PV- Anlage

Eine PV- Anlage wird auf die Sonneneinstrahlung der Sommermonate ausgelegt. Flacher Winkel von ca. 25° bis 35°, und die Ausrichtung nach Süden. Eine Abweichung des Azimut Winkels wirkt sich auf den Jahresertrag durch die flache Neigung der PV- Module nicht besonders aus, da die Sonne im Sommer hochsteht. Die überwiegende Einstrahlung erfolgt in den Sommermonaten. Im Winter steht die Sonne sehr flach, daher ist die Einstrahlung wesentlich geringer.

Eine wirtschaftliche Nutzung einer PV-Anlage ist derzeit trotz der staatlichen Förderprogramme nicht möglich. Es sollten daher für die Anschaffung einer PV- Anlage andere Entscheidungskriterien herangezogen werden, wie z.B. umweltrelevante, oder Unabhängigkeit. Weiters ist festzuhalten, dass der Gesamt- Wirkungsgrad einer PV- Anlage niedrig sind, und liegt bei einer gut ausgelegten Anlagen zwischen 17% bis max. 20%

4.6.2 Funktionsweise :

Bei der Photovoltaik wird Licht direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Solarzellen bestehen in der Regel aus einer negativen und einer positiven Halbleiterschicht. Zwischen n- Material und p- Material fließt Gleichstrom. Der Gleichstrom wird dann im Wechselrichter in Wechselstrom (230 V oder 400 V) umgewandelt.

4.6.3 Arten von Solarzelle²⁶

Es gibt verschiedene Arten von Solarzellen. Für die Stromerzeugung für den Wärmepumpenbetrieb sind hier die zwei wichtigsten angeführt:

- a) Polykristallin: Bei den polykristallinen Solarzellen sind die Kristalle unterschiedlicher Größe und Orientierung. Die Herstellung ist einfach und nicht aufwendig, dadurch sind sie in der Produktion günstiger. Der Wirkungsgrad ist etwas geringer, zwischen 14% bis 20%
- b) Monokristallin: Bei den monokristallinen Solarzellen bilden die Siliziumatome auf der ganzen Solarzelle eine einheitlich orientierte Gitterstruktur. Die Herstellung ist aufwendig, dadurch sind sie etwas teurer als die Polykristallinen Module. Der Wirkungsgrad liegt zwischen 16% bis 22%.

4.6.4 Solarmodule

Eine Silizium Zelle hat bei maximaler Sonneneinstrahlung eine Spannung von 0,5 V und eine Leistung von 1 bis 2 Watt. Die Solarzellen werden zu Solarmodulen so zusammengebaut, dass eine höhere Spannung von 12 oder 24 Volt erzielt wird. Die Module werden in einen Alurahmen mit einer Glasabdeckung eingebaut. Auf der hinteren Seite ist eine Anschlussdose für das Stromkabel.

4.6.5 PV-Komponenten

Eine PV- Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- ❖ PV- Modul
- ❖ DC-Seite
- ❖ Optional: Speicher und Laderegler
- ❖ Wechselrichter
- ❖ AC- Seite
- ❖ Übergabepunkt
- ❖ EVU- Netz
- ❖ Hausnetz
- ❖ Verbraucher

Bilder zu den obigen Komponenten finden sich in der Anlage 3 und Anlage 4.

²⁶ Pistohl, Rechenauer, Scheure, Handbuch der Gebäudetechnik, Band 1, 9. Auflage, Seite E114 bis E115

5 Ausgeführte Anlagen

In diesem Kapitel werden Lösungsvorschläge für ausgeführte Anlagen behandelt. Einmal eine Anlage im Altbestand in der Großstadt, und einmal eine Wohnanlage in einem denkmalgeschützten Gebäude in einer Kleinstadt. Die Anlagen gelten beispielhaft für mehrere ähnlich ausgeführte Sanierungen.

5.1 Altbau mit 8 Wohneinheiten (Wien)

Das Gebäude befindet sich mitten in Wien und ist ein Mietshaus mit ursprünglich 11 Wohneinheiten, und befindet sich in einem Wohngebiet mit kleiner Struktur. Es ist keine Fernwärme vorhanden. Das Gebäude besitzt mehrere Kamine, für jede Wohnung min. zwei Züge. Im Zuge der Sanierung wurde der Keller trockengelegt, indem im Freien die Kellerwände ausgegraben wurden, und isoliert und gedämmt wurden. Weiters wurde noch ein Lift auf der Gartenseite dazu gebaut.

Im Bestand waren Gasthermen in jeder Wohnung in Kombination mit der Warmwasserbereitung vorhanden. Diese sollten bestehen bleiben, weil die Heizungsanlagen relativ neu waren. Baujahr 2010.

Im Erdgeschoss, 1. und 2. Obergeschoss sollen die Wohnungen gleichbleiben.

Im Dachgeschoss werden drei Wohnungen zusammengelegt. Hier soll ein Loft mit ca. 250 m² Wohnnutzfläche entstehen. Für das Dachgeschoss wurde der Dachboden mit ausgebaut und als Galerie in den Wohnungsverband eingegliedert.

Das Loft soll eine neue Heizungsanlage bekommen, welche umweltfreundlich und CO₂ neutral ist.

Bei der Vergleichsrechnung wurden 3 Heizsysteme verglichen, einmal eine Gastherme in der Wohnung, einmal eine Sole Wasser Wärmepumpe mit Tiefenbohrung, und eine Luft-Wasser Wärmepumpe. (siehe Excel Berechnung Anlage 1)

In die Vergleichsrechnung fließen Kapitalkosten, Verbrauchgebundene Kosten, Betriebsgebundene Kosten und Sonstige Kosten ein.

Am günstigsten ist die Gastherme mit 129,31 €/MWh, an zweiter Stelle ist die Luft- Wasser Wärmepumpe, und an dritter Stelle die Sole-Wasser Wärmepumpe.

Die Bauherrschaft hat zusammen mit dem Planer die Luft Wasser Wärmepumpe gewählt. Die Luft-Wasser Wärmepumpe ist ökologisch gesehen die günstige Variante, weil CO₂

neutral in Zusammenhang mit der PV- Anlage, und nachhaltig, weil die Wärme aus der Umgebungsluft entnommen wird. .

5.1.1 Voraussetzungen, Anforderungen

5.1.1.1 Vorgaben vom Bauherrn:

- a) Die Wohnung soll unabhängig beheizt werden,
- b) Die Wohnung soll eine Warmwasserbereitung bekommen,
- c) Die Heizung soll umweltfreundlich sein.
- d) Das Dachgeschoß soll gekühlt werden. Weil im Sommer eine Überhitzung durch die großen Dachfenster befürchtet wird.
- e) Die Fußbodenheizung soll im Sommer auch kühlen.

5.1.1.2 Vorgaben vom Planer:

- a) In der Wohnung ist eine Fläche von 1,6 m² für die Technik einzuplanen.
- b) Wärmepumpe Außengerät soll auf das Dach kommen
- c) Leitungen vom Dach in die Wohnung wird über den alten Kamin verlegt.
- d) Zur Kühlung im Sommer wird eine Deckenheizung an der Dachschräge verlegt.

5.1.2 Planung Heizsystem

Durch die Vorgaben der Bauherrschaft war die Systemwahl der Heizungsanlage klar strukturiert, und vorgegeben. Es war rasch klar, dass es eine LW- Wärmepumpen Lösung werden soll. Eine Aufstellfläche für die Wärmepumpe war schnell gefunden, und zwar auf dem Dach zwischen den Kaminen. In der Wohnung war ein Platz von ca. 1,6 m² für den Boiler und Puffer erforderlich. Dieser Platz konnte in der Wohnung gefunden werden.

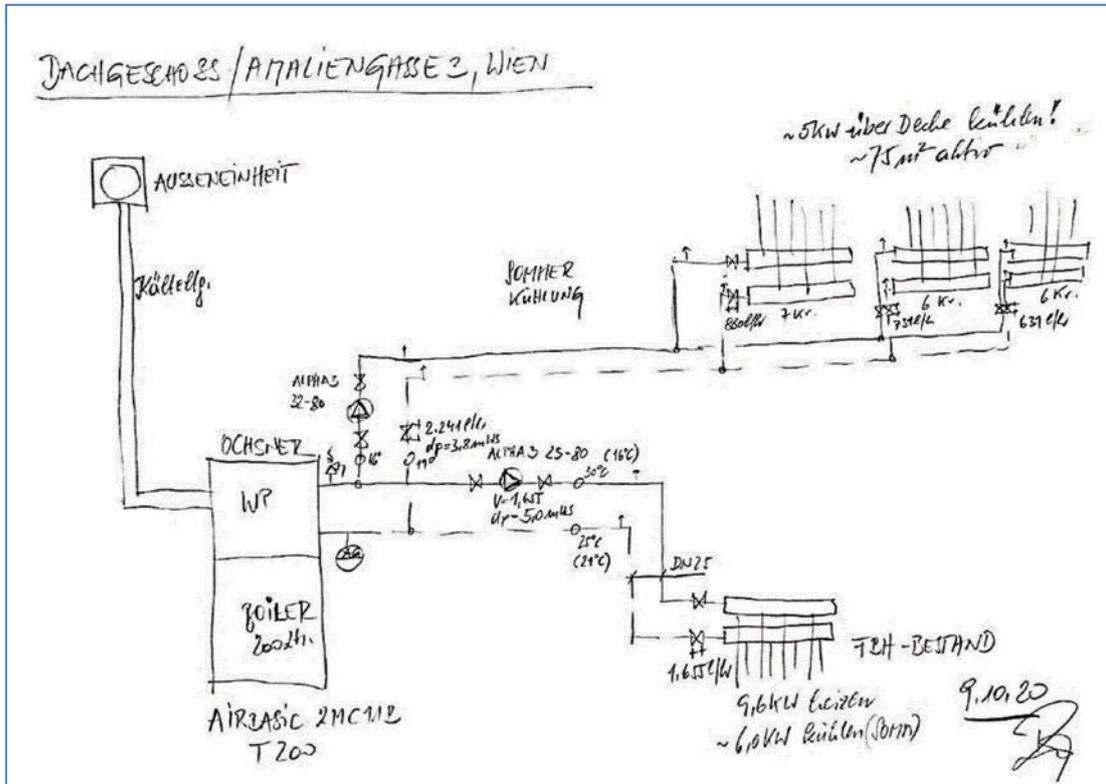
Für die Warmwasserbereitung wurde im Boiler ein Elektro- Heizstab mit 2 KW Anschlusswert vorgesehen.

5.1.3 Heizungsanlage

Durch die Platzverhältnisse am Dach, konnte die Vorgabe von der Bauherrschaft, dass das Loft eine unabhängige Wärmepumpe zur Beheizung und Kühlung der Räume bekommen sollten, erfüllt.

Die Inneneinheit ist eine kompakte zusammengebaute Einheit, die noch mit einer Druckhalteeinrichtung ausgerüstet werden musste. Um das Heizungswasser sauber zu halten, wurden noch ein Heizungsfilter, ein Luftabscheider und ein Magnetit Abscheider eingebaut.

Dazu wurde vom Planer ein Regelschema als Handskizze für das Loft im Dachgeschoss erstellt.



Abbild 21: Heiz-Kühl- Freihand-Schema für Loft im Dachgeschoss²⁷

Für das Loft im Dachgeschoss wurde eine Fußbodenheizung kombiniert mit einer Deckenheizung vorgesehen. Deckenheizung wegen der hohen Räume und der kombinierten Kühlung im Sommer. Im Sommer ist durch die großzügigen Dachfensterflächen eine Überhitzung der Räume zu erwarten.

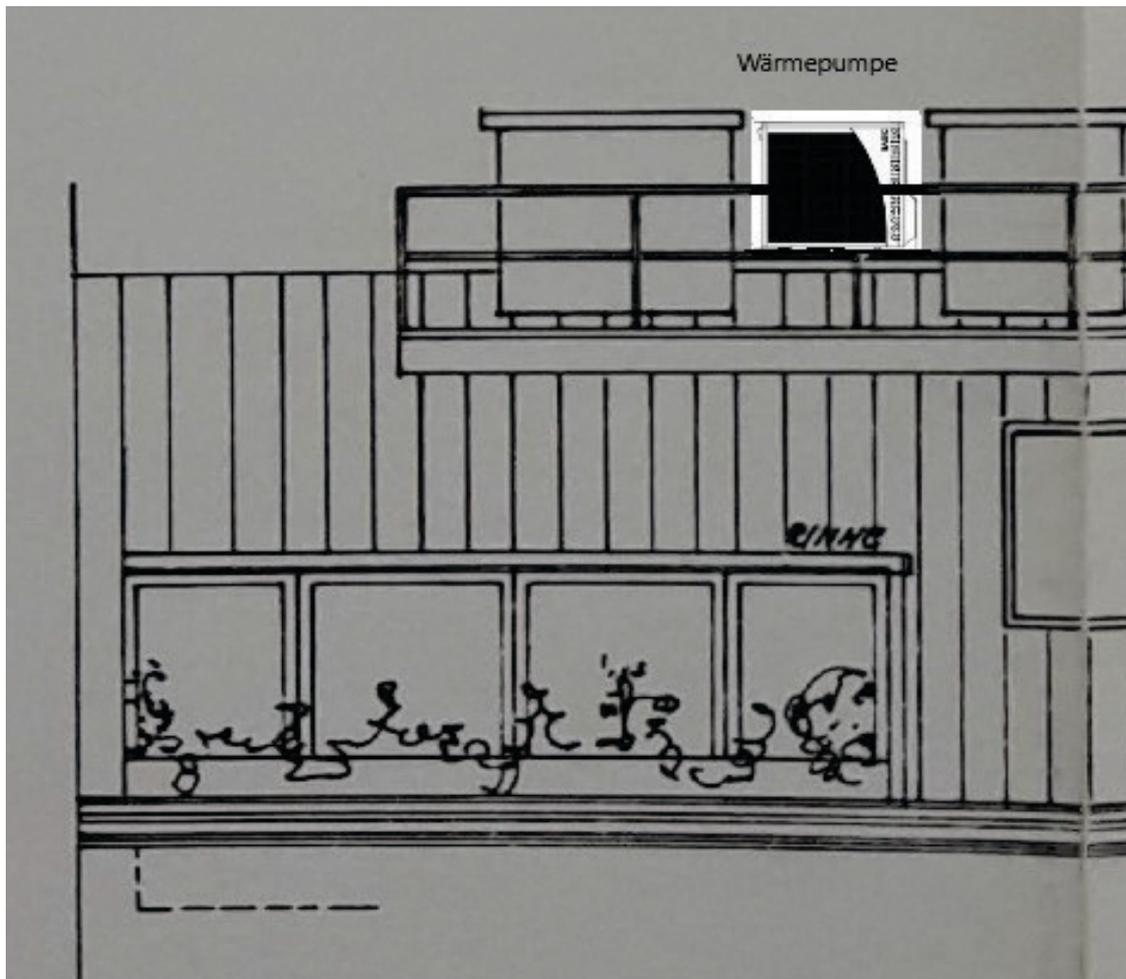
Für die Dachwohnungen wurde eine Split Anlage von Ochsner gewählt. Die Außeneinheit wurde am Dach platziert. Hier war schon ein Servicegang für den Kaminkehrer vorhanden. Dieser Servicegang wurde für die Montage und Wartung der Außeneinheit genutzt. Über den bestehenden Servicegang am Dach, ist das Geräte leicht zugänglich für Servicearbeiten und spätere Arbeiten, wie Tausch des Gerätes.

Das Gerät wurden zwischen den Kaminen so platziert, so dass es sich harmonisch in die Dachlandschaft einfügen konnte.

Für die Wärmepumpe ist eine Zusatzheizung von 8,8 KW vorgesehen. Diese Zusatzheizung dient der Wärmepumpe bei sehr kalten Außentemperaturen unter -5 °C. In den

²⁷ Quelle: Eigenplanung vom Ingenieurbüro Ranggertech, 2018

wenigen Tagen im Winter wird bei sehr kalten Außentemperaturen die E-Heizung parallel zur Wärmepumpe geschaltet.



Abbild 22: Teilansicht vom Dach, mit Wärmepumpen

In Abbild 22 ist die WP- Außeneinheit am Dach als Fotomontage zu sehen.

Bei der Planung wurde berücksichtigt, dass die Wohnungen im EG und 1.OG zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls mit einer Luft Wasser Wärmepumpe beheizt werden können. Es wurden daher die Platzverhältnisse und Installationsschächte in den Kaminen dafür vorgesehen.

5.1.4 Warmwasserbereitung (Trinkwassererwärmung)

Die eingebaute Wärmepumpe besteht aus Außeneinheit und im Innenbereich die Inneneinheit. Die Inneneinheit besteht aus einem Puffer mit 100 Liter Inhalt, einem Boiler mit 167 Liter Inhalt, und dem Kondensator. Die Außeneinheit besteht aus Verdampfer und Kompressor. Die Warmwasserbereitung wird nicht über die Wärmepumpe bereitet, sondern über eine 2 KW Heizpatrone, die im Boiler eingebaut wurde. Die serienmäßige

Warmwasserbereitung über die Wärmepumpe wurde am Display der Bedieneinheit aus der Regelung herausprogrammiert.

5.1.4.1 Berechnung des Energiebedarfs:

Aufheizen des 167 Liter Boilers mit einer 2 KW Heizpatrone:

Angaben:

Spezifische Wärmekapazität	$c = 1,16 \text{ Wh};$
Kaltwassertemperatur:	$T_k = 10 \text{ }^\circ\text{C};$
Warmwassertemperatur:	$T_w = 60 \text{ }^\circ\text{C};$
Leistung der Heizpatrone:	$L = 2 \text{ KW};$
Wirkungsgrad der E-Patrone:	$\mu = 90 \text{ } \%$
Wirkungsgrad des Boilers:	$\mu_B = 85 \text{ } \%$
Strompreis:	$P_{ST} = 0,50 \text{ €/KWh}$

Berechnung:

Energiebedarf für die einmalige Aufheizung des Boilers von 10°C auf 60°C;

$$Q_{WW} = m \times c \times (T_w - T_k) = 167 \text{ l} \times 1,16 \frac{\text{Wh}}{\text{l}} \times (60 - 10) = 9.686 \text{ Wh} = 9,69 \text{ KWh};$$

$$\text{Zeit } T = \frac{Q_{WW}}{L \times \mu \times \mu_B} = \frac{9,69 \text{ KWh}}{2,00 \text{ KW} \times 0,9 \times 0,85} = 6,33 \text{ h};$$

Energiekosten für die einmalige Aufheizung des Boilers:

$$K = Q_{WW} \times P_{ST} = 9,69 \text{ KWh} \times 0,50 \frac{\text{€}}{\text{KWh}} = 4,85 \text{ €};$$

Eine 2,00 KW Heizpatrone ist für diese Boiler Größe ausreichend. Der Boiler kann problemlos über Nacht aufgeheizt werden. Eine Nachheizung erfolgt wesentlich schneller und günstiger, weil je nach Verbrauch eine Resttemperatur im Boiler vorhanden ist. Die Boiler Größe ist ausgelegt für einen 4 Personen Haushalt. Die Kosten für die Nachheizung des Boilers liegen erfahrungsgemäß bei ca. 60% der Erstaufheizung. Die Boiler Ladekosten pro Monat liegen daher bei $K_{\text{mon}} = 30 \times 4,85 \times 0,60 = 87,30 \text{ Euro}$.

Der Anschlussstutzen für eine Zirkulationsleitung wurde abgeklemmt und verschlossen. Die Entnahmestellen liegen nahe beisammen, sodass keine Zirkulationsleitung erforderlich war. Dadurch entfallen die Zirkulationsverluste und der Strombedarf der Zirkulationspumpe.



Abbild 23: Schnittbild Inneneinheit ²⁸

5.1.5 Komfort Wohnraumlüftung

Geplant war auch eine Komfort Wohnraumlüftung (KWL) für das Loft im Dachgeschoss. Das Lüftungsgerät soll im abgehängten Teil des Dachgeschosses platziert werden.

Die Luftleitungen wurden im Dachgeschoß in der abgehängten Decke geführt. Die Aufenthaltsräume wie Wohnraum, Zimmer, Galerie bekamen eine Zuluft, wobei die Abluft über Überströmöffnungen in die sogenannten Absaugeräume wie Küche, Abstellraum, WC und Bad geleitet wurde. Diese Art der Luftführung gewährt in den jeweiligen Absaugeräumen einen Unterdruck, und somit keine Geruchsbelästigung gegenüber den Aufenthaltsräumen.

Die Aufenthaltsräume werden mit einem 1-fachen, bzw. das Wohnzimmer mit einem 1,5-fachen Luftwechsel ausgelegt. Das Wohnzimmer weist eine Raumhöhe vom durchschnittlich ca. 5 m auf, daher der höhere Luftwechsel.

²⁸ Quelle: https://www.ochsner.com/fileadmin/downloads/OP/285920-AIR%20BASIC%20109%20C11B%20T200_DE.pdf
Datenblatt Fa. Ochsner Airbasic 109 C11B T200

5.1.5.1 Auslegung der KWL

Berechnung der Luftmengen					
Raum	Fläche	Volumen	LW	ZUL	ABL
Wohnraum	70,96	177	1,5	266	0
Zimmer	22,64	57	1	57	0
Zimmer	20,5	51	1	51	0
Küche	22,09	55	3	0	166
Flur	7,33	18	0	0	0
WC		0	0	0	25
ABR		0	0	0	25
Bad		0	0	0	80
Galerie	14,16	35	0,5	18	0
Abstellraum	32,91	82	1,2	0	99
Gesamt				392	394

Tabelle 4: Berechnung Luftmenge

Auf Grund obiger Berechnung wurde ein Lüftungsgerät mit 400 m³/h gewählt. Das Gerät wurde im Dachraum aufgestellt. Die Frischluftansaugung erfolgte an der Giebel- Außenwand. Die Fortluft wurde über Dach geführt und senkrecht ausgeblasen.

5.1.6 PV- Anlage:

Die Vorgabe des Bauherrn war, dass die Wärmepumpe für die Heizung komplett mit grünem Strom betrieben wird. Eine PV-Anlage wurde auf dem Dach eingebaut. Die Anordnung der PV-Anlage und das Aussehen der Anlage konnte vom Planer vorgegeben werden. Die Anordnung wurde als geschlossene Reihe realisiert.

- a) Full Black Module
- b) Die Befestigungen in Alu Schienen
- c) Der Neigungswinkel der Module soll zwischen 20° und 35 ° sein.

Da das Dach eine Neigung von 42 ° aufwies, hat der Planer in Zusammenarbeit mit Architekt und Bauherrn entschieden die Module in der Dachschräge aufzuständern, sodass die optimale Neigung von 30° einhalten wurde..

5.1.6.1 Berechnung der PV- Anlage

5.1.6.1.1 Angaben:

Strommenge:	2.734 KWh/a (ergibt sich aus der Berechnung HK-Vergleich)
Dachfläche gesamt:	450 m ²
Ausrichtung:	Süd
Dachneigung:	42°, Aufständern der Module auf 30°

Die Globalstrahlung wurde aus den Messdaten des Wetterdienstes entnommen (ZAMG)

$$E_{\text{SOLAR}} = 1.194 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$$

5.1.6.1.2 Berechnung PV-Wirkungsgrad der Gesamtanlage:

Berechnung des Wirkungsgrades der Gesamtanlage

$$\eta_{\text{PV}} = 20\% \text{ (Modul, Berechnung 5.1.6.1.4)}$$

$$\eta_{\text{DC/AC}} = 98\%$$

$$\eta_{\text{WR}} = 97,30\% \text{ (Datenblatt Wechselrichter Wien Anlage Teil 3)}$$

$$\text{Formel: } \mu_G = \mu_{\text{PV}} \times \mu_{\text{DC/AC}} \times \mu_{\text{WR}}$$

Gesamtwirkungsgrad:

$$\mu_G = 20\% \times 98\% \times 97,30\% = 19,07\%$$

5.1.6.1.3 Berechnung der benötigten PV-Fläche:

$$\text{Energieverbrauch/anno} = 2.734 \text{ kWh/a; (Stromverbrauch der WP)}$$

Erforderliche PV- Fläche:

$$PV_{\text{FL}} = \frac{2.734 \text{ kWh/a}}{1.194 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \times 19,07\%} = 12,00 \text{ m}^2$$

Bei einem Deckungsgrad von 100% werden 12 m² PV-Fläche benötigt.

Das heißt, dass der Stromverbrauch der Wärmepumpen zur Beheizung des Lofts zu 100 % mit grünem Strom abgedeckt wird.

5.1.6.1.4 Berechnung des PV- Modul Wirkungsgrades:

Fläche pro Modul:

$$A_m = 1,723 \text{ m} \times 1,133 \text{ m} = 1,95 \text{ m}^2 ;$$

Leistung pro Modul:

$$P_m = 34,51 \text{ V} \times 13,26 \text{ A} = 457,60 \text{ W}$$

Wirkungsgrad pro Modul:

$$\mu_{\text{pv}} = \frac{457,60 \text{ W}}{1196 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \times \frac{1}{1,95 \text{ m}^2} = 0,1959 = 20\% \text{ gerundet;}$$

5.1.6.1.5 Anzahl der Module:

$$\text{Modul Fläche: } 12 \text{ m}^2$$

Theoretische Anzahl der Module:

$$\text{Anzahl} = 12 \text{ m}^2 : 1,95 \text{ m}^2 = 6,15 \text{ Module}$$

Gewählt wurden 7 Module die in einer Reihe nebeneinander am Dach angeordnet wurden. Tatsächlich wurden 13,65 m² Modulfläche eingebaut.

5.1.6.1.6 Berechnung Kurzschluss Strom:

Berechnung der max. Anzahl der Solarmodule pro String:

$$\frac{\text{Anzahl}}{\text{String}} = \frac{U_{DC \text{ Max}}}{U_{MPP}} = \frac{600 \text{ V}}{34,51 \text{ V}} = 17 \text{ Module pro String};$$

Für die 7 Module ist ein String ausreichend.

String mit 7 Modulen $7 \times 400 \text{ W} = 2.800 \text{ W}_{P,AC}$

Incl. Wirkungsgrad: $2.800 \times 0,98 = 2.744 \text{ W}_{P,DC}$;

Maximaler Kurzschlussstrom bei 7 Modulen beträgt: $I_{G1} = \frac{2.800 \text{ W}}{600 \text{ V}} = 4,66 \text{ A}$;

Der gewählte Wechselrichter mit 12,5 A ist für diese Anlage geeignet.

5.1.7 PV- Komponenten

Eine PV- Anlage für die obige Anlage besteht im Wesentlichen ausfolgenden Komponenten:

- ❖ PV- Modul
- ❖ DC-Seite
- ❖ Wechselrichter
- ❖ AC- Seite
- ❖ Übergabepunkt
- ❖ EVU- Netz
- ❖ Hausnetz
- ❖ Verbraucher

Bei der gegenständlichen Anlage wurde kein Energiespeicher mit Laderegler eingebaut. Bei Bedarf wird ins Hausnetz zum Verbraucher eingespeist, wenn kein Bedarf besteht, wird der überschüssige Strom ins EVU Netz eingespeist. Und zwar ausfolgender Überlegung heraus:

Der Strom kann über einen so langen Zeitraum nicht in der Menge gespeichert werden, dass er im Winterhalbjahr für den Betrieb der Wärmepumpe abgerufen werden kann. Daher hat sich der Planer entschlossen den gesamten Strom, der über die PV-Anlage erzeugt wird in das EVU- Netz bzw. in das Hausnetz für den Allgemeinstrom und Verbrauch im Loft einzuspeisen.

Der Einspeisetarif beträgt in Wien im Jahr 2023 pro KWh 29,55 Cent. Der Verbrauchstarif im Jahr 2023 liegt in Wien je nach Anbieter zwischen 40 und 60 Cent/ KWh. Es wurde ein Mitteltarif von 50 Cent/KWh angenommen. Die Differenz zwischen Einspeisetarif und Verbrauchstarif beträgt damit ca. 20 Cent. Für den Bauherrn war der Einspeisetarif für seine Entscheidung nicht ausschlaggebend. Er wollte für den Betrieb der Wärmepumpe einen „grünen“ Strom. Daher wurde keine Wirtschaftlichkeits- Berechnung durchgeführt.

5.1.7.1 PV- Modul:



Bei einem Stromverbrauch für die WP von 2.734 KWh/a mit 50 ct, ergeben sich Stromkosten von € 1.367.

Eingespeist werden 2.734 KWh mit 29,55 ct, dies ergibt € 807,90,

Für den Betreiber bedeutet das einen Verlust von € 559,10, der bei diesem Objekt bewusst in Kauf genommen wurde.

Abbild 24: Solarmodul Power Plus Full Black 400 W²⁹

²⁹ Quelle: <https://www.josefsteiner.at/pv-anlagen/photovoltaik-module/photovoltaik-solarmodul-power-plus-black-410-w.html>

5.1.7.2 Wechselrichter:

Der Wechselrichter für 6000 W_p für das Loft im Wohnhaus in Wien, wandelt den Gleichstrom (AC) in Wechselstrom (DC) um. Der Wirkungsgrad dieses Wechselrichters liegt bei 97,4%

Abbild 25: Wechselrichter

5.2 Altbau mit 6 Wohneinheiten (Tirol)

Bei diesem Bestandsbau handelt es sich um ein Denkmal geschütztes Haus. Die Fassade und das Dach ist Denkmal geschützt, und konnte ausschließlich in Zusammenarbeit mit Dem Bundesdenkmalamt umgebaut werden..

Im Altbestand war im Erdgeschoss ein Geschäft untergebracht bis zum Jahr 2017. Danach Leerstand bis 2021. Im 1. Obergeschoss war ein Wettbüro und ein Pub untergebracht, bis 2020, danach Leerstand. Im 2.Obergeschoss waren 2 Wohnungen und ein Stadel, im Dachgeschoss war eine Wohnung. Die gesamte Nutzfläche betrug ca. 580 m².

Nachdem alle Mieter aus dem Haus ausgezogen waren, wurde das Gebäude umgebaut.

Es wurde ein neues Stiegenhaus und ein Lift eingebaut. Im EG wurden Kellerräume und Abstellplätze vorgesehen, Im 1. OG 5 Kleinwohnungen in einem Wohnungsverband. Im 2.OG wurden 3 Wohnungen mit Balkonen vorgesehen, und im DG 2 Wohnungen mit Dachterrassen.

Die gesamte Wohnnutzfläche wurde auf 750 m² erweitert.

Die Außenwände wurden vom Umbau nicht berührt. Das Gebäude wurde innen komplett ausgehöhlt. Das Dach musste erhalten bleiben laut Vorgabe des Bundesdenkmalamtes. Es wurden neue Decken in Stahlbeton eingezogen, Die historischen Fenster wurden getauscht, und im nicht denkmalgeschützten Bereich wurden sehr gute Fenster mit Zweifach Verglasung eingebaut. Die Außenwände waren im Bestand bis zu 1 m dick und aus Steinmauerwerk. Das Steinmauerwerk hat eine sehr gute Wärmedämmung, weil viele Luft einschlüsse im Querschnitt sind. Stehende Luft ist eine sehr gute Wärmedämmung. Die Steinmauern weisen einen U-Wert von 0,25 W/m² auf.

Durch die Vorgabe des Bundesdenkmalamtes wurde das Dach von innen mit Dampfsperre gedämmt. Gesamte Dämmdicke 30 cm Teilmatten.

5.2.1 Planung Heizsystem:

Der Planer fasste grundsätzlich mehrere Möglichkeiten der Gebäudeheizung ins Auge. Die Warmwasserbereitung soll getrennt von der Heizung erfolgen. Die Heizungsanlage soll auf minimale Heizkosten ausgelegt werden. Die Investitionskosten wurden immer in Relation zu den Folgekosten gesehen. Als Wärmeabgabesystem wurde die Fußbodenheizung gewählt, mit einer Vorlauftemperatur von 35°C.

Folgende Heizsystem waren theoretisch möglich:

- Gasheizung kombiniert mit Fußbodenheizung
- Wärmepumpe Wasser- Wasser mit Fußbodenheizung
- Wärmepumpe Luft-Wasser mit Fußbodenheizung

Aus der beigefügten Berechnung im Anhang Anlage Teil 2 ist abzulesen, dass die Gasheizung mit Gesamtkosten von 180,57 €/MWh die günstigste Variante wäre.

Als zweite Variante wäre die Luft-Wasser Wärmepumpe mit 189,84 €/MWh Gesamtkosten.

Die Grundwasser Wärmepumpe ist die teuerste Variante mit 215,48 €/MWh Gesamtkosten.

Die Preise verstehen sich alle als Nettopreise zuzüglich 20% Mehrwertsteuer.

In die Gesamtkosten pro MWh sind folgende Kosten berücksichtigt:

- Investitionskosten: Beinhalten die Kosten für die Investition der Anlage mit einer Nominalverzinsung von 6%, unter Berücksichtigung einer Förderquote von 20% für die Alternativenergie Komponenten.
- Kapitalgebundene Kosten: Dies beinhalten die Anschlusskosten für Wärmepumpe und Installation bezogen auf die Lebensdauer.
- Verbrauchsgebundene Kosten: Das sind die Brennstoffkosten bzw. Stromkosten für den Heizungsbetrieb.
- Betriebsgebundene Kosten: Das sind Instandhaltungskosten für die Zentrale, Instandhaltungskosten für die Installation, Rauchfangkehrer- Kosten, Kosten für Wartung und Service.

5.2.1.2 Auswahl des Heizungssystems:

Der Planer hat sich bei diesem Projekt für die Lösung einer Luft-Wasser Wärmepumpe entschieden. Entscheidend dafür war, die einfache Installation einer LW- Wärmepumpe und die CO₂ neutrale Beheizung.

Der Gaskessel ist ausgeschieden, durch die unsichere Versorgung mit Gas. Das russische Gas ist komplett versiegt, und in der Folge ist zu erwarten, dass der Gaspreis noch teurer wird. Zudem kommt zur Gasheizung der Umstand, dass diese Art der Beheizung nicht CO₂ neutral ist.

5.2.2 Heizungsanlage Wärmepumpe

Für die Heizungsanlage wurde eine Wärmepumpenanlage der Fa. Wolf Type BWL-1S-14 vorgesehen. Die Platzierung der Außeneinheit wurde mit dem Denkmalamt abgestimmt. Die Platzierung erfolgte neben dem Gebäude unter der ehemaligen Tennen Einfahrt.

Für eine Heizlast von 30 KW wurden zwei Wärmepumpen mit je 14 KW bei einer AT +2/ W35 ausgewählt. Für den Betrieb unter -5°C heizt eine elektrische Heizpatrone die in der Außeneinheit eingebaut ist dazu. Die Wärmepumpe wird nach der Außentemperatur modulierend gesteuert.

Die Außeneinheit der Split Anlage besteht aus dem Verdampfer, dem Kompressor, dem Expansionsventil und dem Ventilator. Die Außeneinheit wird schalldämmend auf Betonsockel montiert. Die Außeneinheit wird über Kältemittelleitungen mit dem Innengerät verbunden. Elektrisch wird die Außeneinheit mit einer Energieleitung und der Datenleitung versorgt.

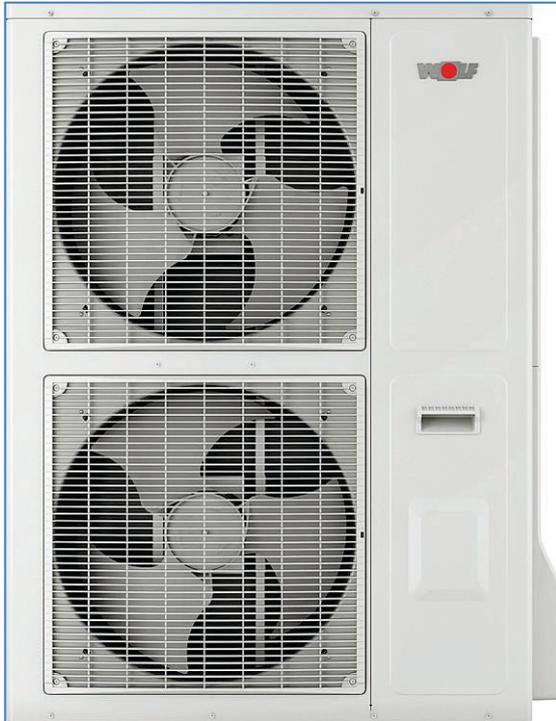


Abbildung 26: WP Ausseneinheit³²

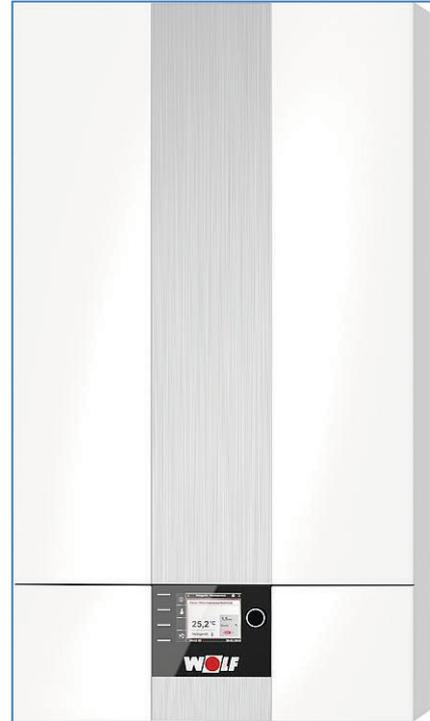
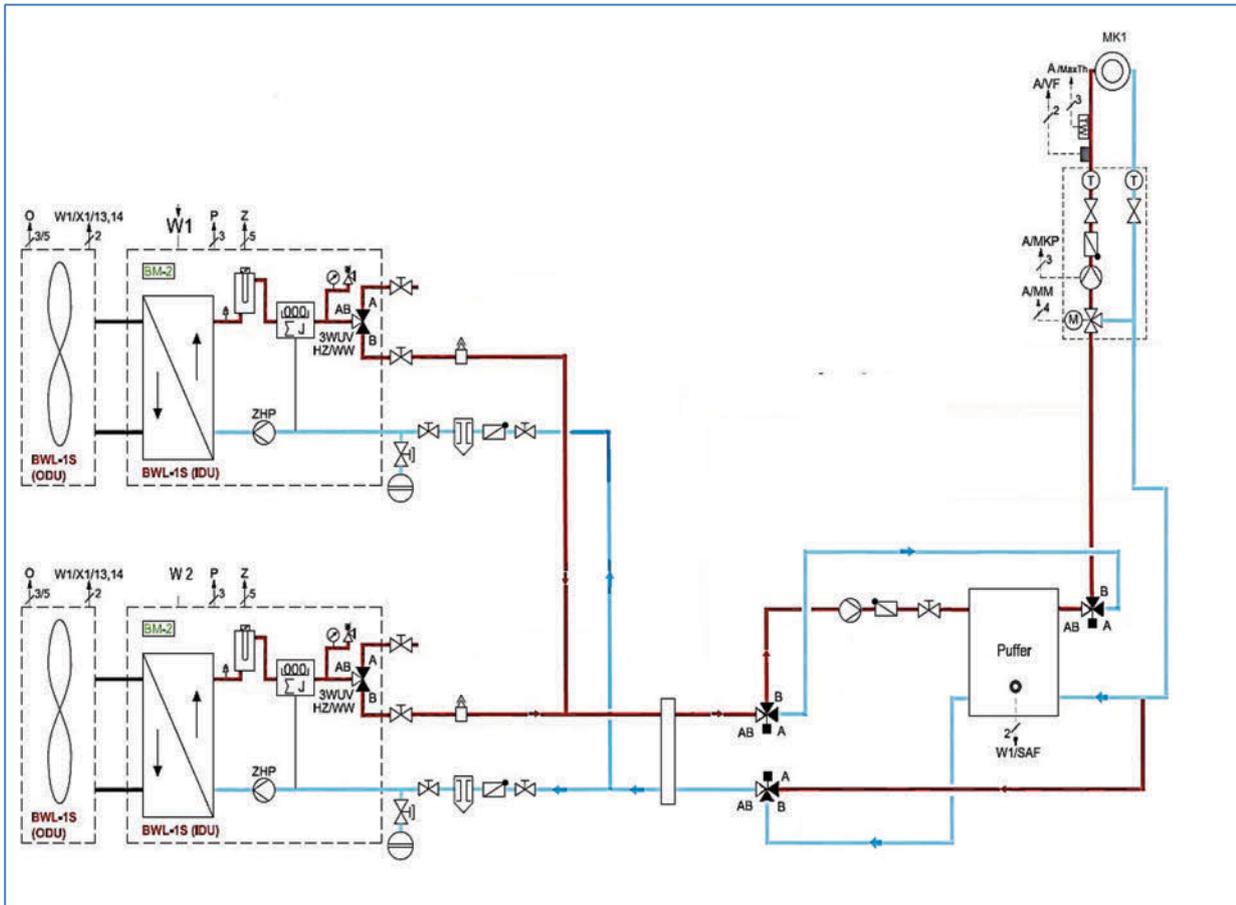


Abbildung 27: WP Inneneinheit³³

³² Quelle: <https://www.wolf-heiztechnik.at/Downloads/Technische-Brosch%C3%BCren>; Datenblatt Werksfoto der Fa. Wolf

³³ Quelle: <https://www.wolf-heiztechnik.at/Downloads/Technische-Brosch%C3%BCren>; Datenblatt Werksfoto der Fa. Wolf



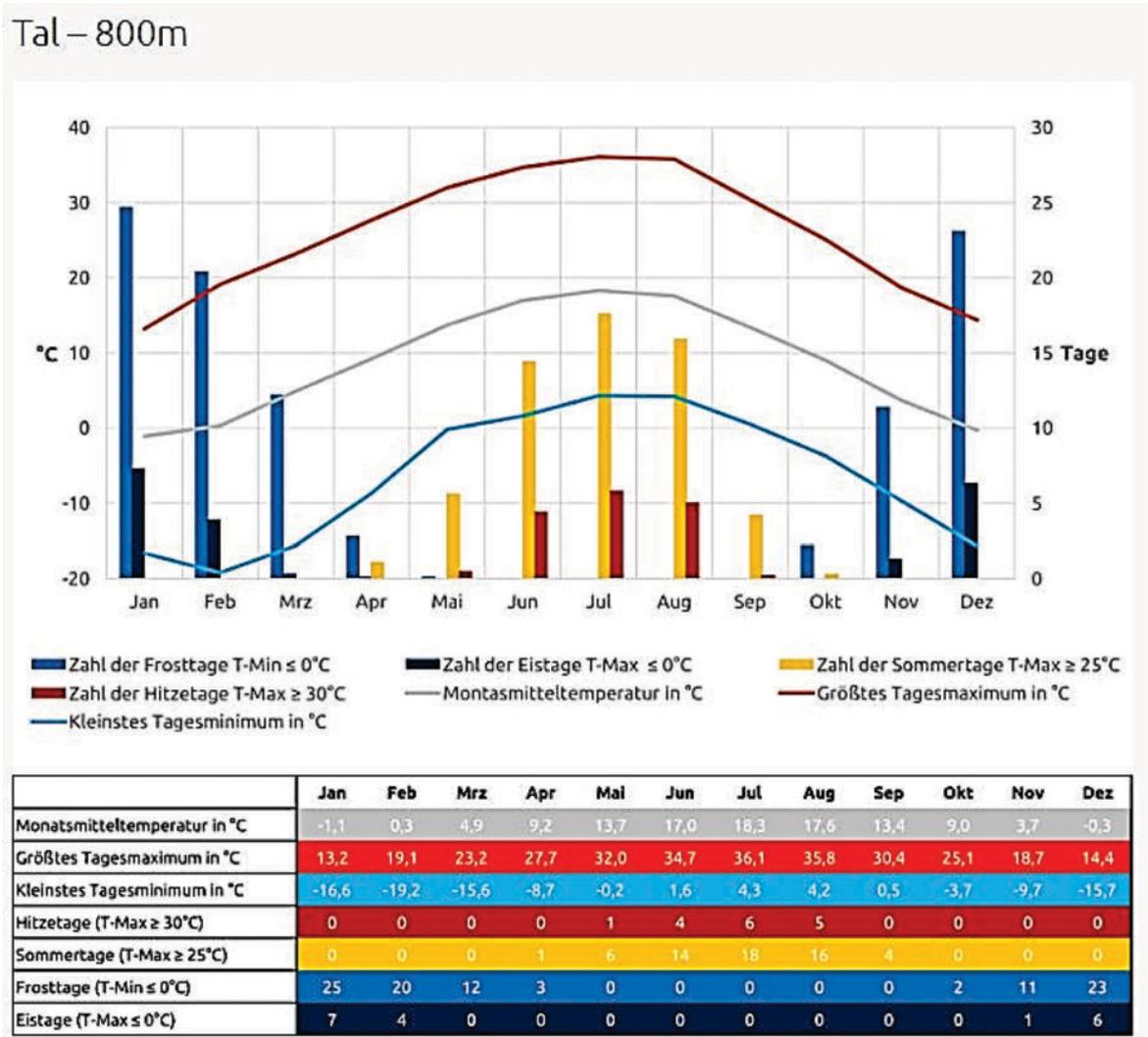
Abbild 28: Schema Heizzentrale mit 2 WP in Kaskade³⁴

Die Wärmepumpen arbeiten in Kaskade, je nach Außentemperatur. Bis zu einer Außentemperatur von $+0^{\circ}\text{C}$ ist eine Wärmepumpe in Betrieb, wird es außen kälter schaltet sich die zweite Wärmepumpe modulierend dazu. Ab einer Außentemperatur von -7°C schaltet sich die Elektroheizpatrone kontinuierlich dazu. Diese Betriebsweise gewährleistet einen optimalen Betrieb mit einem optimierten SCOP- Wert.

Beim Aufstellungsort herrscht eine Winterhalbjahr- Mitteltemperatur von $+5^{\circ}\text{C}$, an wenigen Tagen im Winter herrscht eine Temperatur unter -7°C . An diesen wenigen Tagen wird die Elektroheizpatrone dazugeschaltet.

Wie aus untenstehender Abbild 29 zu entnehmen ist, sind die Eistage im 20-jährigen Mittel 18 Tage pro Jahr. Laut Abbild 29 sind im Tal auf 800 m Seehöhe sind 93 Tage unter 0°C . Die Elektroheizpatrone kommt lediglich an den wenigen Eistagen von insgesamt 18 Tagen zum Einsatz.

³⁴ Quelle: Schema Heizzentrale, Ing. Büro Rangertech GmbH



Abbild 29: Durchschnittliche Temperaturen in Landeck³⁵

5.2.3 Wärmeverteilung:

Die Wärmeverteilung zu den Fußbodenheizungsverteilern wurde in einem Steigstrang im Stiegenhaus vorgenommen. In den Geschossen sind die einzelnen FBH-Unterverteiler über eine Bodenleitung angeschlossen worden. Aus schallschutztechnischen Gründen war es wichtig die komplette Leitungsführung im Bodenaufbau unterzubringen. Neben den Heizungsleitungen wurden auch noch die Kaltwasserleitung und die Abfluss Leitungen untergebracht. Es war daher schon bei der Grundrissplanung darauf zu achten, dass die großen Abfluss Leitungen kurz und keine Kreuzungen aufweisen. Für die Leitungs- Verlegung auf der Rohbetondecke in der Schüttung unterhalb des Estrichs war ein Bodenaufbau von 22

³⁵ Quelle: <https://www.oberlandwetter.at/seiten/klima/>

cm vorgesehen. Die Rohrleitungen mussten während der Verlegung der Leitungen und auch danach bis zum Einbringen der Ausgleichsschüttung geschützt werden. Zu diesem Zweck wurden provisorische Gehwege oberhalb der Leitungen mit Schalttafeln hergestellt.

5.2.4 Warmwasserbereitung dezentral:

Für die Warmwasserbereitung wurden folgende Varianten überlegt.

- a) Einzelboiler elektrisch Anschlusswert mit je 2 KW
- b) Durchlauferhitzer elektrischer Anschlusswert 27 KW.



Die Wohnungen sind mit einem elektrischen Anschlusswert von 15 KW ausgestattet. Ein Durchlauferhitzer mit 27 KW Anschlusswert übersteigt den Anschlusswert der einzelnen Wohnungen. Letztlich entschied sich der Planer für die Einzelboiler mit einem Anschlusswert von je 2 KW. Dieser Anschlusswert passte sehr gut in das Gesamtkonzept. Die großen Wohnungen wurden mit 120 Liter Boiler, die kleinen Garconieren mit je 50 Liter ausgestattet. Die Boiler werden mit einer Temperatur von 57°C betrieben. Alle 30 Tage werden die Boiler auf 70°C aufgeheizt, um der Legionellen Gefahr vorzubeugen. Diese Temperatur wird für 120 min gehalten. Diese Legionellen Routine ist in den Boilern serienmäßig einprogrammiert.

Abbild 30: Einzelboiler für eine dezentrale WW- Bereitung³⁶

5.2.4.1 Energiebedarf für einen 4 Personenhaushalt mit Einzelboiler:

Angaben:

Anzahl Personen:	$P = 4$
Wasserverbrauch pro Duschvorgang ca, :	$V_D = 25 \text{ Liter}$
Durchschnittlich Duschen pro Tag:	$n = 1,5$
Strompreis:	$K = 0,283 \text{ €}$

³⁶ Quelle: <https://www.weinmann-schanz.de/de/de/Installation/Elektro-Warmwasserspeicher/Warmwasserspeicher-druckfest/Druckfester-Warmwasserspeicher-OGB-SMZ-50-150-Liter-230-400-V-sid1185152.html>

Berechnung:Wasserverbrauch pro Tag:

$$V_d = V_D \times P \times n = 25 \times 4 \times 1,5 = 150 \frac{\text{Liter}}{d};$$

Energiebedarf:

Kaltwassertemperatur: $T_K = 10^\circ\text{C}$

Warmwassertemperatur: $T_W = 45^\circ\text{C}$

Wirkungsgrad: $\mu = 90\%$; (Boiler Temperatur 55°C)

Spez. Wärmekapazität von Wasser: $c = 1,16 \text{ Wh}$;

$$P = V_d \times \frac{(T_W - T_K)}{\mu} \times c = 150 \times \frac{45 - 10}{0,9} \times 1,16 = 6.767 \frac{\text{Watt}}{d} = 6,77 \frac{\text{KW}}{d};$$

Stromkosten pro Tag

$$K_{ST} = 6,77 \times 0,283 = 1,916 \frac{\text{€}}{d};$$

Durchschnittliche Stromkosten monatlich bei einem Nutzungsgrad von 60%:

$$K_m = 30 \times 1,92 \times 0,60 = 34,56 \frac{\text{€}}{m};$$

5.2.4.2 Energiebedarf für einen 4 Personenhaushalt mit zentralem Boiler:

Zum Vergleich wird eine zentrale Warmwasserbereitung gegenübergestellt.

Angaben:

Strombedarf Zirkulationspumpe: $P_Z = 35 \text{ W}$;

Laufzeit der Zirkulationspumpe: $t_Z = 14 \frac{h}{d}$;

Zirkulationsverluste: $\mu_Z = 88 \%$; (einfache Anlage)

Boiler Wirkungsgrad zentral: $\mu_{BZ} = 85\%$; (Boilertemperatur min. 60°C)

Boiler wird zentral elektrisch beheizt, damit wird gleichzeitig ein hoher SCOP- Wert der Wärmepumpe garantiert. Der Boiler wird einmal im Monat auf 70°C aufgeheizt, und ca. 1 Stunde gehalten, damit eventuelle angefallene Verkeimungen (Legionellen) thermisch vernichtet werden.

Berechnung:Energiebedarf WW-Bereitung:

$$P = V_d \times \frac{(T_W - T_K)}{\mu_Z \times \mu_{BZ}} \times c = 150 \times \frac{45 - 10}{0,88 \times 0,85} \times 1,16 \cong 8.141 \frac{\text{Watt}}{\text{d}} = 8,14 \frac{\text{KW}}{\text{d}};$$

Energiebedarf Zirkulationspumpe pro Tag:

$$P_Z = P_Z \times t_Z = 35 \times 14 = 490 \frac{\text{W}}{\text{d}} = 0,49 \frac{\text{KW}}{\text{d}};$$

Stromkosten pro Tag

$$K_{ST} = (8,14 + 0,49) \times 0,283 \cong 2,44 \frac{\text{€}}{\text{d}};$$

Durchschnittliche Stromkosten monatlich bei einem Nutzungsgrad von 60%:

$$K_m = 30 \times 2,44 \times 0,6 = 43,96 \frac{\text{€}}{\text{m}};$$

Bei einer zentralen Warmwasserversorgung sind die Warmwasser Bereitungskosten um ca. 27 % höher als bei dezentralen Einzelboiler. Dies wird bedingt durch die höhere Boiler Temperatur von 60°C und die Zirkulationsverluste. Laut ÖNORM B5119 darf die Zirkulationstemperatur vor dem Boiler Eintritt nicht unter 55 °C betragen. Bei dieser Vergleichsrechnung ist der Stromverbrauch der Zirkulationspumpe eingerechnet, jedoch nicht die Wartungs- und Verschleißkosten.

Wird die Warmwasser Bereitung mit der Wärmepumpe aufbereitet, verschlechtert sich der SCOP- Wert beziehungsweise die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe laut Erfahrungswerten um ca. 25 %. Das bedeutet, dass die Heizkosten um ca. 25 % höher liegen werden.

Auf Grund dieser Überlegungen, fiel die Entscheidung vom Planer auf die Lösung mit den Einzelboilern in den Wohnungen. Dies atellt die günstigste Lösung für die Warmwasserbereitung dar

5.2.5 Komfort Wohnraumlüftung (KWL)

Für das Wohnanlagen- Projekt in Tirol wurde geprüft, ob der Einbau einer Komfort- Wohnraumlüftung (KWL) sinnvoll, beziehungsweise technisch möglich ist. Die Prüfung hat ergeben, dass die Luftverteilung der KWL- Anlage in den Decken einzubetonieren wäre. Anders konnten die Leitungen nicht untergebracht werden. Bei einem historischen Bau gelten andere Kriterien, wie bei einem Neubau, der mit Betonwänden und Wärmedämmung samt wasserdichten Außenputz hergestellt wird. Daher hat sich der Planer mit dem Bauherrn

gegen eine KWL- Anlage entschieden. Ausgeführt wurde eine Einzel- Abluftanlage der innenliegenden Räume mit Einzelventilatoren.

5.2.5.1 Wandaufbau im historischen Gebäude

Ursprünglich wurde vom Planer überlegt, eine kontrollierte Wohnraumlüftung einzubauen. Dies wurde jedoch nach eingehender Prüfung nicht ausgeführt. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren unter anderem die atmungsaktiven alten Steinwände, die teilweise bis zu 1,10 m dick sind. Diese alten Wände haben die Fähigkeit einen sehr guten Luftaustausch herzustellen. Andererseits haben diese Wände einen sehr guten u-Wert, durch die eingelagerten Hohlräume zwischen den Steinen. Diese Wände haben die Fähigkeit eines Klimausgleiches, d.h. im Winter ist es wohlig warm, und im Sommer angenehm kühl. Zusätzlich wird durch den Luftaustausch der Wände die relative Feuchte der Luft im Winter bei ca. 30% bis 40% gehalten. (= Erfahrungswert)

5.2.5.2 Abluftanlage

Für die Entlüftung der innenliegenden Räume wie Bad, WC, Abstellraum wurde eine Einzel-Absaugung vorgesehen.

Vorteile:

- ❖ Nachträglicher Einbau in Bestandsgebäuden leicht möglich
- ❖ Die baulichen Maßnahmen sind gering
- ❖ Kostengünstiger Betrieb
- ❖ Individuelle Steuerung möglich (z.B. nach Luftfeuchtigkeit)

Nachteile:

- ❖ Luftnachströmung über Fenster
- ❖ Geräuschbildung

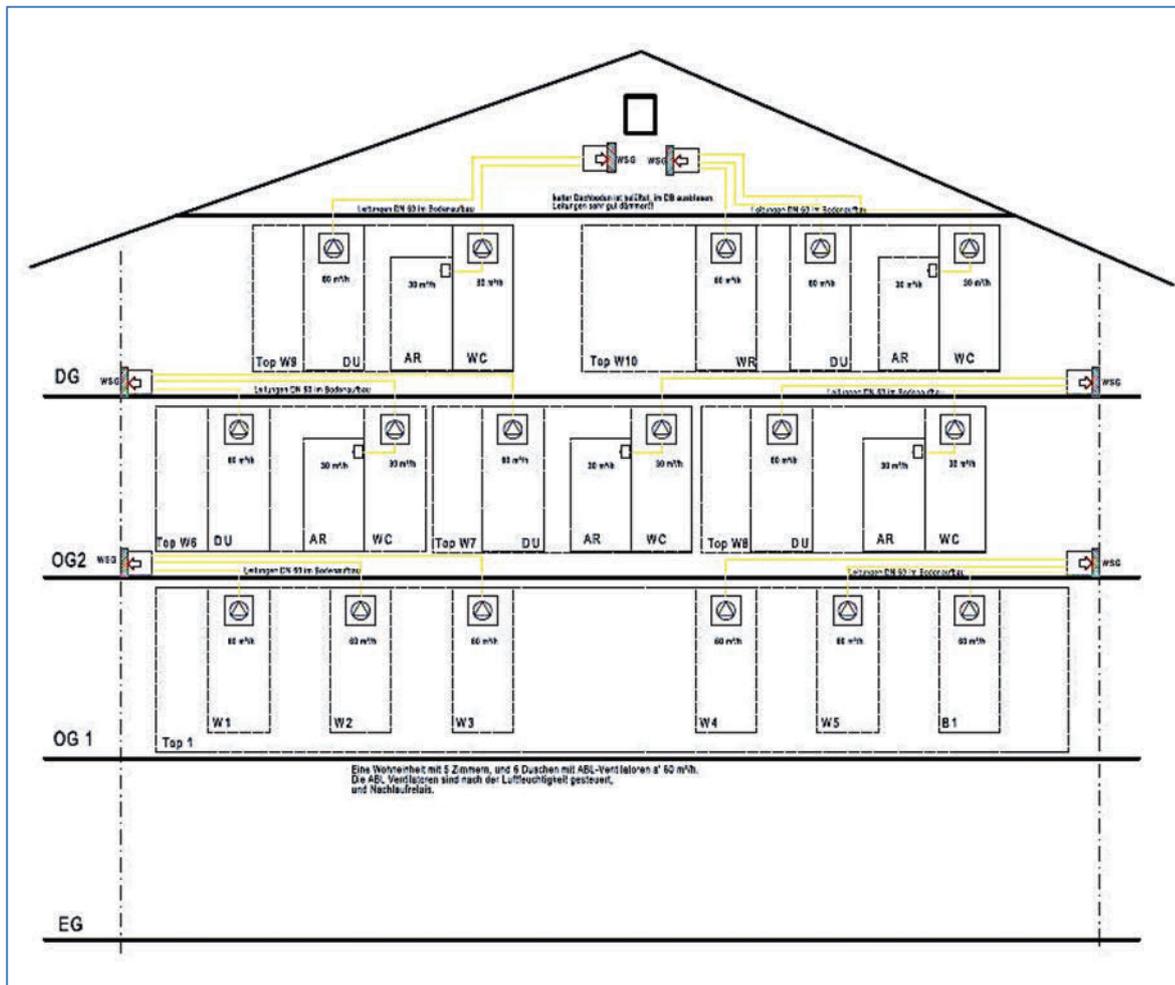
Auslegung und Funktion:

Die Duschen (DU) werden mit 60 m³/h Absaugvolumen bemessen, die ABL- Ventilatoren sind nach Luftfeuchtigkeit und Nachlaufrelais gesteuert.

Die WCs werden mit 30 m³/h Absaugvolumen bemessen, die danebenliegenden Abstellräume (AR) werden ebenfalls mit 30 m³/h Absaugvolumen bemessen. Die WC-Ventilatoren werden über den Lichtschalter und einem Nachlaufrelais gesteuert. Der Wirtschaftsraum (WR) im DG wird mit 60 m³/h Abluftvolumen bemessen. Der Ventilator wird über den Lichtschalter ohne Nachlaufrelais gesteuert.

In Abbild 31 ist die Entlüftungsanlage schematisch dargestellt. Die Einzelraum- Entlüfter sind als Unterputzventilatoren mit Zweitanschluss ausgestattet. Die Zweitanschlüsse

werden bei den WCs verwendet. In den Abstellräumen sind Tellerventile für die Absaugung vorgesehen.



Abbild 31: Schema Entlüftung mit Einzelraumlüfter³⁷

5.2.5.3 Komfort- Wohnraum- Lüftungsanlage (KWL)

Eine KWL-Anlage war bei diesem Wohnprojekt nicht sinnvoll, da die Außenwände atmungsaktiv ausgeführt sind. Es erfolgt ein natürlicher Luftaustausch über das bestehende Steinmauerwerk.

5.2.6 PV-Anlage

Damit die Wärmepumpe für die Heizung komplett mit grünem Strom betrieben werden kann wurde eine PV-Anlage auf dem Dach eingebaut. Die Anordnung der PV-Anlage und

³⁷ Quelle: Eigene Zeichnung Ingenieurbüro RanggerTech GmbH

das Aussehen der Anlage wurde mit dem Denkmalamt abgestimmt, Die Vorgaben vom Bundesdenkmalamt waren

- f) Die Anordnung als geschlossenen Block
- g) Full Black Module
- h) Die Befestigungen in schwarz matt
- i) Der max. Abstand vom Dach bis Oberkannte Module darf 20 cm nicht überschreiten.

Nach mehreren Verhandlungen wurde die PV-Anlage vom Bundesdenkmalamt genehmigt. Von der Baubehörde wurde ebenfalls eine Genehmigung eingeholt.

Die Entscheidung für eine PV-Anlage wurde ausschließlich nach ökologischen Überlegungen getroffen. Eine Rentabilität einer solchen Anlage ist nicht gegeben, und kann auch nicht kalkuliert werden, da die Einspeisetarife der TIWAG eine hohe Bandbreite aufweisen. (zwischen 8,5 bis 25.6 Cent)

5.2.6.1 Berechnung der PV- Anlage

Laut Berechnung mit Excel Sheet (Anlage Teil2) wird ein Heizwärmebedarf von 44.800 KWh für das gesamte Gebäude benötigt.

Bei der Variante LW- Wärmepumpe wird unter der Voraussetzung eines Jahresnutzungsgrades von SCOP= 2,8 ein Stromverbrauch von 10.938 KWh benötigt. Dieser Strombedarf soll mit einer PV- Anlage am südseitig ausgerichteten Dach erzeugt werden.

Die Klimadaten sind bei der Zentralanstalt für Klimadaten und Geologie (ZAMG) nachzufragen, oder über das Internet selbst herunterzuladen. Wer genauere Daten von der ZAMG haben möchte der muss dafür auch einen geringen Obolus hinterlegen.

Der Diplomand hat seine Daten aus dem Studienvortrag *EE3- Photovoltaik* entnommen.

5.2.6.1.1 Angaben:

Strommenge:	10.938 KWh/a (ergibt sich aus der Berechnung HK-Vergleich)
Dachfläche gesamt:	200 m ²
Ausrichtung:	Süd
Dachneigung:	27°

Die Globalstrahlung wird aus den Messdaten des Wetterdienstes entnommen (ZAMG)

$$E_{\text{SOLAR}} = 1.194 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{a}$$

5.2.6.1.2 Berechnung PV- Wirkungsgrad Gesamtanlage:

Berechnung des Wirkungsgrades der Gesamtanlage

$\eta_{PV} =$ 20% (Modul, Berechnung 6.1.4)

$\eta_{DC/AC} =$ 98%

$\eta_{WR} =$ 98,20% (Datenblatt Wechselrichter)

Formel: $\mu_G = \mu_{PV} \times \mu_{DC/AC} \times \mu_{WR}$;

Gesamtwirkungsgrad:

$\mu_G = 20 \% \times 98 \% \times 98,20 \% = 19,25 \%$;

5.2.6.1.3 Berechnung der gesamten PV- Fläche:

Energieverbrauch/anno = 10.938 KWh/a; (Stromverbrauch der WP)

Globalstrahlung per anno = 1.194 KWh/m².a; (ZAMG)

Erforderliche PV- Fläche:

$$PV_{FL} = \frac{10.938 \text{ KWh/a}}{1.194 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2 \text{a}} \times 19,25\%} = 47,11 \text{ m}^2$$

Aufgerundet 50 m² PV-Fläche.

Aus Sicht des Denkmalschutzes darf eine Fläche von 50 m² am südl. Dach belegt werden.

Deckungsgrad = $50 \text{ m}^2 / 47,11 \text{ m}^2 = \underline{106 \%}$;

Das heißt, dass der Strom für die Wärmepumpen zur Beheizung des gesamten Gebäudes wird zu 100 % mit der PV- Anlage abgedeckt.

5.2.6.1.4 Berechnung PV- Modul Wirkungsgrad:

Fläche pro Modul:

$A_m = 1,723 \text{ m} \times 1,133 \text{ m} = 1,95 \text{ m}^2$;

Leistung pro Modul:

$P_m = 34,51 \text{ V} \times 13,26 \text{ A} = 457,60 \text{ W}$;

Wirkungsgrad pro Modul:

$$\mu_{pv} = \frac{457,60 \text{ W}}{1196 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \times \frac{1}{1,95 \text{ m}^2} = 0,1959 = 20 \% \text{ gerundet};$$

5.2.6.1.5 Anzahl der Module:

Modul Fläche: 50 m²

Theoretische Anzahl der Module:

$$\text{Anzahl} = 50 \text{ m}^2 : 1,95 \text{ m}^2 = 26 \text{ Module};$$

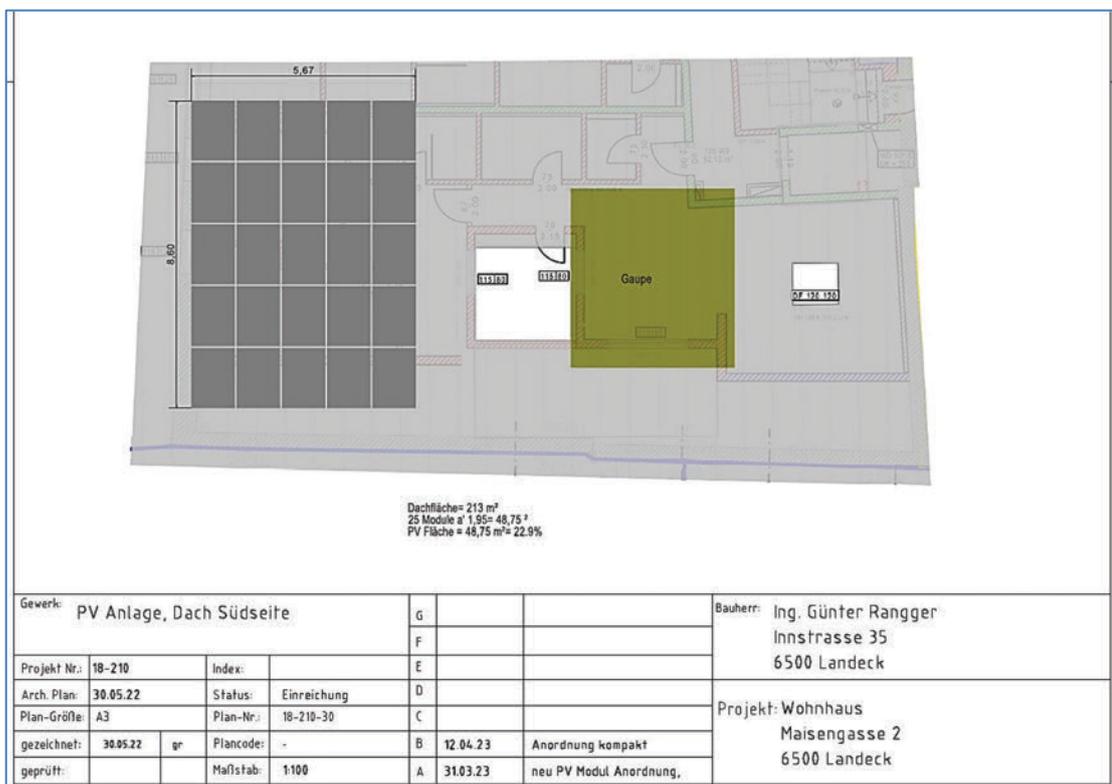
Die Entscheidung ist auf 25 Module gefallen, das hat sich ergeben aus der Anordnung, die das Bundesdenkmalamt vorgegeben hat.

5.2.6.1.6 Modulanordnung

Spalten: 5 Stück x 1,133 m = 5,67 m²

Reihen: 5 Stück x 1,720 m = 8,60 m;

Das PV Modulen Feld ist 5,67 m lang und 8,60 m hoch am Dach liegend parallel zur Dachhaut.



Abbild 32: Anordnung der PV- Anlage am Dach³⁸

5.2.6.1.7 Berechnung Kurzschluss Strom:

Berechnung der max. Anzahl der Solarmodule pro String:

³⁸ Quelle: eigene Zeichnung vom Ingenieurbüro Rangger GmbH

$$\frac{\text{Anzahl}}{\text{String}} = \frac{U_{DC \text{ Max}}}{U_{MPP}} = \frac{750 \text{ V}}{34,51 \text{ V}} = 21 \text{ Module pro String};$$

Für die Anlage wurden die Module auf 2 Strings aufgeteilt.

Ein String mit je 13 Modulen, und der zweite String mit 12 Modulen.

String 1 mit 13 Modulen $13 \times 400 \text{ W} = 5.200 \text{ W}_{P,AC}$

String 2 mit 12 Modulen $12 \times 400 \text{ W} = 4.800 \text{ W}_{P,AC}$

Zusammen String 1 und String 2 = $10.000 \text{ W}_{P,AC}$

Zusammen mit Wirkungsgrad: $10.000 \times 0,98 = 9.800 \text{ W}_{P,DC}$;

Der maximale Kurzschlussstrom bei 13 Modulen beträgt: $I_{G1} = \frac{5200 \text{ W}}{750 \text{ V}} = 6,93 \text{ A}$;

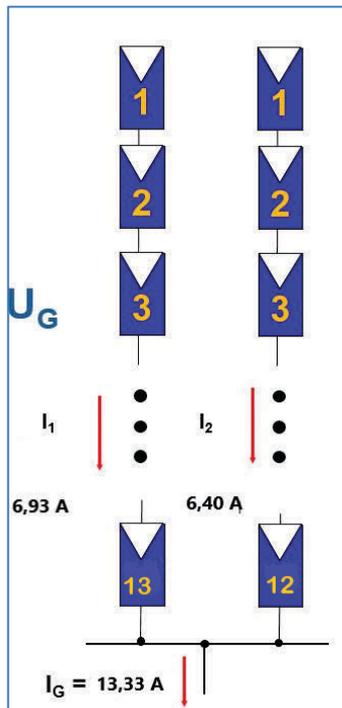
Der maximale Kurzschlussstrom bei 12 Modulen beträgt: $I_{G2} = \frac{4800 \text{ W}}{750 \text{ V}} = 6,40 \text{ A}$;

Der gesamte maximale Kurzschlussstrom beträgt:

$$I_G = I_{G1} + I_{G2} = 6,93 \text{ A} + 6,40 \text{ A} = 13,33 \text{ A};$$

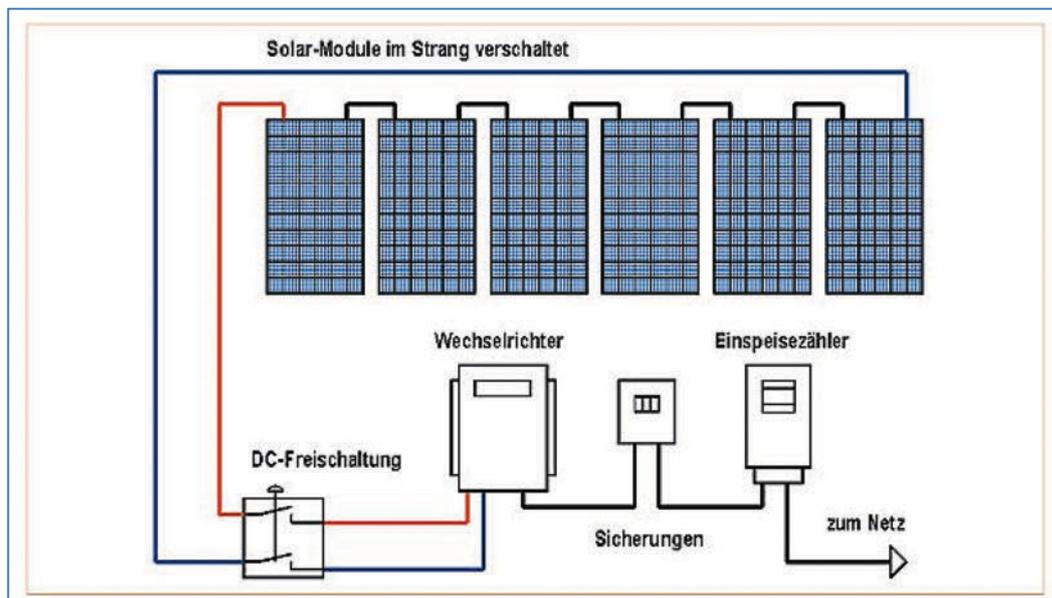
Der max. Kurzschluss- Strom laut Datenblatt vom Wechselrichter beträgt 38 A.

Der Wechselrichter ist für diese Anlage geeignet.



Abbild 33: Kurzschluss Strom³⁹

5.2.6.1.8 Modul- Verschaltung:



Abbild 34: Prinzipdarstellung mit Wechselrichter Sicherung und Einspeisezähler⁴⁰

³⁹ Quelle: Studium Wien Kurs EE1 Erneuerbare Energie

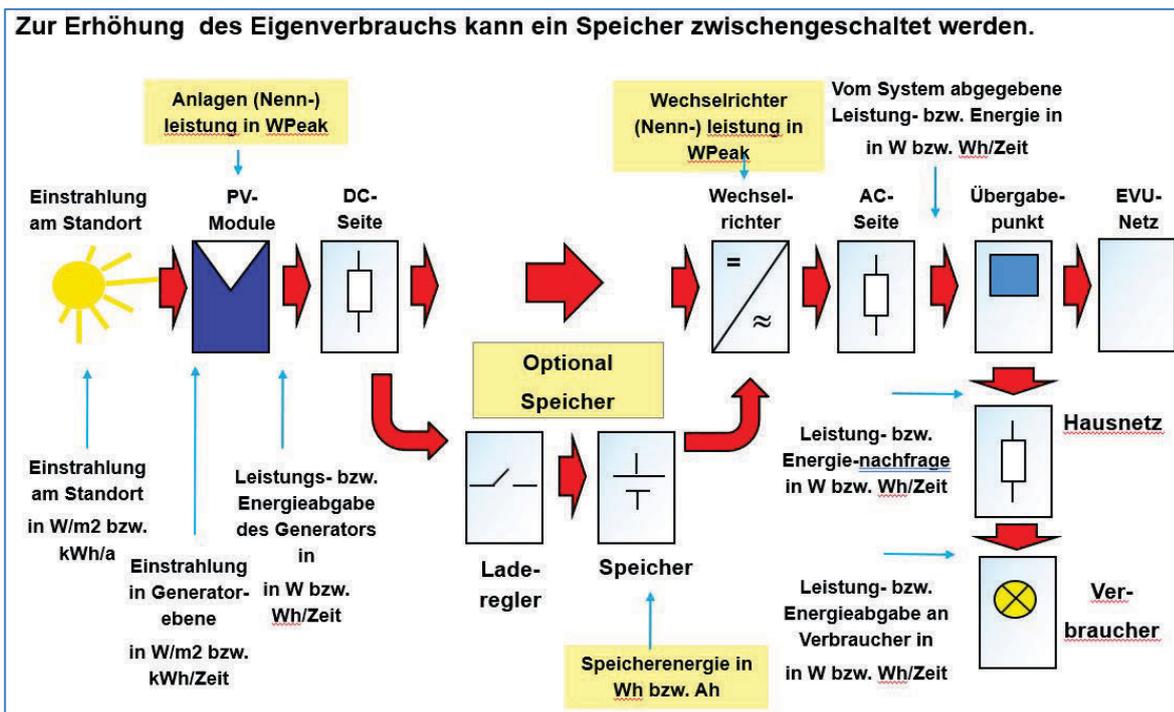
⁴⁰ Quelle: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ci-ando.com/img/books/extract/3772338259_lp.pdf

Eine Speicherung des Stromes wurde nicht in Erwägung gezogen, da der meiste Strom im Sommer erzeugt wird, und der überschüssige Strom in das Netz eingespeichert wird. Eine Verschiebung der erzeugten Strommenge vom Sommer in den Winter ist technisch nicht möglich.

5.2.7 PV-Komponenten

Eine PV- Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- ❖ PV- Modul
- ❖ DC-Seite
- ❖ Optional: Speicher und Laderegler
- ❖ Wechselrichter
- ❖ AC- Seite
- ❖ Übergabepunkt
- ❖ EVU- Netz
- ❖ Hausnetz
- ❖ Verbraucher



Abbild 35: Aufbau einer PV-Anlage (optional mit Speicher)⁴¹

Da der Einspeisetarif und auch der Verbrauchertarif bei der TIWAG in einer relativ breiten Bandbreite schwankt, ist eine wirtschaftliche Betrachtung der PV-Anlage nicht möglich.

⁴¹ Quelle: Studium Gebäudetechnik Wien, Kurs EE 3, Photovoltaik

Jede Berechnung würde im Grund auf spekulativen Zahlen beruhen. Eine mögliche monetäre Differenz zwischen Einspeisetarif und Verbrauchertarif wird in Kauf genommen. Eine Entscheidung für oder gegen eine PV-Anlage kann nicht nach wirtschaftlichen Überlegungen getroffen werden. Im vorliegenden Fall wurde die Entscheidung ausschließlich nach ökologischem Gesichtspunkt getroffen.

5.2.7.1 Steckverbinder:



Die Strings werden mit genormten Steckverbindungen miteinander verbunden, und bis zum Hauptverteiler geführt. Dort werden sie auf die dafür vorgesehenen Klammern aufgeschaltet.

Abbild 36: Steckverbindungen für 4-6 mm²⁴²

5.2.7.2 PV-Modul:



Abbild 37: PV- Solarmodul Power Plus Full Black 400 W⁴³

⁴² Quelle: <https://www.josefsteiner.at/pv-anlagen/kabel-stecker-und-zubehoer/kabelsteckverbindung-mc4.html>

⁴³ Quelle: <https://www.josefsteiner.at/pv-anlagen/photovoltaik-module/photovoltaik-solarmodul-power-plus-black-410-w.html>

PV Solarmodul POWER PLUS FULL BLACK 400W	
Elektrische Eigenschaften	
Nennleistung	400 W
Max. Spannung [Vmpp]	34,51 V
Strom Max. [Impp]	13,26 A
Leerlauf Spannung [Voc]	37,47 V
Kurzschlussstrom [Isc]	13,96 A
Modul-Effizienz	21,01 %
Temperaturbereich	-40°C bis +85°C
Maximale Systemspannung	DC 1500 V
Anwendungsklasse	Klasse A
Leistungstoleranz	0 ~ +5 %
Mechanische Eigenschaften	
Solarzelle	Monosolarzelle
Anzahl der Zellen	108 (6 x 18)
Abmessungen (H x B x T)	1723 x 1133 x 35 mm
Gewicht	22 kg
Rückseite	Weiß
Rahmen	eloxiertes Aluminium
Anschlussdose	Nennstrom $\geq 15A$, Ip ≥ 67
Glas	3,2 mm gehärtetes Glas + AR-Beschichtung
Verbindungsstecker	MC4 kompatibel

Abbild 38: Datenblatt PV Solarmodul

5.2.7.3 Wechselrichter:



Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom (AC) in Wechselstrom (DC) um. Der Wirkungsgrad eines Wechselrichters liegt je nach Fabrikat bei ca. 96 – 98%.

Abbild 39: Hybrid Wechselrichter 10KW, 400 V⁴⁴

Abbild 40: Datenblatt für Wechselrichter 10 KW

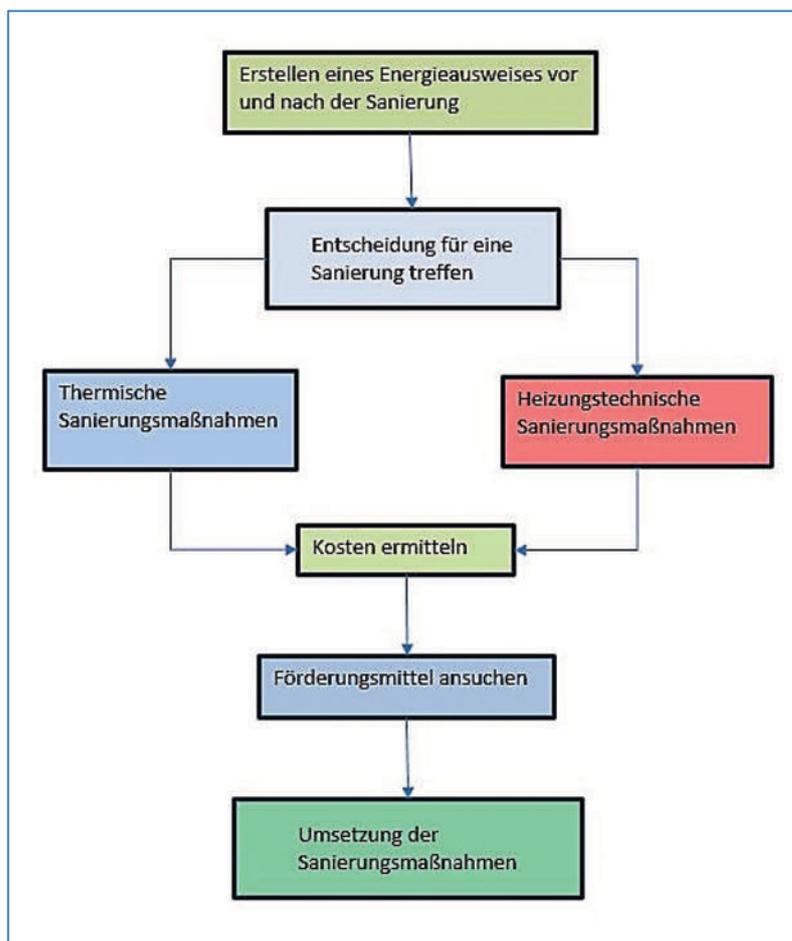
⁴⁴ Quelle: <https://www.josefsteiner.at/pv-anlagen/photovoltaik-inverter-wechselrichter/wechselrichter-10-kw-400-v.html>

6 Zusammenfassung

In der Zusammenfassung werden noch einmal die einzelnen Heizsysteme aufgezählt und mit Vor- und Nachteilen bewertet. Es ist nicht einfach ein bestimmtes System zu empfehlen, da es immer auf die speziellen Gegebenheiten und auf die jeweiligen Wünsche der Bauherren ankommt. Es gibt Bauherren, die keine Fußbodenheizung möchten, weil sie der Meinung sind, dass sie die Beine anschwellen lassen. Andere Bauherren wollen wieder keine Heizkörper, weil sie zu klobig, und schwer zu reinigen sind.

6.1 Thermische Gebäude Sanierung

Bei der Sanierung von Wohnbauten ist vorher immer ein Energieausweis zu erstellen. Ein Energieausweis vom Ist Zustand und einer nach der Sanierung (Sollzustand). Auf Grund des Energieausweises kann entschieden werden, wie bei der Sanierung des Wohngebäudes vorgegangen wird.

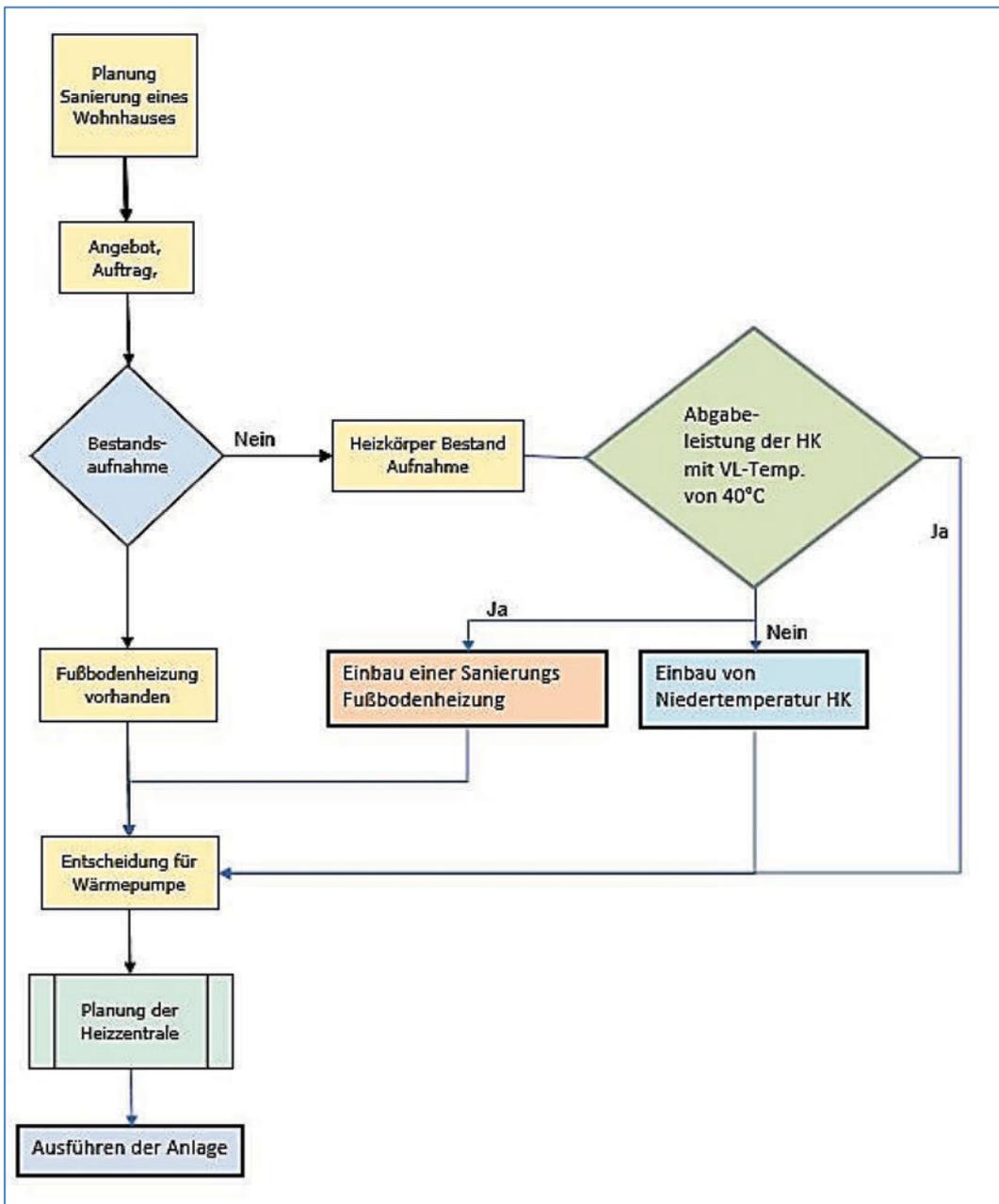


Abbild 41: Einfaches Flussdiagramm Sanierung eines Wohnhauses

Zuerst ist immer eine Thermische Sanierung vorzunehmen. Die thermische Sanierung besteht aus folgenden Komponenten:

- ❖ Austausch der Fenster und Türen
- ❖ Dämmen der obersten Geschossdecke, bzw. Dämmen des Daches.
- ❖ Dämmen der Außenwände
- ❖ Dämmen der Kellerdecke

6.2 Heizungstechnische Sanierung



Abbild 42: Einfaches Flussdiagramm für Heizungssanierung

Ist die thermische Sanierung festgelegt, kann die Optimierung der Heizungsanlage erfolgen. Auf Basis der neuen Heizlast wird das Heizsystem neu bewertet. Sollte im Bestand schon eine Fußbodenheizung oder Wandheizung vorhanden sein, kann diese für einen Wärmepumpenbetrieb ausgelegt werden. Sind im Bestand Heizkörper vorhanden, so sind diese zuerst im Detail zu erheben, und zu prüfen, ob sie für eine Niedertemperaturheizung geeignet sind. Kann dies nach der Analyse der Heizkörper bestätigt werden, so können diese für einen Wärmepumpenbetrieb verwendet und ausgelegt werden. Sollten die Heizkörper nicht für eine Niedertemperaturheizung geeignet sein, dann sind andere Überlegungen zu treffen.

Im Einzelnen wäre das:

- Austausch der bestehenden Heizkörper auf Niedertemperaturheizkörper
- Oder Einbau einer Fußbodenheizung für Sanierung. (Abbild 4, Seite 6)

Beim Austausch der Heizkörper auf Niedertemperatur ist zu beachten, dass die Heizkörper nicht zu groß werden, und in die vorgegebenen Nischen passen. Können die vorhandenen Heizkörperanschlüsse verwendet werden?

Für den Betrieb der Wärmepumpe sollte nach Möglichkeit grüner Strom verwendet werden. Laut Auskunft der TIWAG versorgt diese ihre Kunden ausschließlich mit Ökostrom.

Sollte die Möglichkeit für den Einbau einer Fußbodenheizung mit einem Gesamtaufbau von 2,5 cm gegeben sein, ist die Fußbodenheizung zu bevorzugen. Damit kann die Wärmepumpe mit einer noch tieferen Vorlauftemperatur betrieben werden als bei den Niedertemperaturheizkörpern. Die Niedertemperaturheizkörper haben den Nachteil, dass sie meist mit einem Ventilator ausgestattet sind. Diese haben eine größere Staubumwälzung und Geräuschbelästigung zur Folge, und wirkt sich nachteilig aus.

Eine Sanierung eines Gebäudes stellt große Ansprüche an den Planer und erfordert viel praktische Erfahrung. Ein intensiver Austausch zwischen Architekten und Planer ist zu empfehlen.

6.3 Warmwassertechnische Sanierung

In den meisten Wohnanlagen sind zentrale Warmwasseraufbereitungen installiert. Es ist zu prüfen, ob im Einzelfall die zentrale WW- Bereitung auf Einzelboiler umgestellt werden kann. Ist dies nicht möglich, dann sind Hygiene technische Maßnahmen zu treffen. Das heißt konkret, eine Überwachung der Warmwassertemperatur, und der Zirkulationstemperatur. Zusätzlich sind abflammbare Probenahmeöhne einzubauen, damit das Wasser regelmäßig auf Legionellen überprüft werden kann. Die Boiler Temperatur muss mindestens 60°C betragen. Der Boiler muss mit 60°C komplett durchgeladen sein, ansonsten ist der Boiler zu tauschen, oder geeignete Maßnahmen zu treffen, damit dieser Zustand gewährleistet wird. Die Zirkulationspumpe kann in Wohnanlagen in der Nacht abgeschaltet

werden. Während des Tages muss die Zirkulationspumpe immer in Betrieb sein. Für die Hygienischen Anforderungen des Trinkwassers ist die ÖNORM B5019 zu berücksichtigen.

Im Besonderen ist auf die Kaltwasserleitung zu achten, dass sich das Kaltwasser im Haus nicht erwärmt. Nach Möglichkeit ist die Kaltwasserleitung in einem eigenen Schacht zu führen. Sollte dies nicht möglich sein, ist die Kaltwasserleitung im Schacht weit entfernt von Energieführenden Leitungen zu führen. Es sind alle Maßnahmen zu treffen, damit sich die Kaltwasserleitung nicht erwärmt. Bei einer Kaltwasser-Temperatur von ca. 25°C besteht Legionellen Gefahr.

Die Leitungen sind zusätzlich zu dämmen, sodass die Dämmdicke mindestens der ÖNORM H5155 entspricht.

Literatur

- ❖ Der Recknagel / Sprenger / Schramek – Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik, 74. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag, München 2009.
- ❖ Laasch Thomas; Laasch Erhard: Haustechnik Grundlagen, Planung, Ausführung, 13. Auflage,- Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2013
- ❖ Prof.Dipl.Ing.Pistohl Wolfram; Prof.Dr. Ing. Rechenauer Christian; Prof. Dr. Ing. Scheurer Birgit: Handbuch der Gebäudetechnik, Planungsgrundlagen und Beispiele. Band 1, Allgemeines, Sanitär, Elektro, Gas; 9. Überarbeitete Auflage. Köln: Reguvis Fachmedien GmbH, 2016
- ❖ Prof.Dipl.Ing.Pistohl Wolfram; Prof.Dr. Ing. Rechenauer Christian; Prof. Dr. Ing. Scheurer Birgit: Handbuch der Gebäudetechnik, Planungsgrundlagen und Beispiele. Band 2, Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Energiesparen; 9. Überarbeitete Auflage. Köln: Reguvis Fachmedien GmbH, 2016

Literaturverzeichnis

Actifloor. (07. 08 2023).

https://www.actifloor.at/?gclid=Cj0KCQjwrMKmBhCJARIsAHuEAPQ3A618IASxZfHQ568MFwILs6fduDrgNk6h9D52JsZaaDNKnYa1-4caAg1ZEALw_wcB. Von <https://www.actifloor.at/> abgerufen

Austria Email. (07. 08 2023). Von <https://www.austria-email.at/produkte/indirekt-beheizte-speicher/>: <https://www.austria-email.at/> abgerufen

Austria Email. (07. 08 2023). Von https://www.hausfabrik.at/austria-email-ae-komfortspeicher-ehk-s-120-u-120-liter-6-stunden-2-00kw-a13737-6-de_AT.html: <https://www.hausfabrik.at> abgerufen

Deutschland, U. (09. 08 2023). Von www.umweltbundesamt.de abgerufen

Energie und Umweltagentur des Landes NÖ. (09. 08 2023). Von Infografik: Wärmeverlust eines Hauses: <https://www.energie-noe.at/infografik-waermeverlust-haus> abgerufen

Fröling. (15. 06 2023). *Hackgutkessel*. Von <https://www.froeling.com/de-at/produkte/hackgut/t4e/> abgerufen

Fröling. (09. 08 2023). *pe1e- pellet*. Von <https://www.froeling.com/de-at/produkte/pellets/neu-pe1e-pellet/> abgerufen

Fröling. (15. 06 2023). *Scheitholzessel*. Von <https://www.froeling.com/de-at/produkte/scheitholz/s4-turbo-s4-turbo-f/> abgerufen

Fröling. (09. 08 2023). *Scheitholzessel*. Von <https://www.froeling.com/de-at/produkte/scheitholz/s4-turbo-s4-turbo-f/> abgerufen

Heizungsbauer.de, D. (09. 08 2023). *Welche Kältemittel gibt es für die Wärmepumpe*. Von <https://www.dein-heizungsbauer.de/ratgeber/bauen-sanieren/kaeltemittel-waermepumpe/#c3219> abgerufen

Hudsonreed. (13. 06 2023). *Glieder HK*. Von https://de.hudsonreed.com/gliederheizkoerper-horizontal-3-saeulen-nostalgie-weiss-300mm-x-605mm-525w-regent-21216?gclid=CjwKCAjwp6CkBhB_EiwAIQVyxYxkymhsFvELIiajxQlfnRjxpeCZuWelNVlYrLulj2FQNR_xWn4-RBoCmAwQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds: <https://de.hudsonreed.com/> abgerufen

- Kalczyk und Kreihansel ZT Büro. (09. 08 2023). *Dämmen wirkt*. Von <https://www.ztkuk.at/daemmen-wirkt/> abgerufen
- Kalczyk und Kreihansel ZT Büro. (09. 08 2023). *Dämmen wirkt- warum es so wirkt*. Von <https://www.ztkuk.at/daemmen-wirkt/> abgerufen
- Ochsner. (09. 08 2023). *Datenblatt Air Basic 109 C11B T200*. Von https://www.ochsner.com/fileadmin/downloads/OP/285920-AIR%20BASIC%20109%20C11B%20T200_DE.pdf abgerufen
- Sanitär Fachmagazin. (13. 06 2023). *Zentrale WW Boiler*. Von https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sanitaer.org%2Fmagazin%2Fwarmwasserspeicher-entkalken-201911527&psig=AOvVaw2D9ffiR_b0_kKLXOBsKMWq&ust=1686748165112000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCIDwoYOqwP8CFQAAAAAdAA AAABAL: <https://www.google.com> abgerufen
- Stiebel Eltron. (07. 08 2023). Von https://www.megabad.com/hersteller-stiebel-eltron-durchlauferhitzer-vollelektronischer-dhe-a-333406.htm?ref=FrgArt_333406_333406&ll=at&gclid=Cj0KCQjw2qKmBhCfARIsAFy8buJakSohpsykfas2xIldpacxLAKc5TDjI0-Pf_w575-uT_6ZxVa9-TAYaAjhnEALw_wcB: <https://www.megabad.com> abgerufen
- Vaillant. (09. 08 2023). *Rat & Tat*. Von <https://www.vaillant.de/21-grad/rat-und-tat/heizkurve/> abgerufen
- Variotherm. (07. 08 2023). Von <https://www.variotherm.com/de/produkte/deckenkuehlungheizung-trockenbau/technik-moduldecke-akustik.html>: <https://www.variotherm.com/de/> abgerufen
- Variotherm. (07. 08 2023). Von <https://www.variotherm.com/de/produkte/wandheizungkuehlung-trockenbau.html>: <https://www.variotherm.com/de/> abgerufen
- Viessmann. (09. 08 2023). *Die Brennstoffzelle*. Von <https://www.viessmann.at/de/wissen/technologie-und-systeme/brennstoffzelle.html> abgerufen
- Vogel & Noot. (13. 06 2023). *WP Heizkörper*. Von https://www.vogelundnoot.com/at/renovierung-waermepumpe-heizkoerper.htm?keyword=design%20heizk%C3%B6rper&creative=646624295710&matchtype=b&gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAnilcNcbRUyw3n32RFwOyklx5hedNh5WG3hPfyLgFF0wprVP_ZenKfAathoCqFkQAvD_BwE. abgerufen

Weimann und Schanz. (09. 08 2023). *Warmwasserspeicher*. Von <https://www.weinmann-schanz.de/de/de/Installation/Elektro-Warmwasserspeicher/Warmwasserspeicher-druckfest/Druckfester-Warmwasserspeicher-OGB-SMZ-50-150-Liter-230-400-V-sid1185152.html> abgerufen

Wikipedia. (09. 08 2023). *Fernwärmeleitung*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Fernwaerme#> abgerufen

Wikipedia. (09. 08 2023). *Kraft-Wärme-Kopplung*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Kraft-Waerme-Kopplung#> abgerufen

Wikipedia. (09. 08 2023). *Wärmepumpe Abbildung 13*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmepumpe> abgerufen

Wikipedia. (09. 08 2023). *Wärmepumpe, Abbild 12*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmepumpe>:
<https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmepumpe> abgerufen

Anlagen

Teil 1 WH Wien, Berechnungen.....	72
Teil 2 WA Tirol, Berechnungen.....	76
Teil 3 WH Wien, Datenblätter.....	80
Teil 4 WA Tirol, Datenblätter.....	83

Anlagen, Teil 1, WH Wien Berechnungen

Untenstehend sind die Links angeführt, mit dem sie unter Punkt a) auf die Vergleichsrechnung von verschiedenen Heizsystemen kommen, und unter Punkt b) zur Berechnung der PV- Modulfläche.

Bitte die Links einzeln kopieren und im Google einfügen und öffnen.

- a) Vergleichsrechnung Excel Sheet Gas Therme, Grundwasser Wärmepumpe; Luft Wasser Wärmepumpe.

https://www.dropbox.com/scl/fi/9ukiasm3byqw6ik4yzi41/2023-09-06_VDI-2067-HKvergleich-Wien.xlsx?rlkey=zt4iscarc4g3v82zrpwypmhjs&dl=0

- b) Berechnung der PV- Anlage für die Wohnanlage in Tirol

https://www.dropbox.com/scl/fi/ftpy4giw8i23t4p516d97/2023-09-12_Berechnung-PV_Wien.xlsx?rlkey=c66u9h5z0r4wzyus89i0ryui2&dl=0

Abbild 43 und 44, zeigen die Heizkosten- Vergleichsrechnung des Wohnhauses in Wien, Loft:

Projekt: **Wohnhaus Wien**

Heizkostenvergleich in Anlehnung an den VDI 2067 Standard

Bitte gelbe Felder ausfüllen! Grüne Felder zeigen Ergebnisse!

überarbeitet: 06.09.2023

Mischzinssatz 6,00 [% p.a. Nominalbetrag]

Basisdaten	Nutzungsdauer [Jahre]	Anuität [%]	Instandhaltung [%]
Kessel	20	8,7	1,0
Wärmepumpe	15	10,3	3,0
Installation	30	7,3	0,5
Gebäude/Fernwärme	50	6,3	0,5
Heizwärmebedarf	Gebäudeheizlast [KW]	Jahresvollaststunden [h/a]	Heizwärmebedarf [kWh/a]
des Gebäudes	7	1 250	8 750

Brennstoff	Strom €/kWh	Erdgas €/m³
Preis per Einheit	0,410	0,800
	KWh/a	m³/a
Abschätzung des Brennstoffbedarfes	2 734	8 929

Position	Einheit	Gastherme ¹⁾	S-W- WP ²⁾	LW-WP ³⁾
Investitionskosten				
Anschlusskosten WP Strom	€	-	2 560,00	1 120,00
Brennwertgerät incl. Anschl.kosten	€	6 200,00	-	-
Wärmepumpe	€	-	11 300,00	7 500,00
Verrohrung der Brunnen			1 800,00	
MSR Anlage WP-GK	€	1 250,00	800,00	800,00
Bohrungen	€	-	22 500,00	-
Installation	€	600,00	5 400,00	4 200,00
Gebäude (Kamin, etc.)	€	1 800,00	-	-
Gesamtinvestition	€	9 850,00	44 360,00	13 620,00
Anteil der förderbaren Investkosten	%	0,0	20,0%	20,0%
Förderquote	%	0,0	8 872,00	2724,0
Invest abzügl. Förderung	€	9 850,00	36 488,76	12 877,98
Kapitalkosten				
Anschlusskosten	€/a	-	133,60	67,19
Wärmepumpe	€/a	-	1 024,79	808,03
Bohrungen	€/a	-	1 174,20	-
Gaskessel	€/a	540,54	-	-
Installation	€/a	43,59	322,69	288,50
Gebäude	€/a	114,20	-	-
Kapitalgebundene Kosten	€/a	698,33	2 655,28	1 163,72
Verbrauchsgebundene Kosten				
Brennstoffkosten/ Strom	€/a	-	645,75	1 038,82
Brennstoffkosten/ Gas	€/a	714,02	-	-
Stromkosten für Betrieb	€/a	160,00	160,00	160,00
Verbrauchsgebundene Kosten	€/a	874,02	805,75	1 196,82
Betriebsgebundene Kosten				
Instandhaltung Zentrale	€/a	99,50	339,00	225,00
Instandhaltung Installation	€/a	3,00	27,00	21,00
Instandhaltung Gebäude	€/a	9,00	-	-
Personalkosten	€/a	-	-	-
Rauchfangkehrer	€/a	250,00	-	-
Wartung, Service	€/a	450,00	1 120,00	550,00

Seite - 1 -

Abbild 43: Heizkostenvergleich für Penthaus- Wohnung in Wien Seite 1

Betriebsgebunden Kosten	€/a	811,50	1 486,00	796,00	
Sonstige Kosten					
Versicherungen etc.	€/a	-	-	-	
Sonstige Kosten	€/a	-	-	-	
Gesamtkosten pro Jahr	€/a	2 383,85	4 947,03	3 156,54	
Gesamtkosten pro MWh	€/MWh	272,44	565,37	360,75	

- 1) Gastherme in jeder Wohnung
- 2) Sole- Wasser Wärmepumpe, elektrisch, mit Puffer
- 3) Luft/Wasser Wärmepumpe, elektrisch mit Puffer

Kommentar:

Die angegebenen Kosten sind Nettokosten ohne Mehrwertsteuer.
Eine Gaskesselanlage ist am günstigsten!

Energiepreise Stand Juli 2023:

Gaspreis: 80,00 Euro / MWh
Strompreis: 410,00 Euro / MWh

Zinssatz für Investitionen: 6,00%

Landeck, am 08.08.2023

F.d.R.d.A.

Name

Abbild 44: Heizkostenvergleich für Penthaus- Wohnung in Wien Seite 2

Berechnung der PV- Fläche

Felder zum befüllen
Rechenergebnisse

Anlage: Wohnhaus Wien
 Bauherr: Mustermann
 Anzahl der Wohnungen: 1

Aufgabe:
 Der Strom für die Wärmepumpen soll mit Sonnenenergie erzeugt werden.

Angaben:

Strommenge:	2 734,00	kWh/a
Dachfläche:	100	m ²
Ausrichtung:	Süden	
Neigung:	25°	
Datum:	13.11.2023	

Globalstrahlung wird aus den Messdaten des Wetterdienstes entnommen. (ZAMG)
 $E_{solar} =$ 1 194,00 kWh/m² a

Resultierende Einstrahlung:
 Abminderung geschätzt durch teilweise Beschattung des Nachbargebäudes
 $a_{besch.} =$ 0%

$E_{pv} = E_{solar} \times a_{besch.}$
 $E_{pv} =$ 1 194,00 0% 1 194,00 kWh/m² a

Wirkungsgrad Berechnung und Gesamtertrag:

$\eta_{PV} =$	20,00%	
$\eta_{DC/AC} =$	98,00%	
$\eta_{WR} =$	97,30%	

$$\eta_G = \eta_{PV} \times \eta_{DC/AC} \times \eta_{WR}$$

Gesamtwirkungsgrad
 $\eta_G =$ 19,07%

Berechnung der PV- Modul Fläche:

Energieverbrauch/ anno	2 734	kWh/a
Globalstrahlung per anno	1 194	kWh/m ²
PV Fläche=	12,01	m ²
PV Fläche gerundet =	12,00	m ²

$$\text{Deckungsgrad} =$$
 99,94%

Bemerkungen:

Datum: 13.11.2023

Seite 1

Abbild 45: PV- Flächenberechnung (WH- Wien)

Anlagen, Teil 2, WA Tirol Berechnungen

Untenstehend sind die Links angeführt, mit dem sie unter Punkt a) auf die Vergleichsrechnung von verschiedenen Heizsystemen kommen, und unter Punkt b) zur Berechnung der PV- Modulfläche.

Bitte die Links einzeln kopieren und im Google einfügen und öffnen.

- a) Vergleichsrechnung Excel Sheet Gas Therme, Grundwasser Wärmepumpe; Luft Wasser Wärmepumpe.

https://www.dropbox.com/scl/fi/v0pp1krsgg8n6zhz4bi30/2023-07-05_VDI-2067-HKvergleich-Tirol.xlsx?rlkey=j7vrjsgxz5ixy14pamnsy9x7h&dl=0

- b) Berechnung der PV- Anlage für die Wohnanlage in Tirol

https://www.dropbox.com/scl/fi/61haw0uz6fwydmyj2lhk1/2023-07-12_Berechnung-PV.xlsx?rlkey=uif28f85iqykldjkw06hykes&dl=0

Die Abbildungen 46 und 47 zeigen die Heizkosten- Vergleichsrechnung für die Wohnanlage in Tirol:

Projekt: Wohnanlage Tirol

Heizkostenvergleich in Anlehnung an den VDI 2067 Standard
Bitte gelbe Felder ausfüllen! Grüne Felder zeigen Ergebnisse!

überarbeitet: 28.09.2017

Mischzinssatz 6,00 [% p.a. Nominalbetrag]

Baustufen	Nutzungsdauer [Jahre]	Anzahl [%]	Instandhaltung [%]
Kessel	20	8,7	1,0
Wärmepumpe	15	10,3	3,0
Installation	30	7,3	0,5
Gebäude/Fernwärme	50	6,3	0,5

Heizwärmebedarf des Gebäudes	Gebäudeheizlast [kW]	Jahresvolllaststunden [h/a]	Heizwärmebedarf [kWh/a]
	28	1 250	35 000

Brennstoff	Strom €/kWh	Erdgas €/m³
Preis per Einheit	0,236	0,990

Abschätzung des Brennstoffbedarfes	KWh/a	m³/a
	10 938	35 714

Position	Einheit	Gask 1)	GW- WP 2)	LW-WP 3)
Investitionskosten				
Anschlusskosten WP Strom	€	-	2 560,00	4 800,00
Brennwertgerät incl. Anschl.kosten	€	14 900,00	-	-
Wärmepumpe	€	-	23 500,00	22 000,00
Verrohrung der Brunnen			1 800,00	
MSR Anlage WP-GK	€	1 500,00	1 800,00	800,00
Bohrungen	€	-	30 000,00	-
Installation	€	1 500,00	3 500,00	2 700,00
Gebäude (Kamin, etc.)	€	4 600,00	-	-
Gesamtinvestition	€	22 500,00	63 160,00	30 300,00
Anteil der förderbaren Investkosten	%	0,0	20,0%	20,0%
Förderquote	%	0,0	12 632,00	6060,0
Invest abzgl. Förderung	€	22 500,00	47 203,26	26 627,64
Kapitalkosten				
Anschlusskosten	€/a	-	121,38	267,62
Wärmepumpe	€/a	-	1 946,84	2 063,03
Bohrungen	€/a	-	1 422,47	-
Gaskessel	€/a	1 299,05	-	-
Installation	€/a	108,97	190,03	172,38
Gebäude	€/a	291,84	-	-
Kapitalgebundene Kosten	€/a	1 699,87	3 680,73	2 503,03
Verbrauchsgebundene Kosten				
Brennstoffkosten/ Strom	€/a	-	1 858,50	2 758,00
Brennstoffkosten/ Gas	€/a	3 535,71	-	-
Stromkosten für Betrieb	€/a	160,00	160,00	160,00
Verbrauchsgebundene Kosten	€/a	3 695,71	2 018,50	2 918,00
Betriebsgebundene Kosten				
Instandhaltung Zentrale	€/a	194,00	705,00	660,00
Instandhaltung Installation	€/a	7,50	17,50	13,50
Instandhaltung Gebäude	€/a	23,00	-	-
Personalkosten	€/a	-	-	-
Rauchfangkehrer	€/a	250,00	-	-
Wartung, Service	€/a	450,00	1 120,00	550,00

Abbild 46: Heizkostenvergleich für die Wohnanlage in Tirol Seite 1

<i>Betriebsgebunden Kosten</i>	€/a	924,50	1 842,50	1 223,50	
Sonstige Kosten					
Versicherungen etc.	€/a	-	-	-	
Sonstige Kosten	€/a	-	-	-	
Gesamtkosten pro Jahr	€/a	6 320,08	7 541,73	6 644,53	
Gesamtkosten pro MWh	€/MWh	180,57	215,48	189,84	

- 1) Gaskessel mit Puffer
- 2) Grundwasser Wärmepumpe, elektrisch, mit Puffer
- 3) Luft/Wasser Wärmepumpe, elektrisch mit Puffer

Kommentar:

Die angegebenen Kosten sind Nettokosten ohne Mehrwertsteuer.
Eine Gaskesselanlage ist am günstigsten, nicht CO2 neutral

Energiepreise Stand Juli 2023:

Gaspreis: 99,00 Euro / MWh
Strompreis: 236,00 Euro / MWh

Zinssatz für Investitionen: 6,00%

Landedt, am 05.07.2023

F.d.R.d.A.

Name

Abbild 47: Heizkostenvergleich für die Wohnanlage in Tirol Seite 2

Berechnung der PV- Fläche

	Felder zum befüllen Rechenergebnisse
Anlage:	Wohnanlage in Tirol
Bauherr:	Mustermann
Anzahl der Wohnungen:	10
Aufgabe:	
Der Strom für die Wärmepumpen soll mit Sonnenenergie erzeugt werden.	
Angaben:	
Strommenge:	10 938,00 KWh/a
Dachfläche:	200 m ²
Ausrichtung:	Süden
Neigung:	25°
Datum:	12.07.2023
Globalstrahlung wird aus den Messdaten des Wetterdienstes entnommen. (ZAMG)	
E_{solar} =	1 194,00 KWh/m ² a
Resultierende Einstrahlung:	
Abminderung geschätzt durch teilweise Beschattung des Nachbargebäudes	
$a_{Besch.}$	-5%
$E_{pv} = E_{solar} \times a_{Besch.}$	
E_{pv} =	1 194,00 -5% 1 134,30 KWh/m ² a
Wirkungsgrad Berechnung und Gesamtertrag:	
η_{PV} =	20,00%
$\eta_{DC/AC}$ =	99,00%
η_{WR} =	98,20%
$\eta_G = \eta_{PV} \times \eta_{DC/AC} \times \eta_{WR}$	
Gesamtwirkungsgrad	
η_G =	19,44%
Berechnung der PV- Modul Fläche:	
Energieverbrauch/ anno	10 938 KWh/a
Globalstrahlung per anno	1 134 KWh/m ²
PV Fläche=	49,59 m ²
PV Fläche gerundet =	50,00 m ²
Deckungsgrad = 100,82%	
Bemerkungen:	
Datum:	13.11.2023

Seite 1

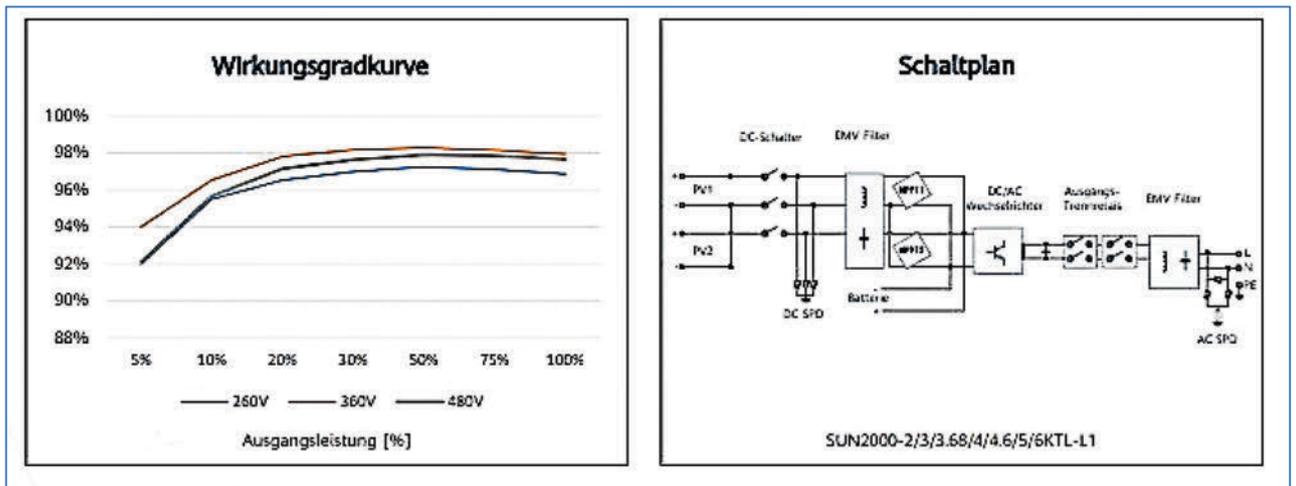
Abbild 48:PV- Modulflächenberechnung (WA- Tirol)

Anlagen, Teil 3, WH Wien, Datenblätter

SUN2000-2/3/4/5/6KTL-L1							
Technische Spezifikationen							
Technische Daten	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.6KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1
Wirkungsgrad							
Max. Wirkungsgrad	98,2 %	98,3 %	98,4 %	98,4 %	98,4 %	98,4 %	98,4 %
Europäischer Wirkungsgrad	96,7 %	97,3 %	97,3 %	97,5 %	97,7 %	97,8 %	97,8 %
Eingang (PV)							
Empfohlene maximale PV-Leistung ¹	3000 Wp	4500 Wp	5520 Wp	6000 Wp	6900 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Max. Eingangsspannung	600 V						
Startspannung	100 V						
Voller MPPT-Spannungsbereich	90 V bis 560 V						
Nenningangsspannung	360 V						
Max. Eingangsstrom pro MPPT	12,5 A						
Max. Kurzschlussstrom	18 A						
Anzahl der MPP-Tracker	2						
Max. Anzahl der Eingänge pro MPPT	1						
Eingang (DC-Batterie)							
Kompatible Batterie	HUAWEI Smart ESS Batterie 5kWh - 30 kWh						
Betriebsspannungsbereich	350 bis 560 Vdc						
Maximaler Betriebsstrom	15 A						
Maximale Ladeleistung	5000 W ²						
Maximale Entladeleistung	2200 W	3300 W	3680 W	4400 W	4600 W	5000 W	5000 W
Ausgang (AC)							
Netzanschluss	Einphasig						
Nennleistung	2000 W	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W	5000 W	6000 W
Maximale Scheinleistung	2200 VA	3300 VA	3680 VA	4400 VA	5000 VA	5500 VA	6000 VA
Nennausgangsspannung	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
AC - Netzfrequenz	50 Hz / 60 Hz						
Maximaler Ausgangsstrom	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A	25 A	27,3 A
Einstellbarer Leistungsfaktor	0,8 kap. - 0,8 ind.						
Kirrfaktor (THD)	≤ 3 %						
Ausgang	Ja (Via Backup Box-B01) 5000 W ²						
Schutz und Funktionen							
Inselnetzerkennung	Ja						
DC Lasttrennschalter	Ja						
Isolationsüberwachung	Ja						
DC-Überspannungsschutz	Ja, kompatibel mit Schutzart TYP II gemäß EN / IEC 61543-11						
AC-Überspannungsschutz	Ja, kompatibel mit Schutzart TYP II gemäß EN / IEC 61543-11						
Fehlerstromüberwachung	Ja						
AC-Überstromschutz	Ja						
AC-Kurzschlusschutz	Ja						
Überhitzungsschutz	Ja						
Lichtbogenerkennung	Ja						
Batterieladung vom Netz möglich	Ja						
Allgemeine Daten							
Betriebstemperaturbereich	-25 bis +60 °C						
Rel. Luftfeuchtigkeit im Betrieb	0 %RH bis 100 %RH						
Max. Betriebshöhe	4,000 m (13,123 ft.) (Derating über 2000 m)						
Kühlung	Konvektionskühlung						
Anzeige	LED - Anzeige						
Kommunikation	RS485, WLAN über Wechselrichter eingebautes WLAN-Modul Ethernet über Smart Dongle-WLAN-FE (optional), 4G / 3G / 2G über Smart Dongle-4G (optional)						
Gewicht (inkl. Befestigungswinkel)	12 kg						
Abmessungen (einschließlich Befestigungswinkel)	365mm * 365mm * 156 mm						
Schutzart	IP65						
Energieverbrauch nachts	< 2,5 W						
Moduloptimierer							
DC MBUS-kompatibler Optimierer	SUN2000-450W-P; SUN2000-450W-P2; SUN2000-600W-P;						
Normenkonformität (weitere auf Anfrage erhältlich)							
Sicherheitsnormen	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Netzanschlussstandards	GBB, G99, EN 50548-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62115						

Abbild 49: Datenblatt Wechselrichter (Anlage Wien)⁴⁵

⁴⁵ Quelle: https://solar.huawei.com/at/professionals/all-products?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=EDM_contact&gclid=CjwKCAiA3aeqBhZeiwAxFOiBIFiW_YIHdPRIm-DMQvVPI3Ugk4zhdG7UJd5W4mKW0TmWj5fOtQaXBoClygQAvD_BwE



Abbild 50: Kennlinie und Schaltplan (Anlage Wien)

Abbild 51: PV Solarmodul Power Plus Full Black 400 W⁴⁶

⁴⁶ Quelle: <https://www.josefsteiner.at/pv-anlagen/photovoltaik-module/photovoltaik-solarmodul-power-plus-black-410-w.html>

PV Solarmodul POWER PLUS FULL BLACK 400W	
Elektrische Eigenschaften	
Nennleistung	400 W
Max. Spannung [V _{mpp}]	34,51 V
Strom Max. [I _{mpp}]	13,26 A
Leerlauf Spannung [V _{oc}]	37,47 V
Kurzschlussstrom [I _{sc}]	13,96 A
Modul-Effizienz	21,01 %
Temperaturbereich	-40°C bis +85°C
Maximale Systemspannung	DC 1500 V
Anwendungsklasse	Klasse A
Leistungstoleranz	0 ~ +5 %
Mechanische Eigenschaften	
Solarzelle	Monosolarzelle
Anzahl der Zellen	108 (6 x 18)
Abmessungen (H x B x T)	1723 x 1133 x 35 mm
Gewicht	22 kg
Rückseite	Weiß
Rahmen	eloxiertes Aluminium
Anschlussdose	Nennstrom ≥ 15A, I _p ≥ 67
Glas	3,2 mm gehärtetes Glas + AR-Beschichtung
Verbindungsstecker	MC4 kompatibel

Abbild 52: Datenblatt PV Solarmodul

Anlagen, Teil 4, WA Tirol, Datenblätter

Technische Daten DC-Eingang (Solaranlage)	
Typische Gleichstromleistung*	15.000W
Maximale Gleichstromleistung für jede MPPT	7.500W (300V - 850V)
Anzahl unabhängige MPPT/ Anzahl Reihen pro MPPT	2 / 2
Maximale Eingangsspannung	1.000V
Aktivierungsspannung	250V
Nenn Eingangsspannung	600V
MPPT-Bereich der DC-Spannung	180V - 960V
DC-Spannungsbereich bei Volllast	220V - 850V
Maximale Stromstärke am Eingang für jede MPPT	25A / 25A
Maximale Stromstärke für jede MPPT	30A / 30A
Technische Daten Anschluss Batterien	
Kompatibler Batterietyp	Lithium-Ionen-Batterien
Zulässiger Spannungsbereich	180V - 750V
Anzahl unabhängige Batteriekkanäle	2 HS-Batteriekkanäle (konfigurierbar als unabhängiger oder parallel)
Maximale Lade-/Entladeleistung	10.000W
Zulässiger Temperaturbereich**	-10°C / 50°C
Maximale Ladestromstärke pro Batteriekkanal	25 A (35 A Spitze für 60 Sek.)
Maximale Entladestromstärke pro Batteriekkanal	25 A (35 A Spitze für 60 Sek.)
Lastkurve	vom Batterie-BMS gesteuert
Entladefiefe (DoD)	8% - 90% (programmierbar)
AC-Ausgang (Netznetz)	
Nennleistung	10.000W
Maximale Leistung	11.000VA
Maximale Stromstärke	16A
Anschlusstyp / Nennspannung	Dreiphasig 3 / N / PE, 220 / 380, 230 / 400
AC-Spannungsbereich	184V - 276V (gemäß den lokalen Normen)
Nennfrequenz	50 Hz / 60 Hz
AC-Frequenzbereich	45 Hz - 65 Hz / 55 Hz - 65 Hz (gemäß den lokalen Normen)
Gesamtstromverzerrung	< 3%
Leistungsfaktor	voreingestellt 1 (programmierbar +/-0,8)
Netzüberspannungsbegrenzung	vom Display aus programmierbar
EPS-Ausgang (Notstromversorgung)	
Abgegebene Leistung in EPS***	10.000W
Spitzenleistung im EPS***	20.000 VA für 60 Sek.
Spannung und Frequenz EPS-Ausgang	Dreiphasig 230V / 400V 50 Hz
Bei EPS abgegebener Strom (Spitzenwert)	16A (30A für 60 Sek.)
Gesamtstromverzerrung	3,00%
Schaltzeit	< 20ms
Wirkungsgrad	
Maximaler Wirkungsgrad	98,2%
Gewichteter Wirkungsgrad (EURO)	97,70%
Wirkungsgrad MPPT	99,90%
Maximaler Wirkungsgrad für Laden / Entladen der Batterien	97,80%
Verbrauch im Standby	< 15W

Abbild 53: Datenblatt für Wechselrichter Tirol

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

[REDACTED]

[REDACTED]