

---

# Diplomarbeit

---

Herr  
Thomas Pfeiffer

## **Heizen mit Fernwärme aus Biomasse: Erweiterung eines bestehenden Fernwärme- netzes; Möglichkeiten der Umsetzung**

Mittweida, 2020



# Diplomarbeit

---

## **Heizen mit Fernwärme aus Biomasse: Erweiterung eines bestehenden Fernwärme- netzes; Möglichkeiten der Umsetzung**

Autor:

**Herr**

**Thomas Pfeiffer**

Studiengang:

**Maschinenbau/Gebäudetechnik**

Seminargruppe:

**KM16wGVA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Ralf Hartig**

Zweitprüfer:

**Prof. Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Hütter**

Einreichung:

**Mittweida, September 2020**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2020**



Faculty of science

---

## **DIPLOM THESIS**

---

# **Heating with district heating from biomass: Extension of an existing remote heating network; Possibilities of implementation**

author:

**Mr.**

**Thomas Pfeiffer**

course of studies:

**Mechanical Engineering/Building Technology**

seminar group:

**KM16wGVA**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Ralf Hartig**

second examiner:

**Prof. Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Hütter**

submission:

**Mittweida, September 2020**

defence/ evaluation:

**Mittweida**



---

## **Bibliografische Beschreibung:**

Pfeiffer, Thomas:

Heizen mit Fernwärme aus Biomasse: Erweiterung eines bestehenden Fernwärmenetzes; Möglichkeiten der Umsetzung. - 2020. - 12, 48, 26 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Diplomarbeit, 2020

## **Referat:**

Bei einem bestehenden Heizwerk muss aufgrund der Errichtung eines neuen Ortsteils die zu liefernde Anschlussleistung verdoppelt werden. Auf Basis von Bestandsaufnahmen werden bestehende Netz- und Wärmeerzeugerkapazitäten beurteilt und mehrere Varianten zur Zielerreichung aufgezeigt. Diese werden technisch und wirtschaftlich bewertet. Ziel der Arbeit ist ein wirtschaftlich und technisch fundierter Umsetzungsvorschlag.

---



# I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis .....	I
II. Abbildungsverzeichnis .....	V
III. Tabellenverzeichnis.....	VII
IV. Abkürzungsverzeichnis .....	IX
V. Vorwort.....	XI
0 Einleitung.....	1
0.1 Motivation .....	1
1 Allgemeine Betrachtungen (Theorieteil).....	3
1.1 Grundsätzliches zum Fernwärmenetz.....	3
1.1.1 Geschichtlicher Hintergrund.....	3
1.1.2 Topologien des Fernwärmenetzes.....	4
1.1.3 Verwendete Rohrmaterialien.....	4
1.1.4 Ausgeführtes Verlegungssystem .....	4
1.1.5 Möglichkeiten der Erzeugung der Fernwärme .....	5
1.2 Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen .....	6
1.2.1 globale Ebene .....	6
1.2.2 EU-Ebene.....	7
1.2.3 nationalstaatliche Ebene .....	8
1.2.4 Landesebene.....	8
1.3 Nachhaltigkeit und Umweltschutz .....	9
1.4 Biomasse.....	13
1.4.1 Definition von Biomasse.....	13
1.4.2 Grundsätzliches.....	13
1.4.3 Situation in Österreich .....	14
1.4.4 Biomasseentstehung.....	15
1.4.5 Endlichkeit der Vorkommen fossiler Energieträger .....	16
1.4.6 Energie-Außenhandelsbilanz .....	17
1.4.9 Biomasse zu Heizzwecken .....	19
1.5 Wirtschaftlicher Aspekt.....	20
2 praktischer Hauptteil.....	21
2.1 Funktion und Arbeitsweise des BMHW Asten .....	21
2.1.1 Brennstoff: .....	21

---

2.1.2	Feuerung und Wärmeabgabe im Wärmetauscher .....	22
2.1.3	Rauchgasreinigung - Entstaubungssysteme .....	22
2.1.4	Fliehkraftentstauber .....	23
2.1.5	Elektrofilter .....	23
2.1.6	Rauchgasventilator .....	24
2.2	Blockheizkraftwerk .....	24
2.3	Datengrundlage .....	27
2.4	Bestandsaufnahme: .....	28
2.4.1	vorhandene Kapazität von Heizwerks Speicher .....	28
2.4.2	tatsächliche Leistungsspitzen .....	28
2.4.3	Tagesgang der Leistung .....	28
2.4.4	Bestandsnetz Fernwärme .....	30
2.4.5	Conclusio .....	31
2.5	Projekte und Bestimmung des Leistungszuwachses .....	31
2.6	Folgen der Leistungserhöhung .....	32
2.6.1	erhöhte Kesselleistung .....	32
2.6.2	erhöhte Pumpleistung .....	33
2.7	Optimierungsmaßnahmen .....	34
2.7.1	Rücklaufausnutzung .....	35
2.7.2	Zentrale Warmwasserbereitung .....	36
2.7.3	Möglichkeiten zur Optimierung Objekte Norikum .....	37
2.7.3.1	Bestandsaufnahme .....	37
2.7.3.2	Analyse .....	38
2.7.3.3	Maßnahmen .....	38
2.7.3.4	Umbaukosten .....	39
2.7.3.5	Amortisation der Kosten .....	39
2.7.4	Verwendung von Wärmepumpen .....	40
2.7.4.1	Nahwärmezentralen für zukünftige Projekte .....	41
2.7.4.2	Nahwärmezentrale Norikum .....	42
2.7.4.3	Vermeidung häufiger Ein- und Ausschaltzyklen .....	43
2.7.4	Investitions- und Folgekosten .....	44
2.7.4.5	Fazit Wärmepumpen .....	44
2.7.5	Speicherlösungen .....	44
2.8	Handlungsempfehlung .....	45
3	Zukünftige Erneuerungen .....	47
3.1	Einsatz von Hochtemperaturwärmepumpen .....	47

---

3.3 Erhöhung der thermischen Leistung durch Biomasse .....	47
3.3 Ersatz des fossilen Erdgases durch Biogas .....	48
Literatur .....	49
Tabellen.....	51
Tabelle T1: Berechnung der Mitteltemperatur im Zeitraum 19.01.2019, 06:45 bis 21.01.2019, 06:45 .....	51
Tabelle T2: relative Heizleistung bezogen auf $\dot{Q}_{\text{NAT}}$ .....	52
Tabelle T3: Pufferreserven bezogen auf $\dot{Q}_{\text{NAT}}$ bei einer geforderten Leistung von 7,989MW ..	54
Tabelle T4: Pufferreserven bezogen auf $\dot{Q}_{\text{NAT}}$ bei einer geforderten Leistung von 15,337MW	56
Tabelle T5: Aufteilung der Primärenergie bei einer geforderten Leistung von 15,337MW .....	57
Anhang .....	58
Anhang 1: geplante Projekte und Ausführungszeitraum.....	58
Anhang 2: neue Heizungsunterstation Norikum .....	59
Anhang 3: neue Warmwasserunterstation Norikum .....	60
Anhang 4: Übersichtsplan Knotenpunkte:.....	61
Anhang 5: Optimierung durch Rücklaufnutzung: .....	62
Anhang 7: Optimierung durch Rücklaufnutzung und Umbau Wohnkomplex Norikum: .....	64
Anhang 8: Projektphase 1 ohne Optimierung Wohnkomplex Norikum:.....	65
Anhang 9: Projektphase 1 mit Optimierung Wohnkomplex Norikum: .....	66
Anhang 10: Alle Neuanschlüsse und Wohnkomplex Norikum mit Wärmepumpen .....	67
Anhang 12: Projekte 2020 konventionell, Norikum mit Wärmepumpe .....	69
Anhang 13: Idealisierter Anlagenzustand .....	70
Anhang 14: Zeitreihen der Lufttemperatur in Kremsmünster <sup>[51]</sup> .....	71
Anhang 15: Zeitreihen der Niederschlagssummen im Sommer- und Winterhalbjahr <sup>[51]</sup> .....	71
Anhang 16: Anhang VI der Richtlinie (EU) 2018/2001.....	72
Anhang 17: Pumpenkennlinie NK-80/315.....	73
Erklärung .....	74



## II. Abbildungsverzeichnis

- 0-0: Energieverbrauch der Marktgemeinde Asten im Detail
- 1-1: Fernwärmesysteme in West- und Osteuropa
- 1-2: Hausinternes Heizung- und Brauchwarmwassernetz
- 1-3: Topologien von Fernwärmenetzen
- 1-4: Zweifach-, Dreifach- und Vierleiteranschluss
- 1-5: Geschätzte mittlere jährliche und globale Energiebilanz der Erde (Werte in W/m<sup>2</sup>)
- 1-6: Nötige Pfade (abhängig vom Zeitpunkt des Emissionspeak) um das Zwei – Grad – Ziel zu erreichen
- 1-7: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur
- 1-8: Strahlungsdurchgang der Atmosphäre
- 1-9: Gemessene Wärmestrahlung der Erde in Bodennähe und in 70km Höhe
- 1-10: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur
- 1-11: Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebots, das aus den regenerativen Quellen Solarenergie, Erdwärme sowie Planetengravitation und -bewegung resultiert
- 1-12: Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebots
- 1-13: Bruttoinlandsverbrauch erneuerbarer Energieträger 2017
- 1-14: Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch mit und ohne Bioenergie 1970 bis 2017
- 1-15: Prognose für flüssige Energieträger
- 1-16: Treibhausgasemissionen bei der Nutzung unkonventioneller Energieträger
- 1-17: Energiebilanzen 1970 – 2016
- 1-18: Entwicklung des Rohölpreises 1990 bis 1/2018
- 1-19: Energetischer Endverbrauch in den Szenarien WEM, WAM plus und erneuerbare Energien
- 1-20: Entwicklung Bruttoinlandsverbrauch Energie 1970 bis 2017 und Potenziale bis 2030
- 2-0: Transportkosten als Funktion Transportentfernung
- 2-1: Heizwert von Holz in Abhängigkeit des Wassergehalts und der Holzfeuchte
- 2-2: Feuerungsarten
- 2-3: Prinzipieller Aufbau eines Zyklonabscheiders
- 2-4: Elektrofilter Fa. Scheuch
- 2-5: Prinzipielle Funktionsweise eines Elektrofilters
- 2-6: Prinzipschema der Einbindung Abwärme BHKW in die Hydraulik des Biomasseheizwerks mit Messstelle
- 2-7: Temperaturregionen Österreich entsprechend ZAMG, Klimaabteilung
- 2-8: typischer Verlauf der angeforderten Heizleistung im Tagesgang in Relation zu  $\dot{Q}_{\text{NAT}}$
- 2-9: Temperaturverlauf von Primärvor- und Primärrücklauf beim Heizwerk
- 2-10: vorhandene Speicherreserven bei verschiedenen Tagesgängen beim derzeitigen Ausbauzustand (7,989MW) und ausschließlicher Nutzung von Biomasse
- 2-11: Aufbau der Hauptpumpengruppe im Heizhaus
- 2-12: Pumpenkennlinie der Hauptpumpe Grundfos, NK 80 250/270
- 2-13: Aufteilung der „erzeugten“ Heizleistung zwischen Biomasse und Abwärme

- 2-14: vorhandene Speicherreserven bei verschiedenen Tagesgängen bei Endausbau
- 2-15: Aufteilung der „erzeugten“ Heizleistung zwischen Erdgas, Biomasse und Abwärme
- 2-16: Strömungsgeschwindigkeit in Funktion des Rohrrinnendurchmessers
- 2-17: Fernwärme Wohnungsstation FWS-F-WH-UP15<sup>®</sup>, Fabrikat Klinger
- 2-18: geplante Objekte im Projekt 2020
- 2-19: ganzjähriger primär- und sekundärseitiger Temperaturverlauf beim Wärmetauscher Anschluss Norikum
- 2-20: Skizze Bestandsaufnahme Norikum 9
- 2-21: Theoretische Leistungszahlen (Carnot) von Wärmepumpen
- 2-22: Auf dem Markt verfügbare Hochtemperaturwärmepumpen
- 2-23: beispielhafte Auslegungen der Wärmepumpe
- 2-24: Ladekapazität des Pufferspeichers bei Rechenmodell Tagesgang Jänner
- 2-25: Aufbau und Funktion der Leistungsregelung bei Schraubenverdichtern

---

### III. Tabellenverzeichnis

- T1: Berechnung der Mitteltemperatur im Zeitraum 19.01.2019, 06:45 bis 21.01.2019, 06:45
- T2: relative Heizleistung bezogen auf  $\dot{Q}_{\text{NAT}}$
- T3: Pufferreserven bezogen auf  $\dot{Q}_{\text{NAT}}$  bei einer geforderten Leistung von 7,989MW
- T4: Pufferreserven bezogen auf  $\dot{Q}_{\text{NAT}}$  bei einer geforderten Leistung von 15,337MW
- T5: Aufteilung der Primärenergie bei einer geforderten Leistung von 15,337MW
- T6: Speichervarianten beim Projekt 2020 isoliert betrachtet
- T7: Speichervarianten bei verschiedenen Rahmenbedingungen
- T8: Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten bei Ausführung der Umformerstationen als Wärmepumpen





## IV. Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
BMHW	Biomasseheizwerk
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl)
GWP	Global Warming Potential
FU	Frequenzumformer
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Kohlensäure
H <sub>2</sub> O	Wasser
HTWP	Hochtemperaturwärmepumpen
Q̇	allgemeine Wärmeleistung in kW
Q̇ <sub>NAT</sub>	notwendige Heizleistung bei Normaußentemperatur in kW
Q̇ <sub>AT</sub>	gemessener Spitzenwert der Heizleistung bei $\vartheta_{AT}$ in kW
$\vartheta_Q$	Quelltemperatur (=Sammelrücklauftemperatur) in °C
$\vartheta_{RT}$	Raumtemperatur in Grad Celsius
$\vartheta_{NAT}$	Normaußentemperatur in Grad Celsius entsprechend OIB Richtlinie 6
$\vartheta_{AT}$	gemessene Außentemperatur in Grad Celsius zum Zeitpunkt der gemessenen Spitzenleistung
Q <sub>SP</sub>	im Speicher enthaltene Energie bei Vollladung [kWh]
V <sub>sp</sub>	Inhalt des Speichers in [m <sup>3</sup> ]
$\rho_W$	Dichte des Wassers bei 75°C [ $\frac{kg}{m^3}$ ]
c <sub>p</sub>	spezifische Wärmekapazität des Wassers bei konstantem Druck und 75°C [ $\frac{kJ}{kgK}$ ]
$\Delta T$	Differenztemperatur Primärvor- und rücklauf [K]
$\dot{V}_1$	Netzvolumenstrom im Endausbau [m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_2$	halber Netzvolumenstrom des Endausbaus [m <sup>3</sup> /h]
$\Delta p_1$	Differenzdruck des Rohrnetzes im Endausbau [bar]
$\Delta p_2$	Differenzdruck des Rohrnetzes bei halben Volumenstrom des Endausbaus [bar]
$\dot{m}_1$	Wassermenge beim Endausbau
$\dot{m}_3$	Wassermenge beim derzeitigen Ausbaustand
$\dot{m}_4$	zusätzliche Wassermenge beim Endausbau
WVU	Wärmeversorgungsunternehmen
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



## V. Vorwort

*„Was wir hier treiben, ist eine völlige Vergegenwärtigung sämtlicher Zeiten. Auf der einen Seite holen wir mit dem Kohlenstoff in Form von Kohle oder Öl eine uralte Vergangenheit an die Luft, setzen diese in der Atmosphäre frei und machen sie damit zu einer Atmosphäre, die immer mehr Energie speichert. Auf der anderen Seite machen wir die Zukunft zur Gegenwart, allein schon mit der Frage: Wann wird das Geld, das wir investiert haben, die erste Rendite bringen? .... Wie hat Albert Einstein so treffend gesagt: Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind.“*

Diese Zeilen stammen aus dem Buch „Wenn nicht jetzt, wann dann?: Handeln für eine Welt, in der wir leben wollen“ von Professor Harald Lesch und Klaus Kamphausen, ISBN 978-3-328-10523-7. Sie beschreiben sehr gut das Dilemma, in der wir uns als Gesellschaft befinden. Neben der ökologischen Misere schafft dieses Handeln auch Abhängigkeiten gegenüber einiger, weniger ölproduzierender Staaten.

Bis zum 19. Jahrhundert war Biomasse der Hauptenergielieferant der Menschheit. Mit dem Beginn des Industriezeitalters begann der Abbau von Kohle und später die Förderung von Erdöl. Kohlenstoff, der über Jahrmillionen im Erdinneren gebunden war, wird in einem Zeitraum von wenigen Generationen in die Atmosphäre geblasen!

Angesichts der sich darstellenden Umweltprobleme, aber auch aufgrund eines sich abzeichnenden Endes der vorhandenen fossilen Ressourcen bin ich überzeugt davon, dass es zu einem Umdenken kommen wird müssen und dass das Erdölzeitalter ein kurzes Intermezzo in unserer Geschichte sein wird. Biomasse ist ein Teil dieser Zukunft.

Als Mitarbeiter eines Energieversorgungsunternehmens entspricht dieses Thema meinen Interessen. Möglichkeiten zur effizienten Nutzung und zur Leistungssteigerung eines bestehenden Nahwärmenetzes technisch und wirtschaftlich darzustellen, war für mich Antrieb diese Arbeit zu schreiben.

Danke an meine Vorgesetzten und an meine Arbeitskollegen, die mich mit Ihrem fachspezifischen know how und mit dem Bereitstellen von Daten tatkräftig unterstützt haben.

Danke auch an die Professoren Dr. Hartig und Dipl.-Ing (FH) Hütter, die sich bereit erklärt haben, diese Arbeit durchzusehen und zu beurteilen.

Last but not least ein Dankeschön an meine Mutter: sie hat mir während meiner Studienzeit den Rücken freigehalten, viele meiner „Pflichten“ übernommen. Ohne sie wäre dieses Studium aufgrund meiner begrenzten zeitlichen Ressourcen für mich nicht möglich gewesen!



## 0 Einleitung

### 0.1 Motivation

Die Marktgemeinde Asten befindet sich im Umland der Landeshauptstadt Linz und zählt mit Stand 01.01. 2019 6.690 Einwohner. 2012 wurde ein Biomasseheizwerk seiner Bestimmung übergeben. Seither werden öffentlichen Einrichtungen (Gemeindeamt, Kindergarten, Schule) aber auch Wohnblöcke mit Nahwärme versorgt. Im Zeitraum bis 2035 sind weitere 1.600 Wohnungen geplant. Da, wie aus Abbildung 0-0 hervorgeht, der Energiehaushalt der Gemeinde zu mehr als 75% über fossile Energieträger abgedeckt wird, gibt es auch seitens der Gemeindepolitik ein Bestreben, die neu errichteten Wohnung über das bestehende Nahwärmenetz zu beheizen. Überschlüssig ergibt sich eine Heizmehrleistung von ca. 7,5 MW bzw. ein zusätzlicher Energiebedarf von 15.750 MWh/pro Jahr.

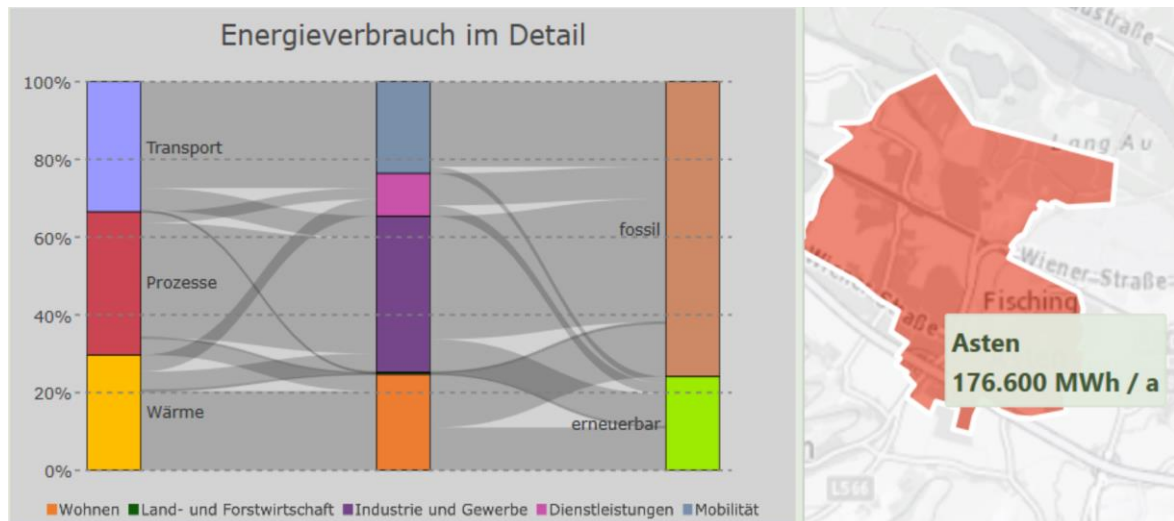


Abbildung 0-0: Energieverbrauch der Marktgemeinde Asten im Detail <sup>[0]</sup>

Weder Abschreibe- noch Nutzungsdauer sind somit zum heutigen Zeitpunkt erreicht. Ziel dieser Arbeit ist es die technisch und kaufmännisch beste Lösung zu finden. Der Investitionszeitpunkt soll durch geeignete Optimierungsmaßnahmen nach hinten verschoben werden. Der aufgrund der erhöhten Wassermenge notwendige Pumpentausch detto. Zudem muss das Netz auf die Ausbaufähigkeit in puncto Hydraulik überprüft werden. Teil dieser Lösung soll auch die benachbarte Regionalkläranlage sein, die über das „Dach“ einer Holding mit dem EVU verbunden ist. Derzeit werden bereits Abwärmen des Blockheizkraftwerks im Nahwärmenetz genutzt. Diese Abwärmen werden mit einer Vorlauftemperatur von rund 70°C in das Fernwärmenetz eingespeist. Würden im Bereich des Wohnkomplexes Norikum hydraulische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, könnte mit der vorher genannten Vorlauftemperatur von 70°C im Sommer das Auslangen gefunden werden. Eine Nachheizung mittels Gaskessel könnte unterbleiben. Zudem würde die Rücklauftemperatur des Nahwärmenetzes gesenkt. Durch ein tieferes Temperaturniveau könnten Abwärmen noch besser genutzt werden.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Ersterer beschreibt die grundsätzlichen Möglichkeiten zum Aufbau eines Fernwärmenetzes, betrachtet die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen und befasst sich zum Abschluss mit dem Thema Nachhaltigkeit und Biomasse. Im praktischen Teil wird auf die Gegebenheiten eingegangen und Lösungsansätze erarbeitet. Am Ende dieser Arbeit wird noch ein Blick in die Zukunft geworfen und alternative Möglichkeiten zur thermischen Leistungserzeugung aufgezeigt.

# 1 Allgemeine Betrachtungen (Theorieteil)

## 1.1 Grundsätzliches zum Fernwärmenetz

### 1.1.1 Geschichtlicher Hintergrund

Die erste Anwendung von Fernwärme geht bereits auf das Jahr 1332 zurück, als in Chaudes-Aigues im französischen Zentralmassiv Wasser aus heißen Quellen zur Beheizung von rund 40 Häusern genutzt wurde <sup>[1]</sup>. Im Jahr 1623 wurde von holländischen Ingenieuren erstmals vorgeschlagen, ein Fernwärmesystem in London aufzubauen. Als erstes Fernwärmenetz im heutigen Sinn gilt jedoch ein in Lockport (New York, USA) errichtetes und mit Dampf betriebenes Netz, das auf eine Länge von mehreren Kilometer ausgebaut wurde <sup>[2][3]</sup>. Ab den 1920-er Jahren und verstärkt ab 1960 setzte schließlich vor allem in nördlichen Ländern der Aufbau von Fernwärmenetzen ein. Interessant erscheint hier auch die geschichtlich gewachsene Struktur der Fernwärmenetze in Ost- und Westeuropa. Während sich in Westeuropa das Zweileitersystem mit Hausübergabestation und sekundärer Brauchwassererwärmung durchsetzte, etablierte sich in Osteuropa das Vierleitersystem.

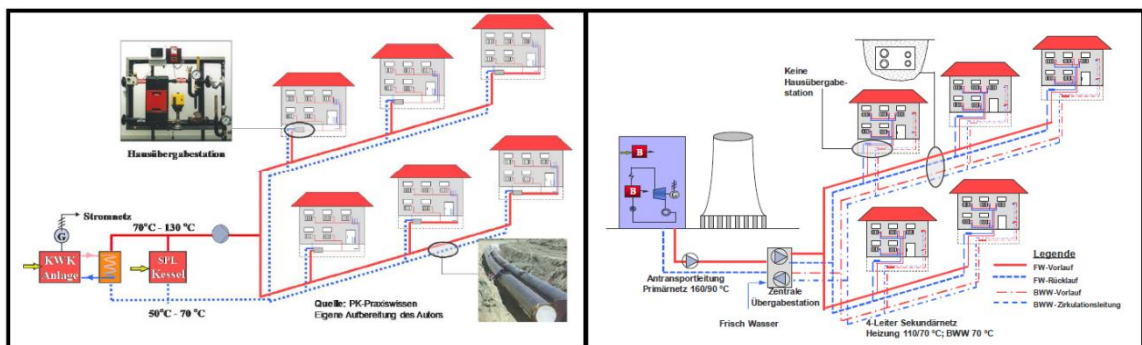
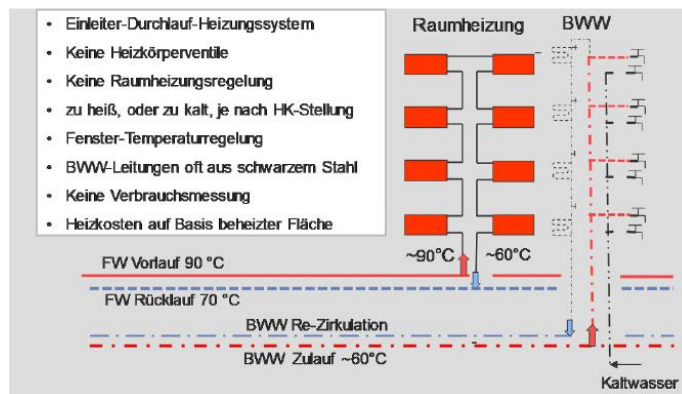


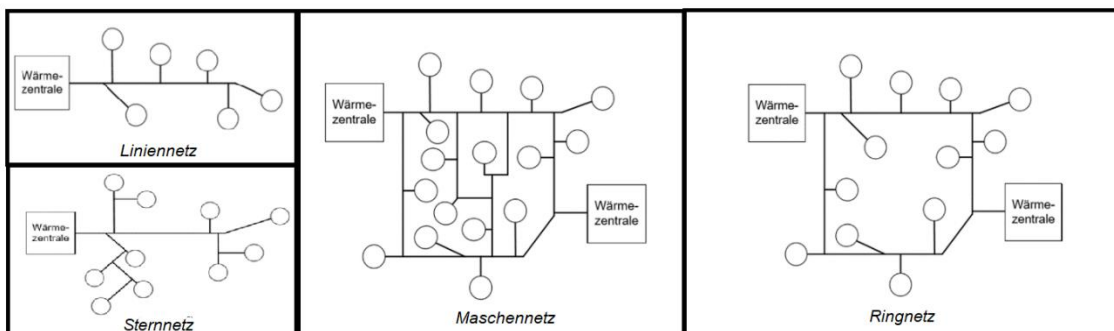
Abbildung 1-1: Fernwärmesysteme in West- und Osteuropa <sup>[4]</sup>

Dabei findet an einer zentralen Stelle die Systemtrennung statt. An dieser Station wird das Heizungsheißwasser auf Temperaturen von ca. 110°C Vorlauf und 70°C Rücklauf transformiert, das Trinkwarmwasser auf 70°C erwärmt. Bei den einzelnen Abnehmern werden keine weiteren Umformerstationen ausgeführt. Die Heizkörper wurden direkt im Einrohrsystem an das Netz angeschlossen (siehe Abbildung 1-2). Die Folgen waren schlechte Regelbarkeit und Ineffizienz. In Österreich hat sich das Zweileitersystem als Standard etabliert. Heute liegt der Versorgungsanteil der Nah- und Fernwärme am gesamten Wärmebedarf Österreichs bei ca. 24% und hat sich somit seit 1990 verdreifacht <sup>[5]</sup>. Die Trassenlänge der Heißwassernetze der Wärmeversorgungsunternehmen stieg seit 1996 von 2.400km auf ca. 5.500km im Jahr 2018 <sup>[6]</sup>. Zudem sind Kraft-Wärme-Kopplungen eine Möglichkeit CO<sub>2</sub> in Ballungsräume wesentlich zu senken, jedoch stehen diese Anlagen aufgrund der negativen Strompreisentwicklung finanziell unter Druck.

Abbildung 1-2: hausinternes Heizung- und Brauchwarmwassernetz in osteuropäischen Netzen <sup>[4]</sup>

## 1.1.2 Topologien des Fernwärmenetzes

Der Begriff Fernwärmenetz bezeichnet das Bindeglied zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeabnehmer. Die Wahl von Netzstruktur, Trassenführung, Rohrsystem und Verlegungsmethode wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst (Siedlungsstruktur, ökonomische Einflüsse, Dienstbarkeiten...). Grundsätzlich können vier Topologien unterschieden werden:

Abbildung 1-3: Topologien von Fernwärmenetzen <sup>[7]</sup>

Beim in Asten vorliegenden Netz handelt es sich um ein sogenanntes Sternnetz. Der Durchmesser der Rohrleitung ist bei diesem System beim Wärmeerzeuger am Größten. Vor- und Rücklauf haben die gleiche Dimension. Die Förderhöhen der Pumpen wurden auf den Schlechtpunkt (notwendiger Differenzdruck am hydraulisch ungünstigsten Punkt) ausgelegt. Dieses System hat geringe Baukosten und in Relation niedrige Wärmeverluste. Nachträgliche Erweiterungen sind hydraulisch problematisch!

## 1.1.3 Verwendete Rohrmaterialien

Es wurden Kunststoffmantelrohrsysteme verwendet. Kunststoffmantelrohrsysteme bestehen aus werksseitig gedämmten Rohren und Rohrleitungsbauteilen (Bögen, T-Stück) für erdverlegte Fernwärmenetze. Diese Mediumrohrbauteile sind aus Stahl, einer Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff und einem Außenmantel aus Polyethylen aufgebaut. Sie sind mit metallischen Adern zu Überwachung und Fehlerortung ausgestattet (Widerstandsmessung).

## 1.1.4 Ausgeführtes Verlegungssystem



Moderne Fernwärmenetze, so auch das in Asten vorhandene, werden in Österreich fast ausschließlich als geschlossene Zweileiter-Systeme mit dem Wärmeträgermedium Wasser und je einer Vor- und Rücklaufleitung ausgeführt. Neben dem Zweileiter-System gibt es auch noch das Dreileiter- und (westeuropäische) Vierleiter- System. Das Dreileiter-System besteht aus zwei Vorlauf- und einer Rücklaufleitung oder aus einer Vorlauf- und zwei Rücklaufleitungen. Bei zwei Vorlaufleitungen kann zum Beispiel mit einer Vorlaufleitung die Heizungsanlage der Kunden in Abhängigkeit der Außentemperatur gleitend gefahren werden während mit der zweiten Vorlaufleitung bei konstanter Vorlauftemperatur das Warmwasser bereitgestellt wird. Bei zwei Rücklaufleitungen kann beim Einsatz einer Abgaskondensationsanlage die tiefen Rücklauftemperaturen in einem Rücklaufstrang zusammengefasst werden.

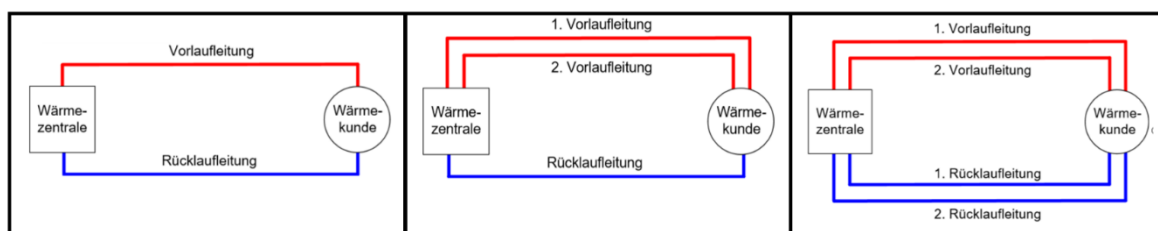


Abbildung 1-4: Zweileiter-, Dreileiter- und Vierleiteranschluss <sup>[7]</sup>

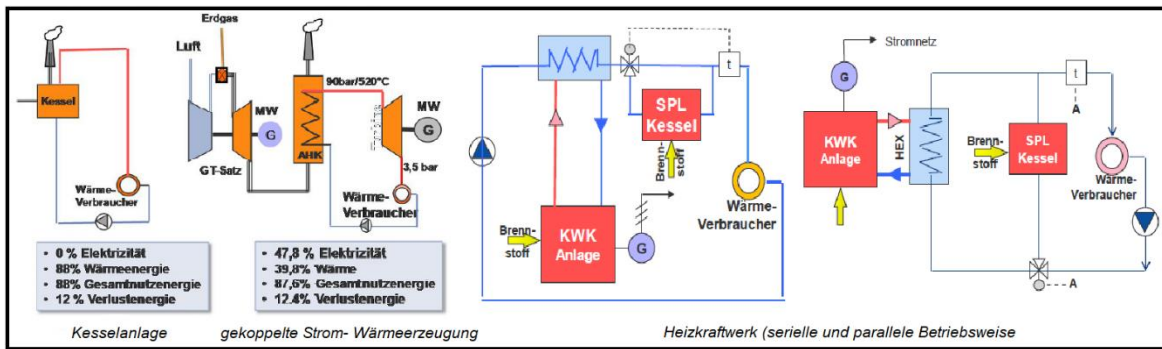
Vorteile von Dreileiter-Systemen sind die bessere verbrauchsabhängige Regelmöglichkeit und der geringere Wärmeverlust durch den gleitend gefahrenen Vorlauf. Die dritte Rohrleitung verteuert jedoch die Verlegung. Das Vierleiter-System besteht aus zwei getrennten Zweileiter-Systemen. Zum Beispiel kann eines mit konstanter und eines mit gleitender Vorlauftemperatur betrieben werden. Damit können die verbrauchsabhängige Regelung verbessert und die Wärmeverluste reduziert werden. Da das Vierleiter-System aufwändig ist, wird es nur dann eingesetzt, wenn die beiden Netze unterschiedliche Drücke, Temperaturen oder unterschiedliche Heizmedien haben. Ausgeführt wurde ein Zweileitersystem, daher das System besteht aus einem Vorlauf und einem Rücklauf. Der Vorlauf wird witterungsgeführt (gleitend nach Außentemperatur) gefahren, wobei eine Temperatur von 80°C aufgrund des Wohnkomplexes Norikum nicht unterschritten werden darf.

### 1.1.5 Möglichkeiten der Erzeugung der Fernwärme

Grundsätzlich können drei Prinzipien der Fernwärmeerzeugung genannt werden (Abbildung 1-7):

1. Kesselanlage
2. die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung
3. Heizkraftwerk

Die gekoppelte Strom- und Wärmeversorgung ist grundsätzlich jener Anlagenaufbau mit dem höchsten Wirkungsgrad, hat aber den Nachteil, dass Strom produziert werden muss, um Wärme ins Netz liefern zu können. Heizkraftwerke sind hier flexibler. Die Stromerzeugung ist auf eine Grundlast ausgelegt. Den Rest der Wärmeproduktion übernimmt ein Kessel.

Abbildung 1-7: Möglichkeiten der Fernwärmeerzeugung <sup>[4]</sup>

Die Wärmeerzeugung in Asten erfolgt grundsätzlich im Sinne eines Heizkraftwerkes. Da aber die Kraft-Wärmekopplung in einem BHKW in der benachbarten Regionalkläranlage stattfindet, die zwar über das Dach der Holding mit dem WVU verbunden jedoch in einer anderen Gesellschaft angesiedelt ist, wird nachfolgend Asten als Kesselanlage mit Abwärmenutzung behandelt. Es können fossile, als auch biogene Primärenergieträger verwendet werden. In Asten wird für die Grundlastabdeckung Biomasse verwendet. Für die Spitzenlastabdeckung steht ein Gaskessel zur Verfügung. Die überwiegende Verwendung von Biomasse trägt einerseits dem Umweltgedanken Rechnung, andererseits stehen dahinter wirtschaftliche Überlegungen sowie gesetzliche und politische Rahmenbedingungen.

## 1.2 Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen

### 1.2.1 globale Ebene

Bereits in der ersten Klimakonferenz in Genf 1979 wurde durch die Weltorganisation für Meteorologie auf den bevorstehenden Klimawandel aufmerksam gemacht. Nach rund eineinhalb Jahrzehnten wurde 1992 in Rio de Janeiro das „Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderung“ <sup>[8]</sup> unterzeichnet. Die darin ausgearbeiteten Maßnahmen waren weder verbindlich noch quantifiziert. Diese „Mängel“ wurden 1997 durch das „Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen“ beseitigt. Am 21.03.2002 wurde dieses auch durch den österreichischen Nationalrat ratifiziert und gilt somit als völkerrechtlich bindender Staatsvertrag. Die unterzeichnenden (Industrie-) Staaten verpflichteten sich, die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Wert des Jahres 1990 bis 2012 um fünf Prozent zu reduzieren. Das Ziel wurde durch Österreich nicht erreicht. Im Gegenzug mussten Emissionszertifikate im Wert von 400 Mio. Euro gekauft werden. Der Vertrag wurde bis 2020 verlängert. Grundlage für die Verlängerung war die Menge der Treibhausgasemissionen im Jahr 2005. Ziel war die Reduktion um 16 Prozent. Diese Vorgaben waren auch Grundlage diverser Richtlinien der europäischen Union. Auch dieses Ziel wurde durch die Republik Österreich verfehlt. Im Dezember 2015 wurde das „Übereinkommen von Paris“ <sup>[10]</sup> unterzeichnet. Es gilt als Nachfolgevertrag der Protokolle von Kyoto und bindet die Entwicklungsländer stärker ein (z.B. durch Technologietransfer).

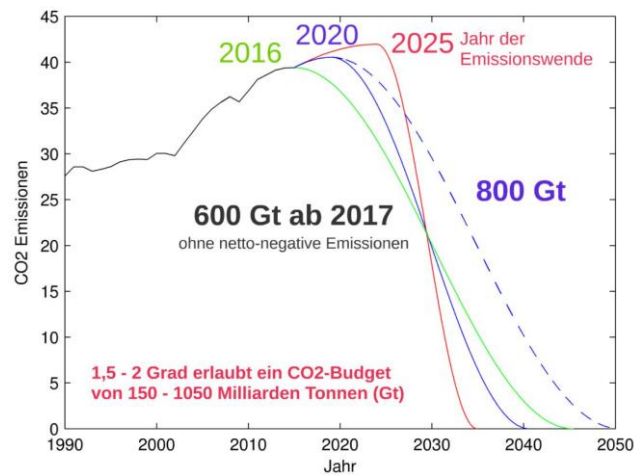


Abbildung 1-6: Nötige Pfade (abhängig vom Zeitpunkt des Emissionspeak) um das Zwei – Grad – Ziel zu erreichen <sup>[9]</sup>

Wesentliches Ziel der Pariser Verträge ist die Begrenzung der Erderwärmung um zwei Kelvin (im Idealfall auf 1,5K) und die Senkung der Treibhausgasemissionen auf Null bis zum Jahr 2050. Bis zum 13. Mai 2018 hatten 176 Staaten das Abkommen unterzeichnet <sup>[9]</sup>. Die USA kündigte das Abkommen am 4.11.2019 auf.

## 1.2.2 EU-Ebene

Mit dem Beitritt zur europäischen Gemeinschaft im Jahr 1995 wurde der „Vertrag über die Arbeitsweise der europäischen Union“ <sup>[11]</sup> auch für die Republik Österreich bindend. Er ist neben dem „Vertrag über die europäische Union“ <sup>[12]</sup> die rechtliche Grundlage der europäischen Union. Titel XXI Energie, Artikel 194 legt die grundsätzliche Energiepolitik der Union fest. Unter Absatz c) wird als Ziel die „Förderung der Energieeffizienz und von Energieeinsparungen sowie Entwicklung neuer und erneuerbarer Energiequellen...“ definiert. Diesbezüglich ins Detail geht Richtlinie (EU) 2018/2001 des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. In ihr spiegeln sich auch teilweise die Punkte des Pariser Abkommens wider. Darin ist unter Ziffer 4 „...der Einsatz von Energieeffizienztechnologien und die Förderung der Verwendung erneuerbarer Energie in den Bereichen Elektrizität, im Wärme- und Kältesektor...“ angeführt. Und konkreter im Artikel 3, Verbindliches Gesamtziel der Union für 2030: Die Mitgliedstaaten stellen gemeinsam sicher, dass der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch der Union im Jahr 2030 mindestens 32 % beträgt.

Die für das Wärmeversorgungsunternehmen relevanten Themen und Vorgaben werden in Artikel 23 (Einbeziehung erneuerbarer Energien im Bereich Wärme- und Kälte) und 24 (Fernwärme und -kälte) behandelt. Darin wird festgehalten, dass der Anteil erneuerbarer Energie im Wärme- und Kältesektor bis 2030 im Jahresschnitt um 1,3% steigen soll. Basis ist der Anteil der erneuerbaren Energie im Jahr 2020. Der Beitrag, den Fernwärme und -Kälte dazu leisten, soll mindestens ein Prozent (von den oben genannten 1,3 Prozent) betragen (Artikel 23/ Ziffer 1 und Artikel 24/Ziffer 4). Andernfalls ist durch das Wärmeversorgungsunternehmen Anbietern von Energie aus erneuerbaren Quellen, bzw. Abwärme und -kälte der Zugang zum Netz zu gewähren.

Im Anhang I dieser Richtlinie hat die Republik Österreich als Basis für das Jahr 2020 einen Anteil von 34% an erneuerbaren Quellen bezogen auf den Bruttoendenergieverbrauch bekanntgegeben. Aktuell (21.05.2020) liegt der Wert bei 32,8%.<sup>[13]</sup>

### 1.2.3 nationalstaatliche Ebene

Im 272 Seiten starken „nationalen Energie- und Klimaplan“<sup>[14]</sup>, Stand 2019 setzt sich Österreich unter Punkt „2.1.2. Erneuerbare Energien, 1. Österreichs Anteil erneuerbarer Energie bis 2030 und indikativer Zielpfad 2021 bis 2031“ das Ziel, bis zum Jahr 2030 den Anteil erneuerbarer Energien auf einen Wert von 46-50% des Bruttoendenergieverbrauches anzuheben. Um dieses Ziel zu erreichen sollen „...Biomasse, Solarthermie und Umgebungswärme bis 2030 sowohl als Direktheizung als auch als Fernwärme weiter ausgebaut werden“. Dieser „*Nationale Energie- und Klimaplan für Österreich*“ bildet den Rahmen. Details werden in einer „Nationalen Wärmestrategie“<sup>[15]</sup>, in der die im Regierungsprogramm 2020 – 2024 festgelegten Ziele für den Gebäude- bzw. Wärmesektor unter Einbeziehung der beteiligten Gruppen erarbeitet werden sollen<sup>[16]</sup>. In diesem aktuellen Regierungsprogramm findet man im Kapitel Klimaschutz und Energie auch einen „Phase-out-Plan für fossile Energieträger in der Raumwärme“. Der Ausbau der Nah- und Fernwärme in Gebieten mit entsprechender Bevölkerungsdichte wird dabei als geeignete Vorgangsweise beschrieben.<sup>[17]</sup>

Quantitativ detaillierte Angaben findet man in einem Papier der Vorgängerregierung „*#mission2030 Die österreichische Klima- und Energiestrategie*“, dass nach wie vor auf der Homepage des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus zu finden ist.<sup>[18]</sup> Darin wird dem Gebäudesektor, der für rund 27% des Energiebedarfs in Österreich verantwortlich ist, ebenfalls ein großes Minderungspotential attestiert. Die Minderung um drei Millionen Tonnen CO<sub>2eq</sub> soll auch mit Hilfe eines verstärkten Ausbaus der Nah- und Fernwärme erreicht werden.

### 1.2.4 Landesebene

Zentraler Punkt in Hinblick auf die Entwicklung der Fernwärme in Oberösterreich ist die „Neubauförderungsverordnung“.<sup>[19]</sup> Darin wird in § 7 die Mindestanforderung an Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen bei Neubauten geregelt. Unter Ziffer 2 und 3 geeignete Heizsysteme definiert:

- 2. Fern-/Nahwärme oder Fern-/Nahkälte, sofern sie ganz oder teilweise (zumindest 80 %) auf Energie aus erneuerbaren Quellen beruht;
- 3. Fern-/Nahwärme oder Fern-/Nahkälte aus hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Sinn der Richtlinie 2004/8/EG<sup>[20]</sup> über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärmekopplung im Energiebinnenmarkt, ABl. Nr. L 52 vom 21.2.2004, S 50, sowie sonstige Abwärme, die andernfalls ungenutzt bleibt;

Neben diesen gesetzlichen Vorgaben gibt es auch noch finanzielle Anreize in Form von Annuitätenzuschüssen sowie einmalige, nicht rückzahlbare Zuschüsse.<sup>[21]</sup>

## 1.3 Nachhaltigkeit und Umweltschutz

Das Wort findet sich 1915 zum ersten Mal im Duden. Er definiert es als

1. längere Zeit anhaltende Wirkung
2. forstwirtschaftliches Prinzip, nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf, als jeweils nachwachsen kann
3. Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann

Bereits zur Zeit der Römer war Nachhaltigkeit zum Thema geworden, als, besonders am Balkan, Raubbau an den Wäldern begangen wurde, da Holz für Schiffe und Gebäude in großen Massen gebraucht wurde. Im Mittelalter wurde unter Karl dem Großen die Dreifelderwirtschaft eingeführt. Man erkannte, dass Böden nicht grenzenlos (einseitig) belastet und Nährstoffe dem Boden nicht beliebig entzogen werden können. Am Beginn des 18. Jahrhunderts (1713) veröffentlichte Hans Carl von Carlowitz sein Buch *Sylvicultura oeco-nomica*. Hans Carl von Carlowitz lebte von 1645 bis 1714. Er war kurfürstlich sächsischer Kammer- und Bergrat sowie Oberberghauptmann des Erzgebirges <sup>[22]</sup>. In diesem Buch stellt Carlowitz die These auf, dass dem Wald nur so viel Holz entnommen werden darf, als nachwächst. 1968, also zirka 250 Jahre nach Erscheinen des *Sylv1-cultura oeco-nomica* gründete der italienische Industrielle Aurelio Peccei den Club of Rome. In ihm vereinigten sich Wissenschaftler verschiedener Disziplinen aus über 30 Länder. Der grundsätzliche Gedanke von Carl von Carlowitz wurde aufgegriffen und Szenarien aufgezeigt, die die Folgen eines exponentiellen Wachstums in einem endlichen System darstellen. Dieser Bericht wurde unter dem Titel „Die Grenzen des Wachstums“ 1972 veröffentlicht. Der Soll – Ist – Vergleich in Form der Bücher „Grenzen des Wachstums – das 30 Jahre Update“ und „2052 – der neue Bericht an den Club of Rome“ zeichnen ein diesbezüglich düsteres Bild.

Um das Jahr 1800 entstanden die ersten Wetterstationen im deutschsprachigen Raum. So wurde etwa unter der Aufsicht von Johann Wolfgang von Goethe 1816/1817 eine meteorologische Station eingerichtet. Auftraggeber war Herzog Carl August. Im März 1818 ging die in der Nähe von Weimar (Schöndorf auf dem Ettersberg) liegende Wetterstation in Betrieb. Seit 28. Dezember 1762 werden im Benediktiner Kloster Kremsmünster täglich Barometerstände und Temperaturen aufgezeichnet. Dem Anhang 13 kann entnommen werden, dass es immer wieder Phasen mit höheren Jahresmitteltemperaturen gegeben hat. Generell ist Klima etwas Zyklisches. Der Beginn der Temperaturaufzeichnungen liegt zumeist in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, also genau zu einem Zeitpunkt, als die Temperaturkurve eine „Talsole“ erreicht hatte. Diesen Zeitpunkt als Referenzpunkt für den Temperaturanstieg auf unseren Planeten heranzuziehen ist aus Sicht des Autors falsch. Die Aufzeichnungen belegen, dass die Jahre davor zumeist wärmer waren. Erst in den 1980er Jahren wurde das Temperaturniveau der 1780er erreicht. Als sicheres Indiz für einen menschengemachten Temperaturanstieg kann jedoch die Tatsache gewertet werden, dass die Kurve der Ganzjahrestemperatur und die der Sommertemperatur seit den 1960er Jahren anhaltend steigt und sich die Wintertemperaturen seit den 1980er Jahren auf hohem Niveau stabilisieren. Die in den Jahrzehnten zuvor beobachtete Wellenbewegung bleibt aus. Bei den Niederschlägen (siehe Anhang 14) gibt es seit den 2000er Jahren eine fallende Tendenz in Richtung des Minimums der 1980er Jahre. Was also sind die Ursachen für den stetigen Temperaturanstieg? Nach dem heutigen Stand

der Wissenschaft zeichnen die sogenannten Treibhausgase dafür verantwortlich. Die Atmosphäre unseres Planetens und die darin enthaltenen Treibhausgase ermöglichen erst Entstehung von Leben auf der Erde. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt lege die Temperatur bei  $-18^{\circ}\text{C}$ , mit bei durchschnittlich  $15^{\circ}\text{C}$  [23]. Für den natürlichen Treibhauseffekt ist Wasserdampf zu zwei Drittel verantwortlich. Problem sind die durch den Menschen verursachten, sogenannten anthropogenen Treibhausgase. Dies sind zu [24]

- 65% Kohlendioxid aus fossilen Brennstoffen und Industrie
- 11% Kohlendioxid aus Forst- und Landwirtschaft
- 16% Methan aus Massentierhaltung, Abbau- und Förderung von fossilen Brennstoffen, Deponien, Tauen von Permafrostböden...
- 6% Lachgas (Distickstoffmonoxid) aus stickstoffhaltigen Düngemitteln wie Nitrat und Ammoniak, Massentierhaltung...
- 2% Flurkohlenwasserstoffe: Treibgase, Kühl- und Löschmittel...

Mit rund 76% hat  $\text{CO}_2$  den größten Anteil an den anthropogenen Treibhausgasen. Die daraus resultierenden Probleme werden bei der Betrachtung der einzelnen Wellenlängen der eingebrachten und reflektierten Strahlung sowie dem diesbezüglichen Verhalten der Gase in der Atmosphäre klar. Aufgrund der Abflachung der Erde bei den Polen sowie der Tatsache, dass nur die Hälfte der Erdoberfläche durch die Sonne beschienen wird (Tag/Nacht), muss die spezifische Strahlungsleistung mit  $342 \text{ W/m}^2$  angesetzt werden, was rund einem Viertel der Solarkonstante entspricht. Von diesen treffen rund  $168 \text{ W/m}^2$  auf der Erdoberfläche auf.  $107 \text{ W/m}^2$  werden reflektiert,  $67 \text{ W/m}^2$  von der Atmosphäre absorbiert. Wieviel auf der Erdoberfläche reflektiert wird, beschreibt die Albedo (angegeben in Prozent der Reflexion).

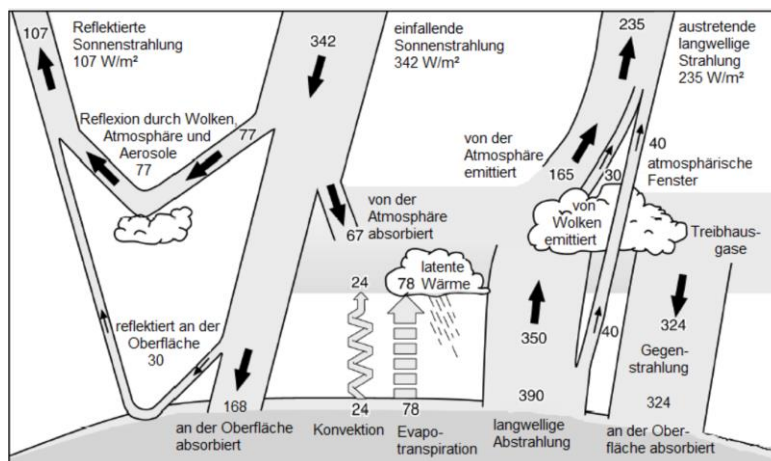


Abbildung 1-7: Geschätzte mittlere jährliche und globale Energiebilanz der Erde (Werte in  $\text{W/m}^2$ ) [25]

Die durchschnittliche Albedo für unseren Planeten liegt derzeit bei ca. 30%. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass es bei dunklen Körpern überwiegend zur Absorption, also zur Erwärmung kommt, helle Körper reflektieren die Strahlung (Neuschnee: Reflektion ca. 75 – 90%, Wasseroberflächen reflektieren hingegen nur 3 – 10%). Das zunehmende Abschmelzen der Polkappen fördert also den Temperaturanstieg auf der Erde ebenso.

Die Erde mit ihrer Oberflächentemperatur von ca.  $288\text{K}$  sendet langwellige Strahlung im Bereich von  $3\text{-}60 \mu\text{m}$  Wellenlänge. Wie Abbildung 0-9 zeigt kann die durch die Sonne emittierte Strahlung

relativ ungehindert durch die Atmosphäre. Dazu im Gegensatz die durch die Erde abgegebene Infrarotstrahlung. Mit Ausnahme eines atmosphärischen Fensters (Band, in dem Wellenlängen kaum gestreut oder absorbiert werden) wird die Strahlung in der Atmosphäre aufgenommen und in Form einer Gegenstrahlung von ca. 324 W/m<sup>2</sup> zur Erde zurückgetrahlt.

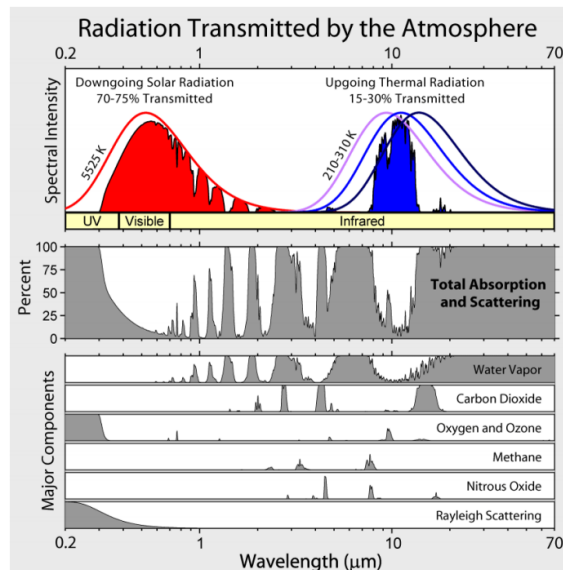


Abbildung 1-8: rot: durch die Sonne auf die Erde eingebrachte Strahlung, blau: die durch den „schwarzen Körper“ Erde im IR-Bereich reflektierte Strahlung. Unten: welche Gase der Atmosphäre welche Strahlungsanteile „filtern“ [26]

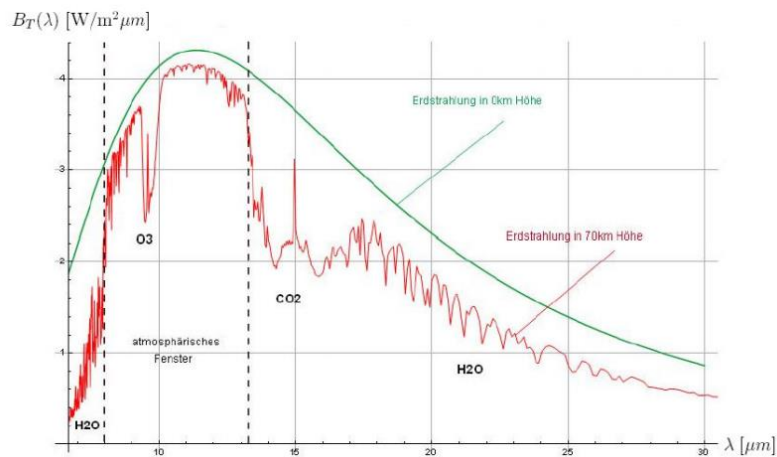


Abbildung 1-9: Gemessene Wärmestrahlung der Erde in Bodennähe und in 70km Höhe [26]

Die Auswirkung dieser physikalischen Tatsache ist in Abbildung 1-9 ersichtlich. Die Subtraktion der roten von der grünen Kurve ist der Treibhauseffekt. Für den Bereich links des atmosphärischen Fensters, also im Wellenlängenbereich von 6,5 – 8μm sowie auf den Bereich 16/17μm ist Wasserdampf der Grund des Treibhauseffekts. Ein durch den Menschen nur indirekt beeinflussbarer Umstand. Im Bereich 12 – ca. 16μm ist Kohlendioxid die Hauptursache und somit der anthropogene CO<sub>2</sub> – Ausstoß.

Neben der Atmosphäre spielen auch die Weltmeere in puncto Wetter und Klima eine zentrale Rolle. 93,4% der durch den Treibhauseffekt zusätzlich erzeugten Wärmeenergie wird durch die



Ozeane aufgenommen, 2,3% durch die Atmosphäre und 2,1% durch Gletscher, Eiskappen, Eisschilde und Meereis. Dies könnte wesentliche Auswirkung auf den besonders für das Klima in Europa relevanten Nordatlantikstrom haben. Warmes Meerwasser fließt aufgrund der Dichteunterschiede in Richtung des Nordpols. Dort kühlt es ab. Kaltes und salzreicheres Wasser besitzt eine höhere Dichte und sinkt zu Boden, wo es wiederum Richtung Äquator fließt. Dieser thermohaline Antrieb sorgt für ein gemäßigtes Klima in Nordeuropa. Zudem sind die Ozeane des Planeten riesige  $\text{CO}_2$  – Speicher. Sie speichern rund fünfzig Mal mehr  $\text{CO}_2$  als die Atmosphäre. Die Fähigkeit des Wassers  $\text{CO}_2$  zu binden ist temperaturabhängig (siehe Abbildung 0-7). Dennoch nehmen die Weltmeere nach heutigem Kenntnisstand 30-40% der jährlichen  $\text{CO}_2$  – Emissionen auf [24]. 0,2% [27] des im Wasser gelösten  $\text{CO}_2$  bilden Kohlensäure:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ . Diese zerstört durch Auflösung kalkhaltige Strukturen wie Korallen, Plankton und Muscheln.

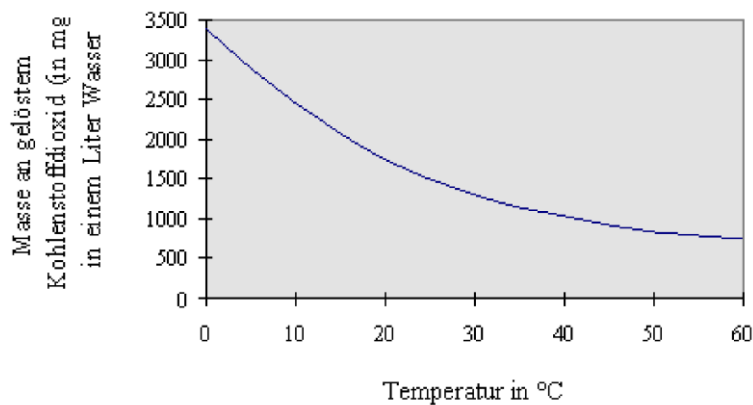


Abbildung 1-10: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur [27]

Neben dem im Wasser gebundenen  $\text{CO}_2$  sorgen auch kleine Algen, sogenanntes Phytoplankton für eine Bindung des Kohlenstoffs durch Photosynthese (siehe auch 1.4.4.). Abgestorbene Algen sinken in den Weltmeeren zu Boden.

Abschließend sei festgehalten, dass die im Kapitel 1.3. dargestellte Sicht jene ist, die in der Welt der Wissenschaft derzeit die größte Zustimmung findet. Klaus Dieter Sedlacek zum Beispiel sieht in seinem Buch „Treibhauseffekt und Klimawandel, ISBN 9783750413207“ den Anstieg des  $\text{CO}_2$  und die steigende Erdtemperatur eher als Korrelation und nicht als Kausalität. Er geht noch einen Schritt weiter, und stellt die Frage, ob der  $\text{CO}_2$  – Anstieg nicht die Folge des Temperaturanstiegs ist, der wiederum die Ursache in einer erhöhten Sonnenaktivität haben könnte.

Faktum ist, dass die Ressourcen unseres Planeten endlich sind. Aus welcher Motivation Umweltschutz umgesetzt wird, sei dahingestellt. Für einen nachhaltigen Umgang mit unserem Planeten ist er eine wesentliche Säule.



## 1.4 Biomasse

### 1.4.1 Definition von Biomasse

„Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle organischen Stoffe biogener, nicht fossiler Art, umfasst also in der Natur lebende und wachsende Materie und daraus resultierende Abfallstoffe, sowohl von der lebenden als auch von schon abgestorbener organischer Masse“.<sup>[28]</sup> Biomasse wird also aus wissenschaftlich-technischer Sicht als kohlenstoffhaltiges Material biologischer Herkunft definiert, mit Ausnahme von Material, das in geologische Formationen eingebettet und/oder zu fossilen Brennstoffen umgewandelt ist (Terminologienorm CEN/TS 14 588 2004). Die Abgrenzung zu fossilen Energieträgern stellt in Mitteleuropa Torf als fossiles Sekundärprodukt der Verrottung dar. In den skandinavischen Ländern gilt auch Torf als Biomasse.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die *„RICHTLINIE (EU) 2018/2001 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“* und auf den darin enthaltenen Artikel 23, Absatz 1 verwiesen. Dieser fordert eine durchschnittliche Steigerung erneuerbarer Energie im Sektor Wärme und Kälte von 1,3% als Jahresdurchschnitt für die Jahre 2021-2025 und 2026-2030, bezogen auf das Jahr 2020. Damit aber die errichteten Anlagen zu diesem Ziel beitragen können, muss der eingesetzte Biomasseanteil entsprechend Artikel 29/10/d bei Inbetriebnahme bis zum 31.12.2025 mindestens 70%, ab den 01.01.2026 mindestens 80% betragen (ausgenommen entsprechend Ziffer 104 dieser Verordnung sind Anlagen mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung kleiner/gleich 20 MW).

### 1.4.2 Grundsätzliches

Für unseren Planeten können drei grundlegende primäre Energiequellen unterschieden werden:

1. Planetengravitation und -bewegung (z.B. Gezeiten)
2. Erdwärme
3. Sonnenenergie

Durch Energieumwandlung innerhalb der Atmosphäre der Erde entstehen weitere Energieströme. So haben zum Beispiel Wasserkraft, Windenergie als auch Biomasse einen gemeinsamen energetischen Ursprung: Sonnenenergie.

Biomasse ist also gespeicherte Sonnenenergie, die, im Gegensatz zu anderen Energieformen (Solarthermie, Photovoltaik, Wind), bedarfsgerecht zur Verfügung steht und somit eine planbare Größe in der Energieerzeugung darstellt.

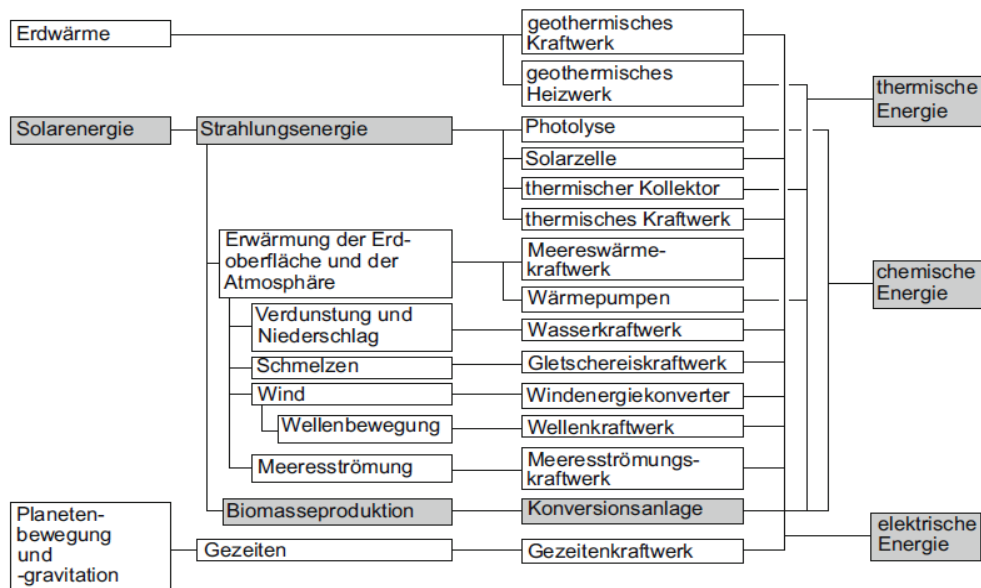


Abbildung 1-12: Möglichkeiten zur Nutzung des regenerativen Energieangebots, das aus den regenerativen Quellen Solar energie, Erdwärme sowie Planetengravitation und -bewegung resultiert (die Möglichkeiten der Biomasse- nutzung sind grau unterlegt) [29].

### 1.4.3 Situation in Österreich

Der Statistik Austria können für 2017 folgende Daten entnommen werden:

#### Bruttoinlandsverbrauch erneuerbare Energieträger 2017

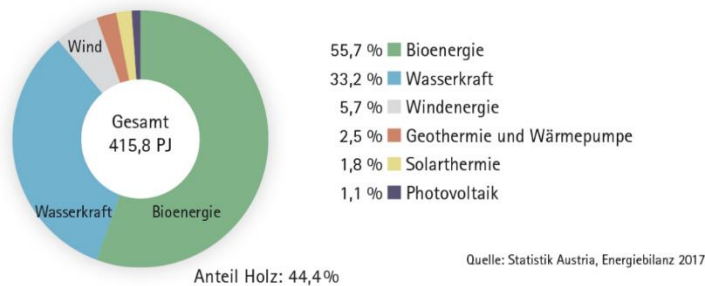


Abbildung 1-13: Bruttoinlandsverbrauch erneuerbarer Energieträger 2017; Quelle: Statistik Austria, Energiebilanz 2017 [30]

Dabei haben aufgrund der in Österreich herrschenden Randbedingungen folgende Bioenergie- träger energiewirtschaftliche Bedeutung:

- biogenen Festbrennstoffen aus Holz und halmgutartiger Biomasse (u. a. Stroh, Wiesen- heu),
- Biokraftstoffe auf der Basis öl-, zucker-, stärke- und/oder ligno-cellulosehaltiger (Anmer- kung: von lat. lignum = „Holz“ oder „Baum“) Rohstoffe (u. a. Holz, zucker-, stärke- und öl- haltige Pflanzen) zur Erzeugung von Biodiesel, Bioethanol sowie gasförmigen und flüs- sigen synthetischen Kraftstoffen,
- Biogas aus landwirtschaftlichen (z.B. Mais- und Grassilagen, Exkremete), kommunalen

(z. B. biogene Haushaltsabfälle) und industriellen (z. B. organische Industrieabwässer) oder organischen Stoffströmen.

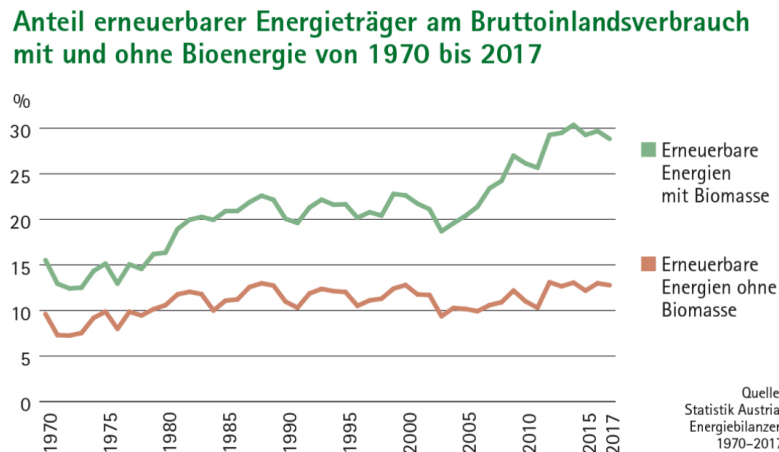
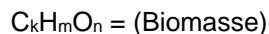


Abbildung 1-14: Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch mit und ohne Bioenergie 1970 bis 2017;

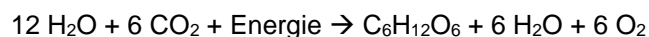
Quelle: Statistik Austria, Energiebilanzen 1970 – 2017 <sup>[30]</sup>

### 1.4.4 Biomasseentstehung

Im allgemeinen kann die „Erzeugung“ von Biomasse mit dem Begriff Fotosynthese umschrieben werden. Vereinfacht läuft folgende Reaktion ab:



Über Farbstoffe wie Chlorophyll wird durch die Energie des sichtbaren Sonnenlichts Wasser mit Hilfe der Sonnenstrahlung gespalten. Chlorophyll befindet sich in großen Mengen in der Membran der Chloroplaste, die dadurch die Fähigkeit erhalten, Lichtenergie aufzunehmen. In diesen Chloroplasten findet dann auch die Fotosynthese statt. Die Reaktion verläuft im Wesentlichen wie folgt: Sonnenlicht wird aufgenommen, danach werden Wassermoleküle gespalten. Bei der Spaltung werden Elektronen freigesetzt, die ermöglichen, dass die Lichtenergie in chemische Energie freigesetzt wird. Aus Wasserstoff und Kohlendioxid entsteht dann Glukose (=Zucker) und als „Abfallprodukt“ wird Sauerstoff an die Umwelt abgegeben. Die allgemeine Gleichung der Fotosynthese lautet wie folgt:



Die gebildete Glukose =  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  dient dabei dem Aufbau der Biomasse. Diese allgemeine Form der Fotosynthese kann nochmals in eine Lichtreaktion und eine Dunkelreaktion unterteilt werden. Pflanzen werden auch als autotroph bezeichnet. Der Begriff autotroph kann aus dem griechischen autos = selbst und trophe = Ernährung, also Selbsternährung abgeleitet werden. Es kann somit nicht der gesamte organische Kohlenstoff gespeichert werden, da ein Teil durch die Pflanze selbst für ihr Wachstum verbraucht wird. Angemerkt wird, dass nur ca. 50% der Gesamtstrahlungsenergie der Sonne im fotosynthetisch aktiven Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm liegt. Von der eingestrahlten Energie aus der absorbierten Strahlung gehen zusätzlich erhebliche Anteile verloren

(u. a. durch Rückstrahlung, durch Energieverluste, ...). In weiten Teilen Europas liegt der tatsächliche Nutzeffekt bei ca. 0,8 – 1,2%.

Nachstehend einige Wirkungsgrade bei der Produktion von Biomasse [31]:

<i>Ozeane: 0,07%</i>	<i>Süßwasser: 0,50%</i>	<i>Kulturlandschaft: 0,30%</i>	<i>Grasland: 0,30%</i>
<i>Wälder: 0,56%</i>	<i>Mais: 3,20%</i>	<i>Zuckerrohr: 4,80%</i>	<i>Zückerrüben: 5,40%</i>

### 1.4.5 Endlichkeit der Vorkommen fossiler Energieträger

Nachfolgend Grafik der Internationalen Energie Agentur:

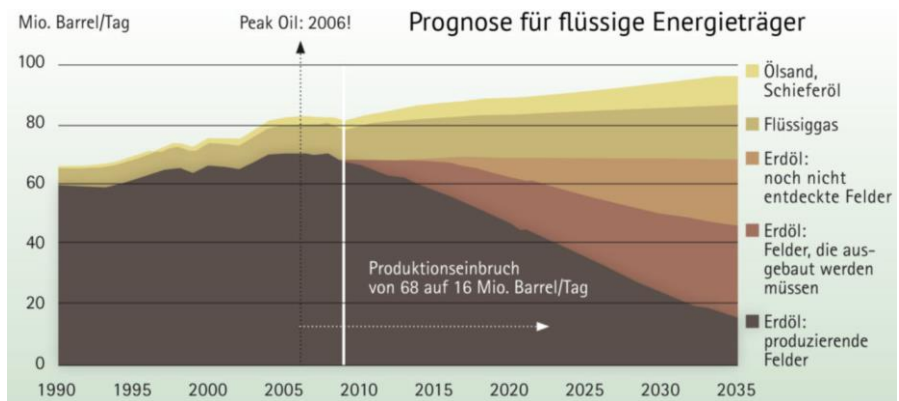


Abbildung 1-15: Prognose für flüssige Energieträger; Quelle: Internationale Energie Agentur [32]

Der sogenannte Peak Oil, also der Punkt der maximalen Ölförderung, war 2006. Es ist klar ersichtlich, dass die derzeit uns bekannten Ölfelder in naher Zukunft nicht mehr ausreichen werden, um den Bedarf zu decken. Annahmen über noch vorhandene, nicht entdeckte Ölfelder sowie die Nutzung unkonventioneller fossiler Energieträger sollen die Lücke schließen.

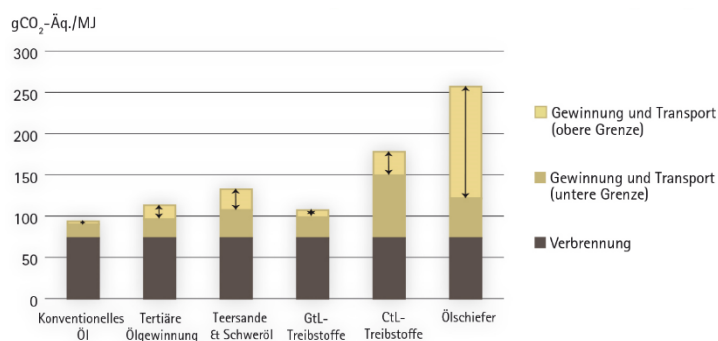


Abbildung 1-16: Treibhausgasemissionen bei der Nutzung unkonventioneller Energieträger; Quelle Energy and Resources Group, University of California, Berkely [32]

Abgesehen der gesellschaftspolitischen Probleme, die eine Verknappung dieser fossilen Energieträger mit sich bringt, ist die Produktion dieser unkonventionellen fossilen Energieträger teurer, zudem, wie vorher dargestellt, mit einer wesentlich höheren Treibhausgasemission verbunden.

### 1.4.6 Energie-Außenhandelsbilanz

Im betrachteten Zeitraum von 2006 bis 2016 bewegte sich der Import von Energie für Österreich in einer Bandbreite von 900 bis 1.000 PJ.

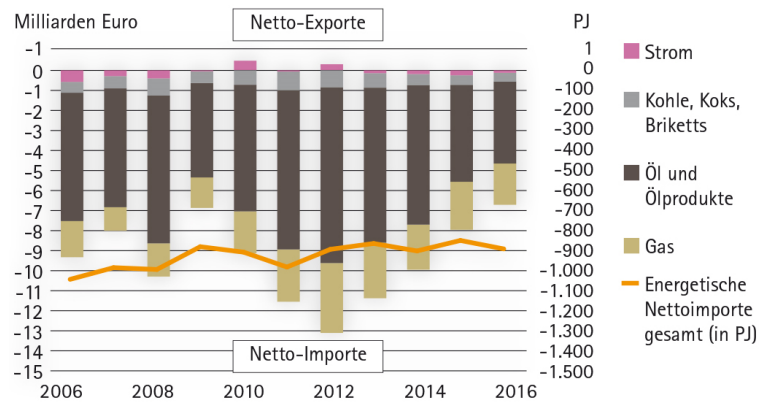


Abbildung 1-17: Energiebilanzen 1970 – 2016; Quelle: Statistik Austria, Außenhandelsbilanzen 2006 - 2016 <sup>[32]</sup>

Die „Beschaffung“ von Energie ist also für unseren Staat mit einem enormen Außenhandelsdefizit verbunden. Die sinkenden Ausgaben ab 2012 sind, wie nachfolgende Grafik zeigt, dem Rückgang des Rohölpreises geschuldet:

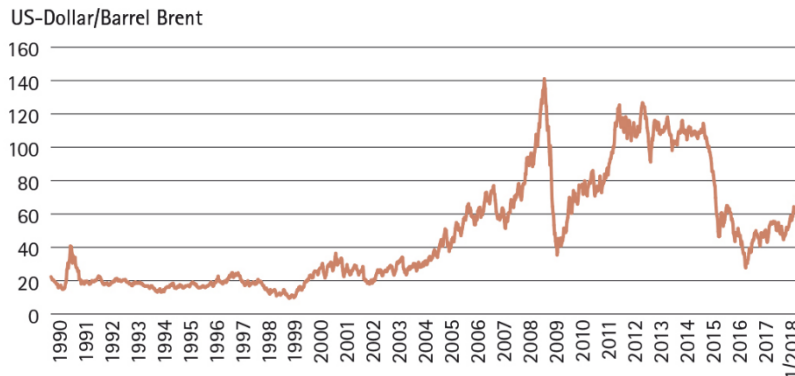


Abbildung 1-18: Entwicklung des Rohölpreises 1990 bis 1/2018; Quelle: U.S. Energy Information Administration eia <sup>[32]</sup>

### 1.4.7 Zukunftsszenarien

Unterpunkt 1.4.7 ist als Erläuterung und zum Verständnis des im Punkt 1.4.8 beschrieben zu sehen.

Im Auftrag des österreichischen Umweltbundesamtes werden durch verschiedene Institutionen wie z.B. TU Graz, Wirtschaftsforschungsinstitut (WIFO), Austrian Energy Agency (eA),... in einem zweijährigen Intervall Szenarien über die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich erarbeitet. Diese dienen dem Ministerium als Diskussions- und Entscheidungsgrundlage. Im Wesentlichen werden drei Szenarien betrachtet:

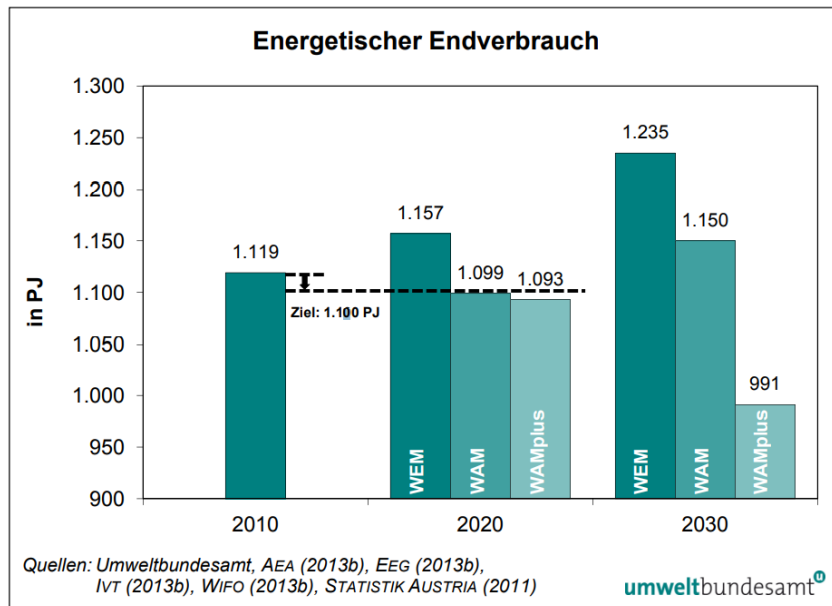


Abbildung 1-19: Energetischer Endverbrauch in den Szenarien WEM, WAM plus und WAM Plus <sup>[33]</sup>

- WEM: Mit existierenden Maßnahmen (with existing measures)
- WAM: Mit zusätzlichen Maßnahmen (with additional measures)
- WAM Plus: mit zusätzlichen Anstrengungen und zusätzlichen Maßnahmen (with additional efforts plus supplementary measures)

### 1.4.8 Potenzial von Biomasse:

Der energetische Endverbrauch von Bioenergie hat sich in Österreich von 130 Petajoule im Jahr 2005 um 60 Prozent auf 207 Petajoule im Jahr 2017 erhöht. Der Wärmemarkt war 2017 mit einem Anteil von 82 Prozent der zentrale Markt für Bioenergie, gefolgt von Biotreibstoffen mit einem Marktanteil von 10 Prozent und der Ökostromerzeugung aus Biomasse und Biogas mit acht Prozent. Bioenergie kommt vor allem den Haushalten zugute. Eine Analyse der in Österreich eingesetzten bio-genen Brennstoffe und Brennholz (ohne Biotreibstoffe und Biogas) zeigt, dass annähernd die Hälfte der Brennstoffe in privaten Haushalten verwendet wird. Etwa 36 Prozent der Bioenergie wird im produzierenden Bereich eingesetzt – davon allein 30 Prozent in der Holz- und Papierindustrie. Zehn Prozent der biogenen Brennstoffe kommen im öffentlichen und privaten Dienstleistungssektor zum Einsatz, vergleichsweise geringe vier Prozent in der Landwirtschaft. Eine Potenzialabschätzung des Österreichischen Biomasse-Verbandes geht bis 2030 von einem realisierbaren Bioenergiepotenzial von 340 PJ aus; bis 2050 wäre ein Bioenergieeinsatz von etwa 450 PJ möglich. Bis 2030 könnte der Bruttoinlandsverbrauch von Bioenergie also um mehr als 110 PJ ausgebaut werden. Etwas mehr als die Hälfte des Ausbaupotenzials stammt aus der Forstwirtschaft. Der Rest erschließt sich aus Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Acht Prozent könnten durch Kurzumtriebsflächen (= landwirtschaftliche Flächen, auf denen schnell wachsende Laubbaumarten, die sich durch ein überdurchschnittliches Jugendwachstum auszeichnen (z. B. Pappel oder Weide), gepflanzt werden) bereitgestellt werden. Mit einem Anteil von 18 % am Ausbaupotenzial könnte Biogas seinen energetischen Einsatz gegenüber 2017 etwa verdreifachen. Voraussichtlich wird auch im Jahr 2030 der Wärmemarkt mit über 77 % Anteil der dominierende

Bioenergiemarkt sein<sup>[34]</sup>. Wie unter 1.4.7 beschrieben, könnte unter Ausnutzung der Einsparpotenziale (unter Vernachlässigung wirtschaftlicher Ziele) jedoch eine Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs erreicht

werden. In nachfolgender Grafik wird der energetische Bruttoinlandsverbrauch dargestellt, in 1.4.7 der Energetische Endverbrauch (= Gesamtenergieverbrauch der Endnutzer, also ohne Energieverbrauch der Energiewirtschaft) – darum der Unterschied; die letzten verfügbaren Zahlen der Statistik Austria von 2018 weisen folgende Werte auf:

Bruttoinlandsverbrauch: 1.422.354 TJ

Energetischer Endverbrauch: 1.122.477 TJ

Verhältnis: 78,9%

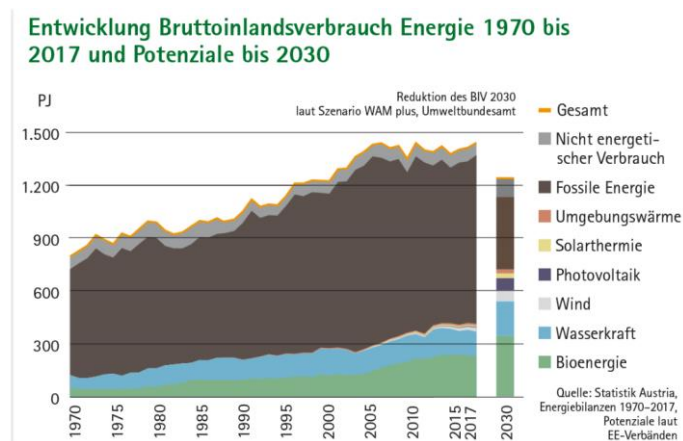


Abbildung 1-20: Entwicklung Bruttoinlandsverbrauch Energie 1970 bis 2017 und Potenziale bis 2030; Quelle: Statistik Austria, Energiebilanzen 1970 – 2017; Potentiale laut EE-Verbänden<sup>[30]</sup>

Die vorherige Grafik stellt also das Szenario „WAM plus“ dar. Daher: nach heutiger Prognose wird auch bei intensiven Anstrengungen im Jahr 2030 ein Drittel des Energiebedarfs von Österreich durch fossile Energieträger abgedeckt!

### 1.4.9 Biomasse zu Heizzwecken

Wie bereits im Kapitel 1.4.8 erläutert, nimmt die Wärmeerzeugung im Bereich Biomasse eine Vormachtstellung ein (2017: 82%; Prognose 2030: 77%). Die Anwendungsmöglichkeiten reichen dabei vom:

- konventionellen Holz- und Kachelofen mit moderner Feuerungstechnik als Einzelfeuerungsanlage im Einfamilienhaus
- über
- kleinere und mittlere Heizwerke zur Versorgung von größeren Gebäudekomplexen und Inselwärmeversorgungen
- bis hin
- zu Heizkraftwerken zur gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung für Industrie und kommunale Fernwärmeversorgung.

Die im Eigentum des Wärmeversorgungsunternehmens befindlichen Heizwerke verwenden überwiegend Hackschnitzel als Brennstoff. Ergänzt wird dies durch Restholzstoffe, die aus der Holzverarbeitenden Industrie bezogen werden.

## 1.5 Wirtschaftlicher Aspekt

Die Unternehmensgruppe versteht sich als „Dienstleister der Daseinsvorsorge“ und sieht Kooperationen mit der regionalen Wirtschaft als seine Verpflichtung an. Im Jahr werden ca. 3.500 Tonnen Hackgut zur Beheizung des Biomasseheizwerks Asten benötigt. Dieser Brennstoff wird überwiegend durch umliegende, forstwirtschaftliche Betriebe geliefert. Anhang 14 zeigt einen Ausschnitt der *„RICHTLINIE (EU) 2018/2001 DES EURO-PÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES“* vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Darin ist erkennbar, dass Hackschnitzel aus forstwirtschaftlichen Reststoffen, die aus einem Umkreis kleiner 500km stammen die Treibhausgasemissionen um bis zu 93% senken.



## 2 praktischer Hauptteil

### 2.1 Funktion und Arbeitsweise des BMHW Asten

#### 2.1.1 Brennstoff:

Überwiegend wird Holz in Form von Hackschnitzel verheizt, da dieser Brennstoff ohne spezielle Gewinnungstechnologie und ohne zusätzliche Prozesskette auskommt. Das Holz stammt im Idealfall aus nächster Umgebung, da die Transportkosten für diesen Brennstoff ansonst unverhältnismäßig hoch werden:

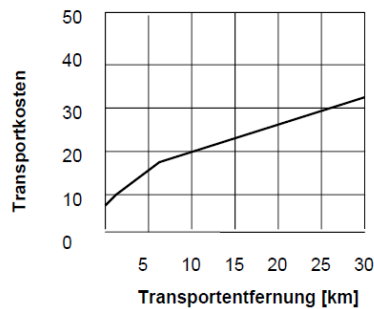


Abbildung 2-0: Transportkosten als Funktion Transportentfernung <sup>[35]</sup>

Der in der Biomasse enthaltenen Wassergehalt spielt eine entscheidende Rolle wie nachfolgende Abbildung (beispielhaft für die angeführten Holzarten, andere Holzarten annähernd ident) zeigt. Um die im Biomasseheizwerk installierten 6MW Heizleistung, die an einem Wintertag in den Spitzenzeiten auch benötigt wird, in das Netz zu speisen, sind bei einem Wassergehalt von 0% tausendzweihundert, bei 50% rund zweitausendachthundert Kilogramm Biomasse pro Stunde erforderlich. Biomasse mit hohem Wassergehalt (ca. 40%) wird aber auch bewusst im Schwachlastbetrieb eingesetzt, um Teillasten bis zu 10% der Kesselleistung zu realisieren. Neben Biomasse werden auch unbelastete Holzabfälle zur Wärmeproduktion verwendet. Über Schubstangenförderer mit hydraulischer Betätigung und Förderschnecken wird der Brennstoff in den Brennraum transportiert.

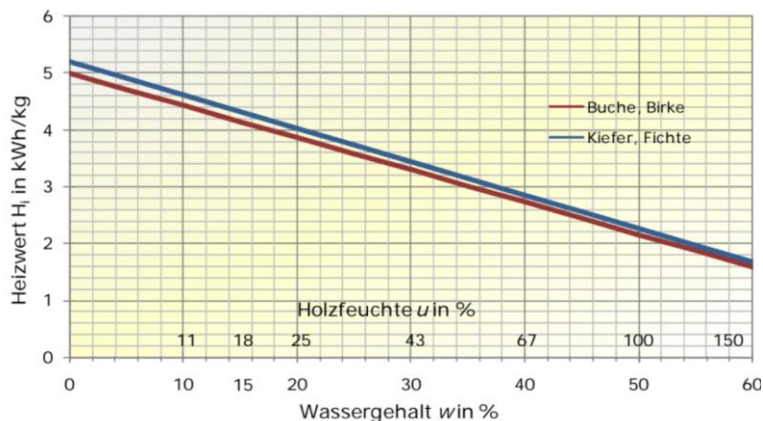


Abbildung 2-1: Heizwert von Holz in Abhängigkeit des Wassergehalts und der Holzfeuchte <sup>[23]</sup>

## 2.1.2 Feuerung und Wärmeabgabe im Wärmetauscher

Die verbreitetste und auch im Heizwerk Asten ausgeführte Variante ist die Ausbildung eines schamottierten Hochtemperatur Brennraum mit gusseisernem beweglichen Stufenrost. Diese Anordnung wird auch als Vorschubrostfeuerung bezeichnet. Alternativ dazu gebe es die Unterschubfeuerung, die aber untergeordnete Bedeutung hat. Bei der Vorschubrostfeuerung ist die Verbrennungszone durch unter dem Rost lufttechnisch geteilte Rostkammern in die Trocknungs-, Vor- und Nachverbrennungszone geteilt.

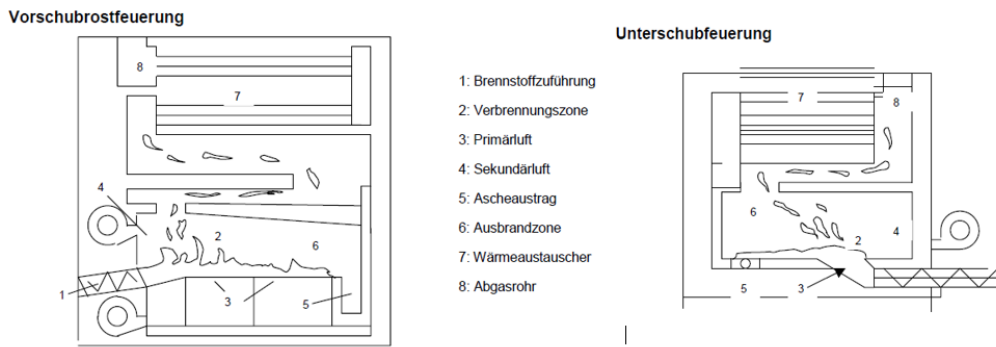
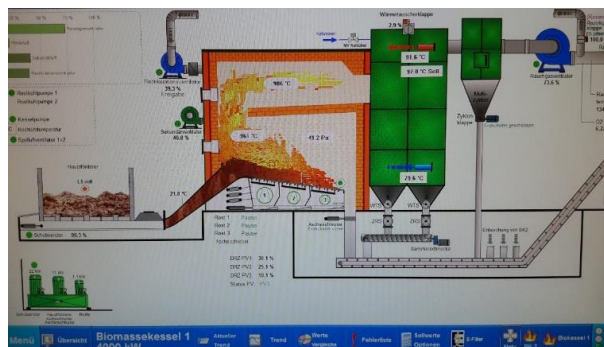


Abbildung 2-2: Feuerungsarten <sup>[35]</sup>

Die Volumenströme der in die Rostkammern eingeblasenen Verbrennungsluft (Nummer 3 in den dargestellten Prinzipschemen) können im Sinne einer optimalen Verbrennung variiert werden. Neben diesem Primärluftventilator gibt es einen Sekundärluftventilator zur Nach- und Ausverbrennung der unverbrannten Rauchgase. Aufgrund der verschiedenen Wassergehalte der Biomasse gibt es in der Praxis auch noch ein Rezirkulationsgebläse (siehe Screenshot) zur Beimischung von (abgekühlten) Rauchgas zur Minderung der Rauchgastemperatur bei Brennstoffen mit niedrigem Wassergehalt und somit hohem Brennwert.



Screenshot der Regelung eines Heizwerkes der Linz Strom Gas Wärme GmbH

## 2.1.3 Rauchgasreinigung - Entstaubungssysteme

Um die gesetzlichen Vorgaben über Luftreinhaltung einhalten zu können, muss das Rauchgas nach Austritt aus dem Wärmetauscher gereinigt werden. Grundsätzlich kommen dabei mechanische Abscheider (Zyklone oder Gewebefilter) oder elektrische Entstauber zum Einsatz. Mechanische Abscheider machen sich dabei die Fliehkraft oder die filternde Wirkung zu Nutze, wo

hingegen elektrische Entstauber auf der Kraftwirkung elektrischer Felder beruhen. Die Abscheidegrade sind unterschiedlich, wie untenstehende Tabelle zeigt:

Verfahren	Abscheidegrad [%]	Staubbelastung [mg/m <sup>3</sup> ]
Zyklon	> 99 <sup>a</sup>	< 150
Elektrofilter	> 99,5 <sup>b</sup>	< 30
Gewebefilter	> 99,5 <sup>d</sup>	< 10–20

<sup>a</sup> Für  $d > 20 \mu\text{m}$ .

<sup>b</sup> Für  $d > 10 \mu\text{m}$ .

<sup>d</sup> Auch bei feinsten Stäuben.

Erreichbare Emissionsgrenzwerte verschiedener Entstaubungsverfahren <sup>[36]</sup>

Für Biomasseheizwerke haben Fliehkraftentstauber und Elektrofilter Bedeutung. Beide sind im Heizwerk Asten installiert (Vor- und Hauptfilter). Diese sollen nachfolgend erläutert werden.

## 2.1.4 Fliehkraftentstauber

Fliehkraftentstauber werden auch Zyklon- oder Zentrifugalabscheider genannt. Durch eine tangentielle Anströmung einer zylinderförmigen Abscheidekammer wird eine Drehströmung erzeugt, die von der Rauchgasmenge und der damit verbundenen Geschwindigkeit abhängig ist. Je höher die Strömungsgeschwindigkeit, desto besser arbeitet der Zyklon. Dem entgegen stehen die damit einhergehenden höheren Strömungsverluste. Deshalb werden bei Großanlagen sehr oft viele, parallel geschaltete Fliehkraftabscheider verwendet. Staubteilchen werden auf Grund der Zentrifugalkraft nach außen getragen und fallen dann durch die Erdanziehungskraft nach unten in den Staubsammelbehälter. Das gereinigte Rauchgas verlässt den Zyklon durch ein mittig angeordnetes Rohr. Mit Zyklonabscheider können bei Großheizwerken die gültigen Emissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden. Sie kommen deshalb für Feuerungen mit kleineren Leistungen zur Anwendung.

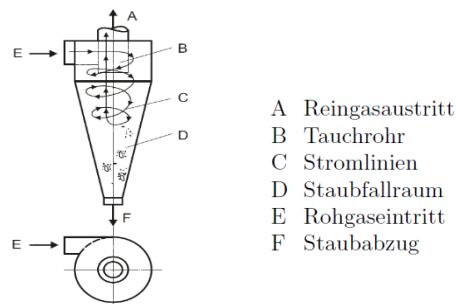


Abbildung 2-3: Prinzipieller Aufbau eines Zyklonabscheiders <sup>[36]</sup>

## 2.1.5 Elektrofilter

Bei Elektrofilter erfolgt die Abscheidung durch Einwirken eines elektrischen Feldes. Wesentliche Bestandteile eines solchen Filters sind flächenförmige, meist in Gassen angeordnete, geerdete Niederschlagselektroden und dazwischen aufgespannte draht-förmige Sprühelektroden. Zwischen beiden Arten von Elektroden wird eine Gleichspannung von 40–100 kV angelegt. Die Spannung

wird so hoch gewählt, dass an den Sprühelektroden, dort hat das elektrische Feld maximale Stärke, eine Koronaentladung (= elektrische Entladung in einem nicht leitenden Medium) entsteht.



Abbildung 2-4: Elektrofilter Fa. Scheuch

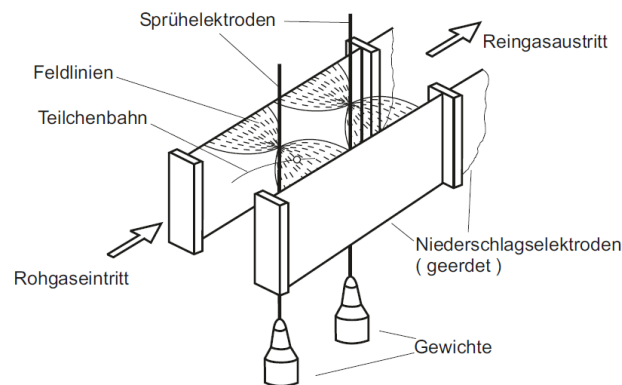


Abbildung 2-5: Prinzipielle Funktionsweise eines Elektrofilters <sup>[36]</sup>

Die freiwerdenden Elektronen wandern entlang der Feldlinien zu den Niederschlags Elektroden. Diese Elektronen lagern sich teilweise an Staubpartikel an. Auf die so aufgeladenen Staubpartikel wirkt dann die Coulombkraft, die sie zur Niederschlags Elektrode bewegt. Die dort angesammelten Teilchen können durch Rütteln abgereinigt werden und fallen in den Staubbehälter. Damit ein Teilchen abgeschieden wird, muss es ausreichend viele Elektronen einfangen. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Einfangprozesses ist aber proportional zum Teilchendurchmesser.

## 2.1.6 Rauchgasventilator

Am Ende des Anlagenaufbaus ist der Rauchgasventilator situiert. Das Rauchgasgebläse saugt das verbrannte Rauchgas über den Wärmetauscher aus dem Feuerraum ab. Dabei erwärmt das Rauchgas den Fernwärmeverlauf auf ca. 90°C und kühlt von rund 1.000°C auf 150°C ab. Da die Widerstände des Wärmetauschers und der Rauchgasreinigung den durch den Temperaturunterschied erzeugten Differenzdruck übersteigen, muss der Ventilator für eine Zwangsströmung sorgen. Je nach Schaltung kann das abgekühlte und gereinigte Rauchgas wieder in den Brennraum zur Rauchgaskühlung rückgeführt oder über den Kamin in das Freie geführt werden.

## 2.2 Blockheizkraftwerk

In der Kläranlage befinden sich sieben Gasmotoren (drei Stück im Maschinenhaus 1, vier Stück im Maschinenhaus 2). Es sind dies Kolbenmaschinen mit einer Leistung von je 659kW elektrisch auf Basis eines Ottomotors. Als Kraftstoff wird Klär- und Deponiegas verwendet. Der Energieinhalt dieses Treibstoffes beträgt rund 50% von Erdgas, hat also einen Heizwert zwischen vier und sechs Kilowattstunden pro Kubikmeter. Wie bereits im Forschungsmodul ausgeführt bedarf es einer Reinigung dieser Gase in Hinblick auf Schwefel, Chlor- und Fluorverbindungen um Schäden gegenüber der Anlage (Motorbrennraum, Katalysator, Abgasrohr) zu vermeiden. Ein weiteres

Kriterium für einen effizienten und ruhigen Lauf des Motors ist die Methanzahl. Sie stellt das Pendant zur Oktanzahl bei Benzin Kraftstoffen dar und gibt Aufschluss über die Klopfestigkeit. Diese liegt bei Methan bei 100.  $\text{CH}_4$  ist also der Referenzwert und gilt als klopfest. Am anderen Ende des Spektrums liegt Wasserstoff mit einer Methanzahl von 0 (=klopfreudig). Die Methanzahl bei Deponie- und Klärgas liegt zwischen 134 und 136! In diesem Zusammenhang sei auf das „GasOn“ Projekt der europäischen Union verwiesen. Aufgrund der hohen Methanzahlen können Gasmotoren effizienter gestaltet werden. Zusätzliche Technologien wie Aufladung des Motors, Gasdirekteinspritzung sowie variable Ventilsteuerungen erhöhen die Wirkungsgrade um bis zu 20%. Aufgrund der geringeren Kohlenstoffanteile können Gaskraftstoffe ein erster Schritt in einem Entkarbonisierungsprozess sein. Wesentliche Protagonisten sind hier der Volkswagenkonzern und Wissenschaftler der ETH Zürich. Die eingesetzten Motoren weisen einen Wirkungsgrad von rund 33% auf. Die Abwärme beträgt somit rund 9.400kW. Diese Abwärmen wurden ursprünglich wie folgt verwertet:

- Temperierung des Faulschlammes in den drei Faulbehältern
- Heizung diverser Gebäude mit Fußbodenheizung, Radiatoren sowie Heizregistern in Lüftungsgeräten
- Frostschutzheizung der Wasservorlage in Gasbehältern
- Warmwasserbereitung für internen Gebrauch
- Notkühler (Tischkühler)

Ziel war es, die im Notkühler „vernichtete“ Energie effizient zu nutzen. Gemeinsam mit dem Betreiber der Regionalkläranlage wurden diesbezüglich folgende Energieströme ermittelt:

Energieinhalt Faulgas:	43 GWh/a
Energieinhalt Deponiegas:	15 GWh/a <sup>1)</sup>
Eigenstromproduktion aus beiden Gasen ( $\eta=33\%$ ):	19 GWh/a <sup>1)</sup>

Verfügbare Abwärme aus BHKW's (bei maximaler Nutzung der Motoren mit Abgaswärmetauscher:	25 GWh/a
<u>Wärmebedarf für Schlamm- und Gebäudeheizung:</u>	<u>14 GWh/a</u>
<u>Restwärmeenergie für andere Nutzungen:</u>	<u>11 GWh/a</u>

<sup>1)</sup> Der Deponiegasanfall ist stark rückläufig und reduziert somit auch die Gesamtenergieproduktion der Kläranlage. Eine Kompensation des Deponiegasrückganges durch den verstärkten Einsatz von Cosubstraten in der Faulung wird angestrebt.

<sup>1)</sup> Ein Ende der Nutzungsdauer der derzeit eingesetzten Gasmotoren ist abzusehen. Bei einer Erneuerung der alten Aggregate und der damit verbundenen Wirkungsgraderhöhung ist von einer Abwärmeminderung von ca. 4 GWh/a auszugehen!

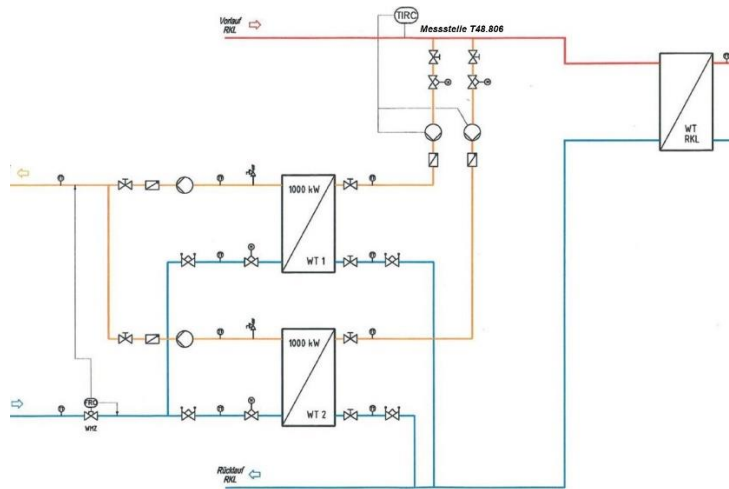
Legt man diese Energiemenge zugrunde und dividiert diesen Betrag durch 365 Tage zu 24 Stunden, so erhält man eine durchschnittliche, zur Verfügung stehende Leistung von 1.255kW. Diese unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Der Anteil für die Gebäudeheizung, als auch für die Schlammheizung sinkt in der wärmeren Jahreszeit und so können folgende Leistungsannahmen getroffen werden:

Dezember – März: 0 -500kW

April – November: < 500 – 1.500kW

Durch die Einbindung der Abwärme Blockheizkraftwerk werden der Umwelt 3,1 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr erspart! <sup>[37]</sup>

Neben den verfügbaren Leistungen ist auch das Temperaturniveau ausschlaggebend. Das Temperaturniveau wurde durch Entfernung des Ölkühlers und somit direkten Wärmeaustausch zwischen Motor und Abwärmekreislauf gehoben. Um hier genauere Daten zu haben, wurden die Monatsminima und -maxima aus der Leittechnik ausgewertet. Die nachfolgenden Daten sind der Messstelle T48.806 am zentralen Wärmetauscher entnommen:



Monat	Min.Temperatur [°C]	Max.Temperatur [°C]	Arithmetischer Mittelwert [°C]
Jänner	65,178	80,030	74,931
Februar	61,450	79,942	74,927
März	61,682	80,647	71,763
April	66,930	79,198	70,979
Mai	66,140	80,150	74,979
Juni	66,088	79,935	73,618
Juli	64,737	79,892	76,937
August	56,025	79,987	75,701
September	55,858	78,780	76,157
Oktober	62,222	79,955	71,662
November	54,263	77,628	71,415
Dezember	50,838	79,395	73,420

Abbildung 2-6: Prinzipschema der Einbindung Abwärme BHKW in die Hydraulik des Biomasseheizwerks mit Messstelle

Des Weiteren wurden die Stundenwerte für ein ganzes Jahr ausgewertet. Dabei wurde festgestellt, dass in 58% der Zeit die Temperatur von 75°C nicht erreicht wurde! Die Wärmetauscher zur Übergabe der Abwärme an das Heizwerk wurden großzügig dimensioniert und so wurde mit einer Grädigkeit von ca. drei Kelvin das Auslangen gefunden. Negativ wirkt sich die Entfernung der

Maschinenhäuser der Regionalkläranlage zum Heizwerk aus. Der einfache Leitungsweg von 450m und der damit verbundene Temperaturverlust bedeuten eine effektive Eintrittstemperatur in das Netz der Nahwärme von 70°C und den damit verbundenen Konsequenzen, wie z.B. Nacherhitzung mittels Gaskessel (Biomassekessel sind keine Selbstzünder!).

## 2.3 Datengrundlage

Die über die Leittechnik ermittelten Daten, sind Daten „beliebiger“ Jahre. Es ist also notwendig, diese zu standardisieren, sie mit einem Normzustand zu vergleichen. In Österreich ist als diesbezüglich einschlägige Norm die ÖNORM B8110, Teil 5 <sup>[38]</sup> anzuführen. Dabei wird Österreich in sieben Klimazonen unterteilt:

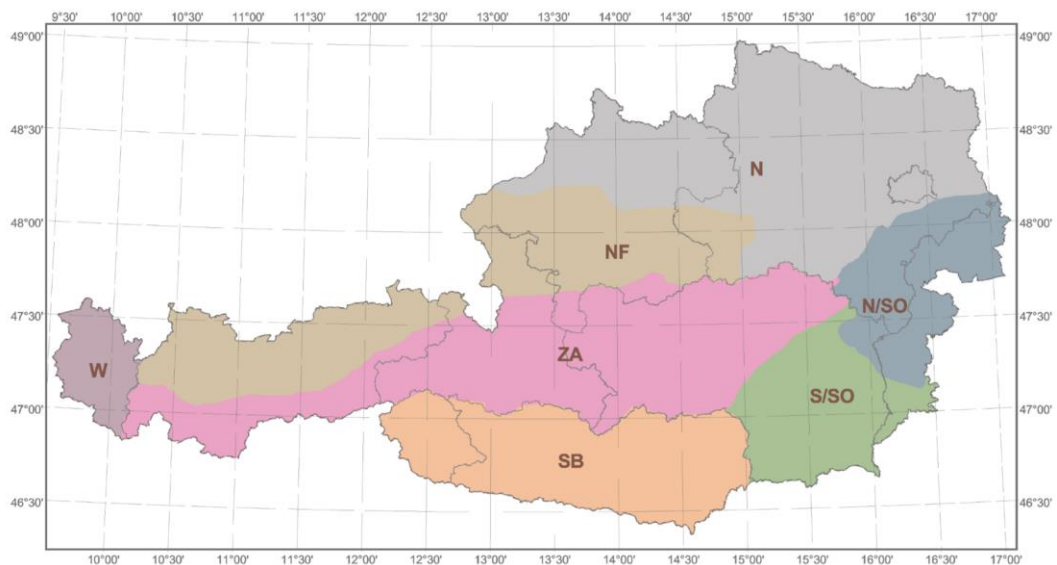


Abbildung 2-7: Temperaturregionen Österreich entsprechend ZAMG, Klimaabteilung

Mit einem Längengrad von 14°42' und einem Breitengrad von 48°25' liegt das Heizwerk geographisch in der Zone N. Das in der ÖNORM vorhandene Datenmaterial und die angeführten, teilweise empirisch ermittelten Gleichungen für den Verlauf der Tagestemperatur, zur Bestimmung der mittleren Außentemperatur im jeweiligen Monat und darauf basierend der Heizgradtage berücksichtigt aus Sicht des Autors die bauphysikalischen Gegebenheiten und somit die diesbezügliche „Trägheit“ der Objekte nicht. Es wurde folgender Weg gewählt:

1. Je Monat wird der Tag mit dem höchsten Lastprofil ermittelt, die Daten ausgewertet
2. Das Lastprofil bei der niedrigsten Außentemperatur wird als Referenzprofil für den Winter herangezogen
3. Die mittlere Temperatur der letzten 48 Stunden vor dem kältesten Punkt wird berechnet.
4. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen Heizleistung und Außentemperatur unterstellt
5. Das Verhältnis der unter 3. ermittelte Temperatur und der Normaußentemperatur dient als Korrekturfaktor, mit dem die Profile der Heizsaison (Oktober bis April) korrigiert werden.



Dem Autor ist bewusst, dass diese Annahme im Besonderen den Gesamtenergiebedarf nur mit großer Unschärfe darstellt. Da das Auslegungskriterium jedoch die Spitzenlast ist, erscheint diese Vorgehensweise als die geeignetste.

## 2.4 Bestandsaufnahme:

### 2.4.1 vorhandene Kapazität von Heizwerks Speicher

Im Biomasseheizwerk Asten wurde eine Kesselleistung von vierzehn Megawatt installiert. Die Leistung wird durch zwei Biomassekessel, die gemeinsam sechs Megawatt liefern (ein Kessel mit zwei MW, der größer mit vier MW) und einem Gaskessel mit einer Leistung von acht Megawatt erreicht. Eine weitere Wärmequelle stellt die Abwärme des Blockheizkraftwerks der benachbarten Regionalkläranlage dar. Der Eintrag ist schwankend, betrug aber in den letzten Jahren im Schnitt 7.468MWh (Zählerstandauswertung des Heizwerks; Durchschnitt der Jahre 2014 bis 2019). Zudem ist ein Heizwasserspeicher mit 150.000 Liter Teil der Anlage. Legt man eine derzeit vorhandene Spreizung von fünfundzwanzig Kelvin zugrunde, entspricht das Speichervolumen einem Energieinhalt von 4,25 Megawattstunden.

### 2.4.2 tatsächliche Leistungsspitzen

Die Leittechnik speichert Daten der letzten drei Jahre. Das ermittelte Leistungsmaximum wurde am 21.01.2019, bei einer Außentemperatur von  $-2,012^{\circ}\text{C}$  mit 4.581,70kW gemessen.

In der OIB Richtlinie 6 <sup>[39]</sup> findet man für den Ort Asten eine Normaußentemperatur von  $-13,5^{\circ}\text{C}$ . Die rechnerische Außentemperatur nach ÖNORM B8110, Teil 5, Punkt 3.3 <sup>[38]</sup> ist das tiefste Zweitagesmittel der Lufttemperatur eines Ortes, das zehnmal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wurde. Um das bauphysikalische Speicherverhalten des Gebäudes zu berücksichtigen, wurde auch dieser Wert beruhend auf die Tagesmittel der letzten 48 Stunden errechnet (siehe Tabelle T1). Der ermittelte Wert beträgt  $+0,79^{\circ}\text{C}$ . Die Heizleistung ist annähernd indirekt proportional zur Außentemperatur. Damit ergibt sich annähernd folgende, derzeit vorhandene Spitzenleistung:

$$\underline{Q_{\text{NAT}}} = \frac{(\vartheta_{\text{RT}} - \vartheta_{\text{NAT}})}{(\vartheta_{\text{RT}} - \vartheta_{\text{AT}})} * Q_{\text{AT}} = \frac{(20 - (-13,5))}{(20 - 0,79)} * 4.581,70 = \underline{7.989,95\text{kW}}$$

Dieser Wert deckt sich sehr gut mit dem berechneten und hinterlegten Wert der Anschlussleistung von 8.390 kW. Die Anzahl der angeschlossenen Wohnungen beträgt 1.558. Es ergibt sich somit eine Kennzahl von 5,13kW/Wohnung.

### 2.4.3 Tagesgang der Leistung

Der Tagesverlauf der benötigten Heizleistung wird in Tabelle T2 und graphisch für die Heizsaison von Oktober bis März in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:



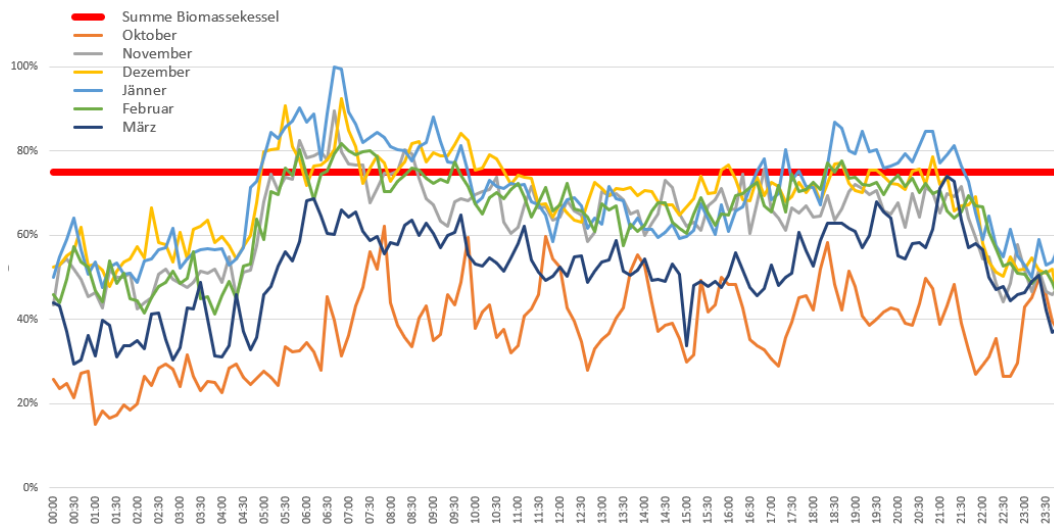


Abbildung 2-8: typischer Verlauf der angeforderten Heizleistung im Tagesgang in Relation zu Q<sub>NAT</sub>

Die Summe der installierten Heizleistung, die über Biomasse abgedeckt werden kann, beträgt sechs Megawatt, also rund 75 Prozent (dargestellt durch die rote Linie). In jenen Zeitspannen, in denen die angeforderte Leistung diese Marke überschreitet, muss die benötigte Wärmemenge (dargestellt als Fläche zwischen den Graphen und der roten Linie) anders zur Verfügung gestellt werden.

In einem ersten Schritt soll die Möglichkeit der Speichernutzung untersucht werden. Das Speichervolumen beträgt 150m<sup>3</sup>. Die anzusetzende Spreizung ist jahreszeitabhängig und schwankt zwischen zehn und fünfundzwanzig Kelvin.

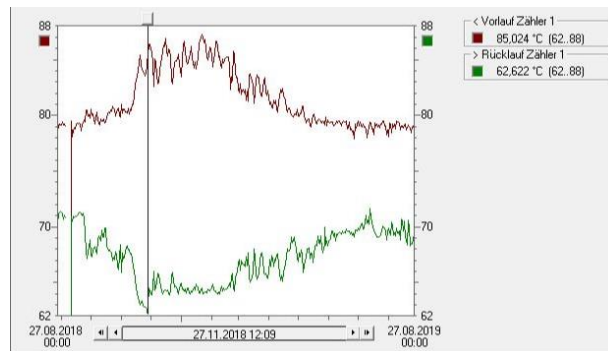


Abbildung 2-9: Temperaturverlauf von Primärvor- und Primärücklauf beim Heizwerk

Zur Vereinfachung wurde die Temperaturdifferenz einheitlich mit fünfundzwanzig Kelvin angenommen, was für die Heizperiode in guter Näherung auch zutrifft.

$$Q_{SP} = V_{sp} \cdot \rho_w \cdot c_p \cdot \Delta T = 150\text{m}^3 \cdot 974,84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,190 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 25\text{K} = 15.317.174\text{kJ} \triangleq \underline{\underline{4.254,77\text{kWh}}}$$

In nachfolgender Abbildung ist die im Speicher verbleibende Energiemenge bei den verschiedenen monatlichen Lastkurven dargestellt. Es zeigt sich, dass das Auslangen mit der installierten Leistung der Biomassekessel zu jeder Zeit gefunden wird.

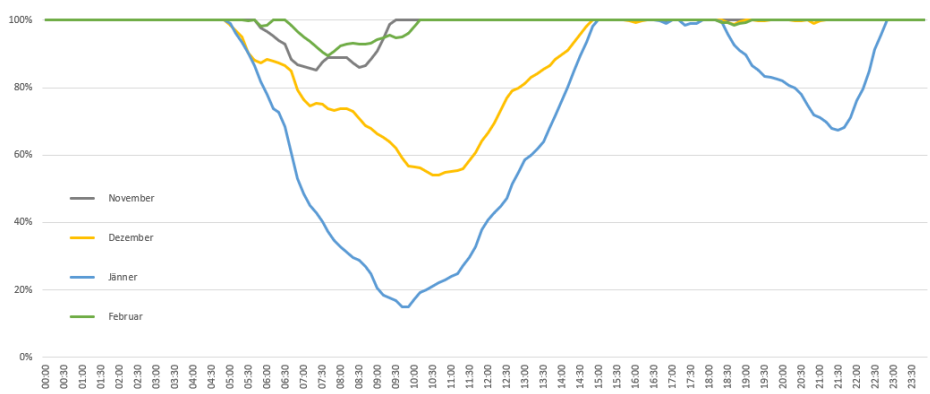


Abbildung 2-10: vorhandene Speicherreserven bei verschiedenen Tagesgängen beim derzeitigen Ausbauzustand (7,989MW) und ausschließlicher Nutzung von Biomasse (Tabelle T3)

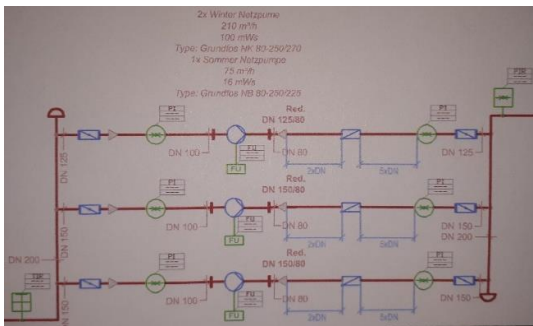
### 2.4.4 Bestandsnetz Fernwärme

Ziel ist es, die Grenzfördermenge des Bestandsnetzes mit den bestehenden Pumpen zu definieren. Grundsätzlich soll das derzeitige Netz auch bei zukünftigen Projekten belassen werden. Ein erhöhter Volumenstrom bedingt somit eine erhöhte Förderleistung der Pumpen. Um einen Punkt der Anlagenkennlinie zu finden, wurde eine Druckverlustberechnung des Rohrnetzes durchgeführt. Bei dieser Berechnung wurden bereits die zukünftigen Wassermengen mit folgendem Ergebnis zugrunde gelegt (Basis ist eine Spreizung von 35K):

$$\dot{V}_1 = 337\text{m}^3/\text{h}, \Delta p_1 = 14,636 \text{ bar}$$

Abbildung 2-11 stellt den Anlagenaufbau der Hauptpumpengruppe dar, daher, der Volumenstrom teilt sich auf zwei Pumpen auf. Nach den hydraulischen Gesetzen bleibt bei einer Reihenschaltung die Förderhöhe gleich. Jener Punkt, bei dem die Fördermenge fünfzig Prozent des Volumenstroms des Vollausbau beträgt, wurde mit Hilfe der Proportionalitätsgesetze auf der Anlagenkennlinie ermittelt.

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \rightarrow \Delta p_2 = \Delta p_1 \cdot \frac{V_2^2}{V_1^2} = 14,636\text{bar} \cdot \frac{(168,5\text{m}^3)^2}{(337\text{m}^3)^2} = 3,659\text{bar} \triangleq 36,59\text{m} \quad \text{Gleichung 2-1}$$



Die tatsächlich ausgeführten Pumpen wurden vor Ort aufgenommen. Es sind zwei Stück normal-saugende, einstufige Kreiselpumpen der Type NK 80-250/270 des Fabrikats Grundfos. Die Regelung der Drehzahl erfolgt mit externen Frequenzumformern. Der errechnete Punkt wurde in die Pumpenkennlinie eingetragen ( $\frac{1}{2} \triangleq \frac{1}{4}$  Fördermenge, da zwei Pumpen!).

Abbildung 2-11: Aufbau der Hauptpumpengruppe im Heizhaus

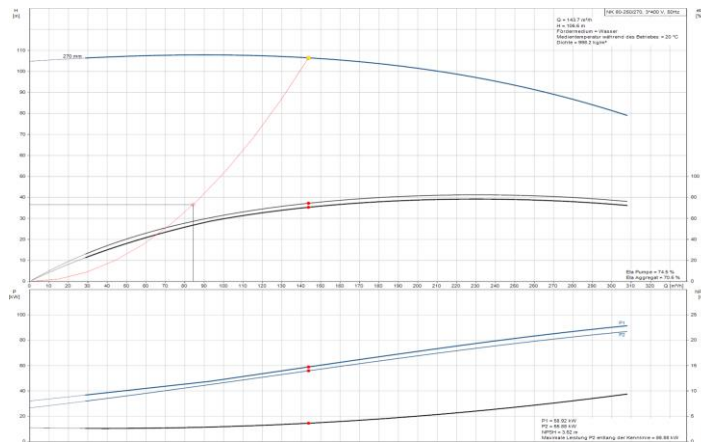


Abbildung 2-12: Pumpenkennlinie der Hauptpumpe Grundfos, NK 80 250/270 [40]

Somit ist das Maximum der Fördermenge in Verbindung mit dieser Anlagenkennlinie  $2 \cdot 143,7 \text{ m}^3/\text{h} = 287,4 \text{ m}^3/\text{h}$ . Das bedeutet bei einer vorhandenen Spreizung von fünfundzwanzig Kelvin eine maximal transportierbare Wärmeleistung von  $8.362,54 \text{ kW}$ .

### 2.4.5 Conclusio

Es wurde festgestellt, dass das Rohrnetz mit der derzeitigen Situation bei Eintreten von  $\dot{Q}_{\text{NAT}}$  aufgrund der geringen Spreizung nahe seiner Grenzen anlangt.

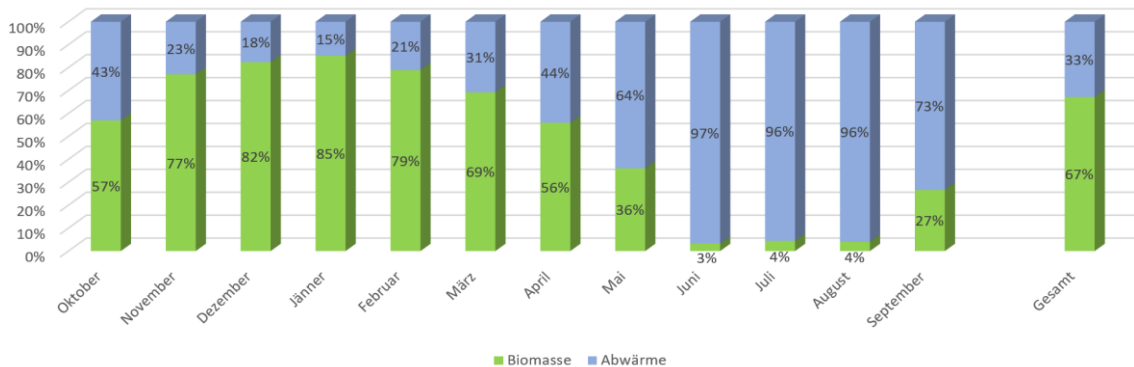


Abbildung 2-13: Aufteilung der „erzeugten“ Heizleistung zwischen Biomasse und Abwärme

Die maximal benötigte Heizleistung kann jedoch komplett durch die Biomassekessel und die Abwärme des Blockheizkraftwerks der benachbarten Regionalkläranlage abgedeckt werden.

## 2.5 Projekte und Bestimmung des Leistungszuwachses

Im Anhang 1 sind die derzeit bekannten Projekte im Ortsgebiet der Marktgemeinde Asten dargestellt. In Summe sind es 1.600 Wohnungen, die in nächster Zukunft errichtet werden sollen. Einen fortgeschrittenen Planungstand mit konkreten Projektstart in diesem Jahr gibt es für die sogenannten Stadtdörfer (im Anhang rot und grün dargestellt). Zur qualifizierten Schätzung wurde für die benötigte Heizleistung ein Wert von  $3,5 \text{ kW}$  pro Wohnung angesetzt. Hinzu kommt die benötigte Leistung zur Warmwassererwärmung:

Leistung Wohnungsstation: 28kW (Referenzprodukt KLINGER KOMBISTAR, FWS-L-WH10 ®)

Gleichzeitigkeitsfaktor für Wohnungsanzahl > 300: 0,039 <sup>[41]</sup>

Zuschlag für Warmwasserbereitung je Wohnung: 28kW \* 0,039 = 1,092kW

Mit diesen Werten kann nun die notwendige Leistungssteigerung des Heizwerks bestimmt werden:

1.600 Wohnungen \* (3,5 + 1,092) kW/Wohnung = 7.347,20kW

Aus der bestehenden Heizleistungsanforderung von 7.989,95kW und der hinzukommenden von 7.347,20kW ergibt sich somit die neu erforderliche Heizwerkleistung von 15.337,15kW.

## 2.6 Folgen der Leistungserhöhung

### 2.6.1 erhöhte Kesselleistung

Die neu erforderliche Systemleistung von 15,3MW liegt über der im Heizwerk installierten Kesselleistung von 14MW.

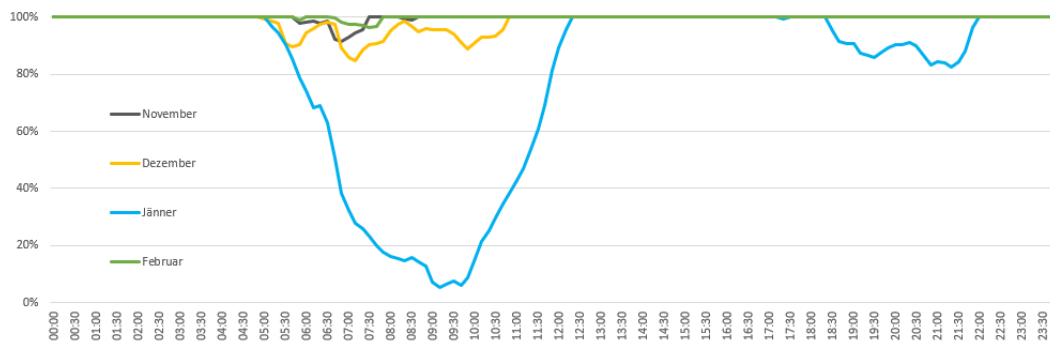


Abbildung 2-14: vorhandene Speicherreserven bei verschiedenen Tagesgängen bei Endausbau (15,337MW) (Tabelle T4)

Anhand der in Abbildung 1-1 dargestellten Lastprofile wurde das Verhalten des Energiespeichers bei  $\dot{Q}_{NAT}$  überprüft. Es konnte festgestellt werden, dass die Speicherkapazität zur Überbrückung der Leistungsspitze ausreicht. Bei der Endausbaustufe befindet man sich dennoch in puncto Heizwerkleistung an der Grenze. Beim Leistungsprofil Jänner wird der Speicher bis auf 5% geleert. Zudem kann bei einem Gebrechen nur eines Kessels die Heizungsversorgung nicht mehr zu 100% erfüllt werden. Eine Redundanz ist nicht mehr gegeben! In diesem Fall müsste auf mobile Heizzentralen zurückgegriffen werden. Diese sind am Markt bis 15.000 kW erhältlich <sup>[42]</sup>. Eine Andockvorrichtung in der Dimension DN200/PN25 ist vorzusehen. Neben diesem Kriterium muss auch dem Paragraphen Sieben der OÖ Neubauförderungsverordnung genüge getan werden. Dieser schreibt vor, dass zumindest 80% der Primärenergiequelle aus erneuerbaren Energien kommen müssen.

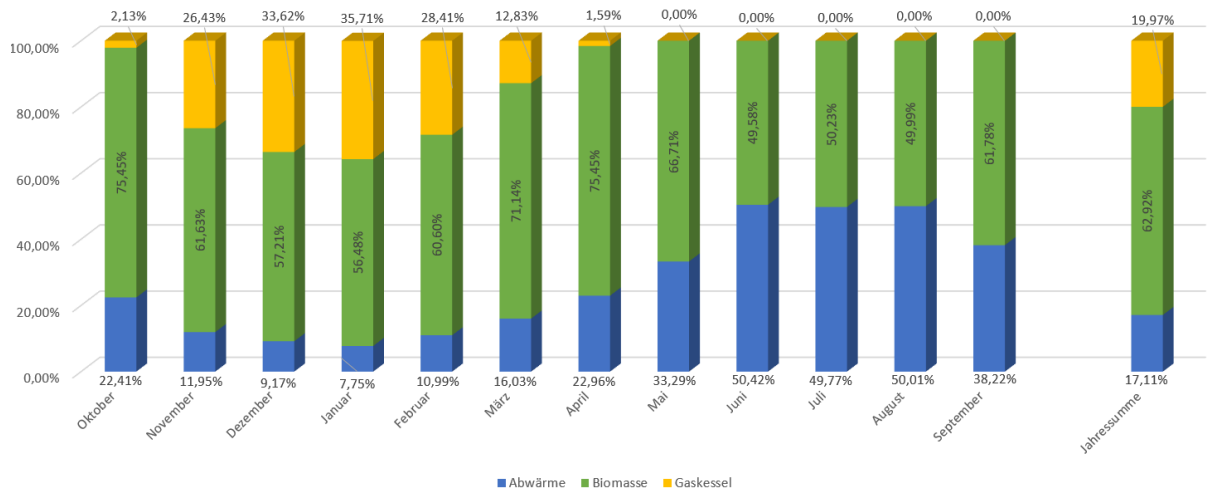


Abbildung 2-15: Aufteilung der „erzeugten“ Heizleistung zwischen Erdgas, Biomasse und Abwärme (Tabelle T5)

Mit einem Wert von 19,97% wird diese Bedingung gerade noch erfüllt. Wie aber unter 2.3 beschrieben, wurden die Monate Oktober bis April mit der Verhältniszahl der tatsächlich gemessene tiefste Außentemperatur zur Normaußentemperatur korrigiert, was im Besonderen in den Monaten Oktober/November sowie März/April zu einiger Unschärfe führt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Heizlast in diesen Monaten auch bei Normklima geringer ist und sich der Biomasseanteil somit erhöht.

### 2.6.2 erhöhte Pumpleistung

Um die Frage der Pumpenleistung beantworten zu können, muss zuerst die Frage einer möglichen minimalen Rücklauftemperatur geklärt werden. Derzeit sind die großen Wärmeabnehmer Wohngebäude aus den 1960er bis 1980er Jahren. Diese sind überwiegend als Heizungsanlagen in Form von Radiatorenheizungen, hydraulisch als Einrohrheizungen, ausgeführt. Dieses System beruht auf großen Wassermengen mit geringer Temperaturspreizungen, was sich negativ auf die primärseitige Rücklauftemperatur auswirkt. Diese liegt derzeit bei 62°C.

Dem heutigen Stand der Technik entsprechen Niedertemperaturheizungen. Dabei kann von möglichen Primärücklauftemperaturen von 55°C ausgegangen werden. Mit Hilfe der allgemeinen Wärmeleichung können sowohl die die Wassermengen als auch die Mischtemperatur berechnet werden:

$$\int dQ = \int m \cdot c \cdot dT \tag{Gleichung 2-2}$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{\Delta T \cdot c_p}$$

Wassermenge für bestehende Situation:  $\dot{m}_3 = \frac{7.989,95 \text{ kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{4,190 \text{ kJ} \cdot 25 \text{ K} \cdot \text{s}} = 76,28 \text{ kg/s} \triangleq 274,59 \text{ m}^3/\text{h}$

Wassermenge für zusätzliche Leistung:  $\dot{m}_4 = \frac{(15.337,15 - 7.989,95) \text{ kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{4.190 \text{ kJ} \cdot 32 \text{ K} \cdot \text{s}} = 54,80 \text{ kg/s} \triangleq 197,29 \text{ m}^3/\text{h}$

Die Wassermenge im Endausba:  $\dot{m}_1 = \dot{m}_3 + \dot{m}_4 = 274,59 \text{ m}^3/\text{h} + 197,29 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{471,88 \text{ m}^3/\text{h}}$

In Anlehnung an Gleichung 2 - 1 erhält man für diesen Volumenstrom folgende Förderhöhe:

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 \cdot \frac{v_2^2}{v_1^2} = 14,636 \text{ bar} \cdot \frac{(471,88 \text{ m}^3)^2}{(337,00 \text{ m}^3)^2} = 28,70 \text{ bar} \triangleq 286,96 \text{ m}!! \Rightarrow \text{technisch nicht sinnvoll!!}$$

Die Proportionalitätsgesetze zeigen auch den Zusammenhang zwischen Anstieg des Volumenstroms und der Leistungsaufnahme der Pumpen, nämlich zur dritten Potenz. Die zuzuführende Stromleistung der Pumpen würde 117,84 auf 323,52kW ansteigen => technisch nicht sinnvoll!!

Als dritter Punkt soll die Strömungsgeschwindigkeit betrachtet werden. Die Rohraustrittsdimension aus dem Heizwerk ist mit DN200 vorgegeben. Bei dieser Wassermenge bedeutet das somit eine Rohrgeschwindigkeit von 4,2m/s, was klar über den Richtlinien des österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) liegt. Diese gibt in der Richtlinie 67 einen Wert von 3,2m/s bei der vorhandenen Dimension vor, was, basierend auf die Kontinuitätsgleichung, eine maximal mögliche Wassermenge von 361,92m<sup>3</sup>/h bei der vorher genannten Dimension bedeutet.

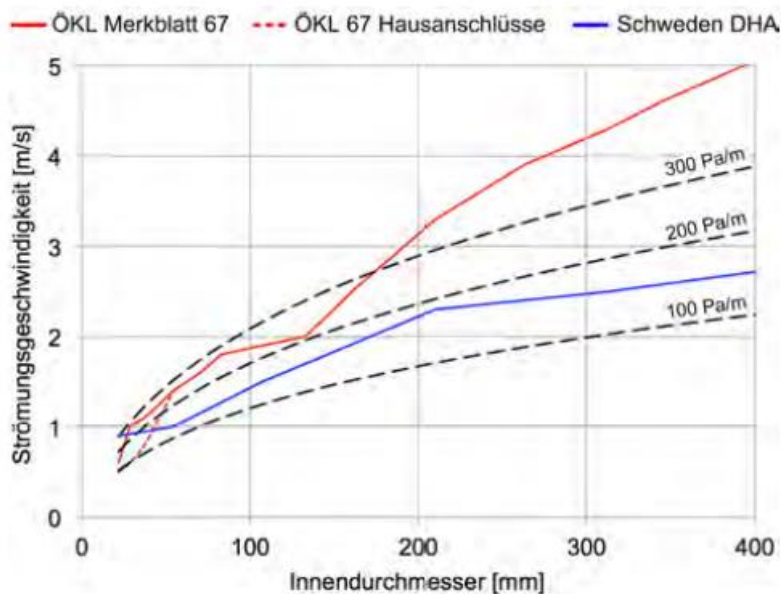


Abbildung 2-16: Strömungsgeschwindigkeit in Funktion des Rohrinneindurchmessers <sup>[43]</sup>

Eine Projektfortführung wie bisher, ist unter der Prämisse, die bestehenden Rohrtrassen zu belassen, nicht möglich. Optimierungsmaßnahmen sind notwendig! Im nachfolgenden Kapitel sollen einige Wege zur Verminderung des Volumenstroms aufgezeigt werden!

## 2.7 Optimierungsmaßnahmen

Das Heizwerk wurde 2013 in Betrieb genommen. Zum jetzigen Zeitpunkt sind weder die Investitionskosten abgeschrieben noch eine ausreichend lange Nutzungsdauer vorhanden, um den

Austausch von Anlagenkomponenten wirtschaftlich zu rechtfertigen. Nachfolgend wird analysiert, inwieweit Optimierungsmaßnahmen dazu beitragen können, bestehende Anlagenkomponenten zu belassen.

### 2.7.1 Rücklaufausnutzung

Wie Abbildung 1-2 zeigt, beträgt die Temperatur des Gesamtrücklaufs ca. 62°C. Betrachtet man den Wohnkomplex Norikum isoliert, liegt diese sogar bei ca. 70°C.

Die unter Abbildung 2-17 angeführten technischen Daten können im Wesentlichen für alle am Markt befindlichen Wohnungsstationen herangezogen werden. Wie angeführt muss der Heizungs- vorlauf mindestens 60°C erreichen. Um das zu gewährleisten, muss aufgrund der Grädigkeit der Wärme-

tauscher und der wirtschaftlichen Auslegung der Primärvorlauf einen Mindesttemperatur von 70°C aufweisen. Daraus ergibt sich, dass der Rücklauf des Wohnungskomplexes Norikum 1:1 für die Versorgung des Projektes „Asten Ost“ herangezogen werden kann. Bei allen anderen Projekten muss dem Rücklauf zusätzlich Wasser aus dem Heizungs- vorlauf mit 85°C beigemischt werden.

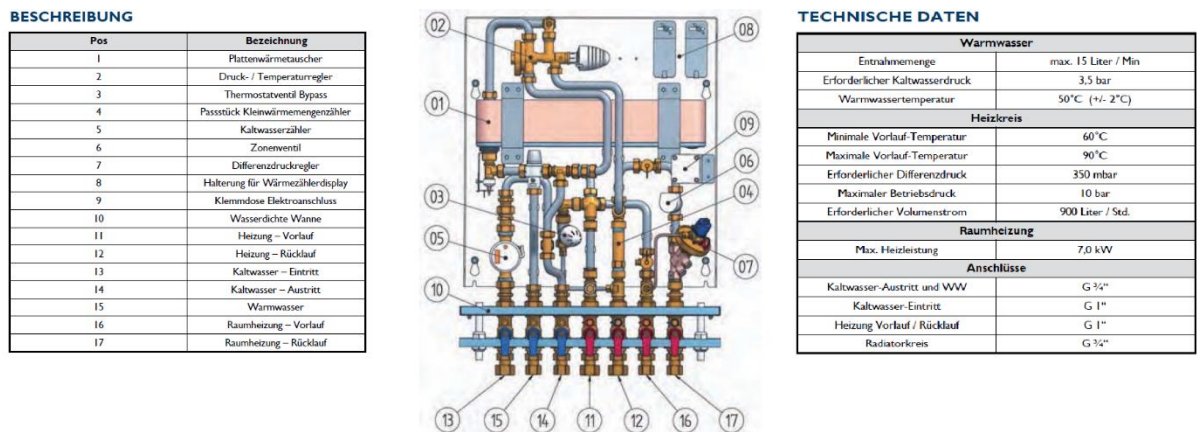


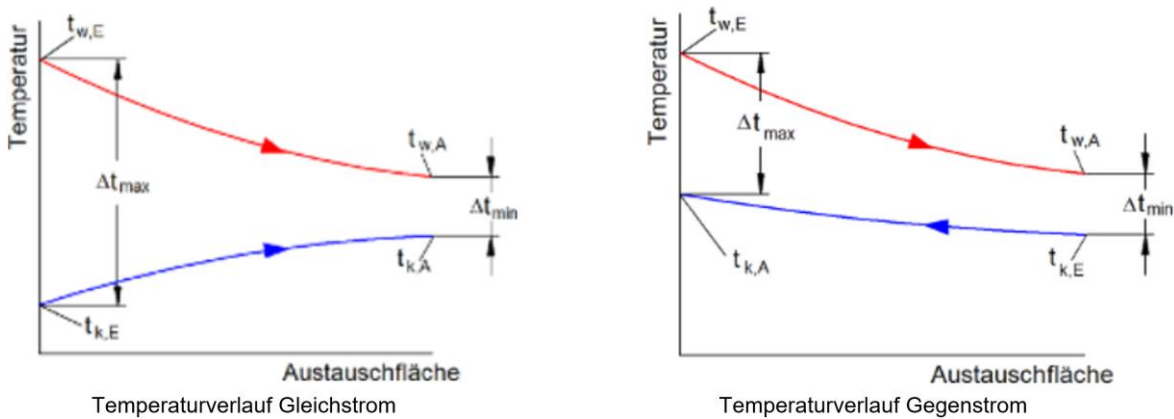
Abbildung 2-17: Fernwärme Wohnungsstation FWS-F-WH-UP15®, Fabrikat Klingler

Dies sollte zentral bei den Knotenpunkten umgesetzt werden. Unter „Anhang 5: Optimierung durch Rücklaufnutzung“ wurde diese Variante durchgerechnet mit dem Ergebnis, dass diese Maßnahme sinnvoll ist und umgesetzt werden sollte. Jedoch ist sie nicht ausreichend, um den Volumenstrom auf das geforderte Maß zu reduzieren. Die bei dieser Variante notwendigen 446,41m³/h liegen um mehr als 23% über den hydraulisch möglichen 361,92m³/h. Weitere Maßnahmen sind notwendig! Positiver Nebeneffekt ist aber auch eine Effizienzsteigerung der Abwärmennutzung des Blockheizkraftwerkes, die in der logarithmischen Temperatur ihren Ausdruck findet. Nachstehende Gleichung und Diagramme mit Darstellung der Temperaturverläufe bei Gleich- und Gegenstromwärmetauscher stellen diesen Effekt dar:

$$\Delta t_{m,log} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \left( \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} \right)}$$

Gleichung 2-3





## 2.7.2 Zentrale Warmwasserbereitung

Durch die Entkopplung der Warmwasserbereitung könnte diese in den Nachtstunden erfolgen. Dadurch würde das Netz tagsüber entlastet. Bei Verwendung von Flächenheizungen bei den neuen Objekten könnte der Rücklauf zu 100% ausgenutzt werden. Wie unter Punkt 2 beschrieben kann entsprechend den einschlägigen Normen für die Leistung der Warmwasserbereitung aufgrund der hohen Anzahl der Wohnungen (>300) ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 3,9% anzusetzen. Die pro Wohnungseinheit zu berücksichtigende Leistung ist somit mit 1,092kW anzusetzen. Dieses Szenario wurde durchgerechnet, das Ergebnis im Anhang 6 dargestellt. Die Wassermenge könnte mit dieser Maßnahme nochmals um ca. 7% auf 422,5m<sup>3</sup>/h reduziert werden. Diese Maßnahme wären für den Kunden, die Wohnungsgenossenschaft, mit einigen schwer umsetzbaren Maßnahmen behaftet:

1. Die Anzahl der Wohnungen je Objekt ist gering, daher wäre eine hohe Zahl an zentralen Trinkwarmwasserbereitungen notwendig.
2. Um das Risiko einer Legionellenbildung ausschließen zu können, müssen die Warmwasseranlagen entsprechend ÖNORM B5019 ausgeführt werden. Das bedeutet die Installation von Zirkulationsleitung und Zirkulationspumpen und damit erhöhte Investitionskosten für den Errichter. Zudem müssen Trinkwarmwasserleitungen, die länger nicht benutzt werden (z.B. bei Wohnungsleerstand, längeren Urlaubsaufenthalten des Mieters/Eigentümers thermisch desinfiziert werden. Diese Tätigkeit liegt im Verantwortungsbereich des Wohnungsnutzers und ist durch die Hausverwaltung nicht kontrollierbar. Eventuell bei Nichtbefolgung entstehende Legionellenkolonien könnten sich auf den Wohnungskomplex ausbreiten und so das Trinkwasser für alle Parteien ungenießbar machen.
3. Bei zentraler Trinkwarmwasserbereitung besteht das Problem der Zuordnung der Warmwasserverbräuche zu den einzelnen Wohnungsnutzern. Es müssten zusätzliche Trinkwarmwasserzähler eingebaut, die wie gesetzlich vorgeschrieben, auch alle fünf Jahre geeicht werden müssten, was wiederum einen Mehraufwand darstellt. Hingegen läuft bei Wohnungsstationen der komplette Wasserverbrauch der Wohnung über den in der Wohnungsstation verbauten Zähler und ist somit eindeutig zuordenbar. Diese Variante ist für das WVU vorteilhaft, für die Wohnungsgenossenschaft mit Mehraufwendungen bei Investition und Instandhaltung verbunden.





Abbildung 2-18: geplante Objekte im Projekt 2020 [44]

### 2.7.3 Möglichkeiten zur Optimierung Objekte Norikum

Der Anschluss des Wohnanlagenkomplexes Norikum hat eine Leistung von 3,325MW und ist somit mit rund 41% der derzeitigen Versorgungsleistung der größte Einzelabnehmer. Dementsprechende Auswirkungen haben Optimierungsmaßnahmen! Die elf Wohngebäude mit in Summe 563 Wohnungen werden über ein sekundärseitiges Nahwärmenetz versorgt. Die Spreizung ist mit 15K sehr gering.

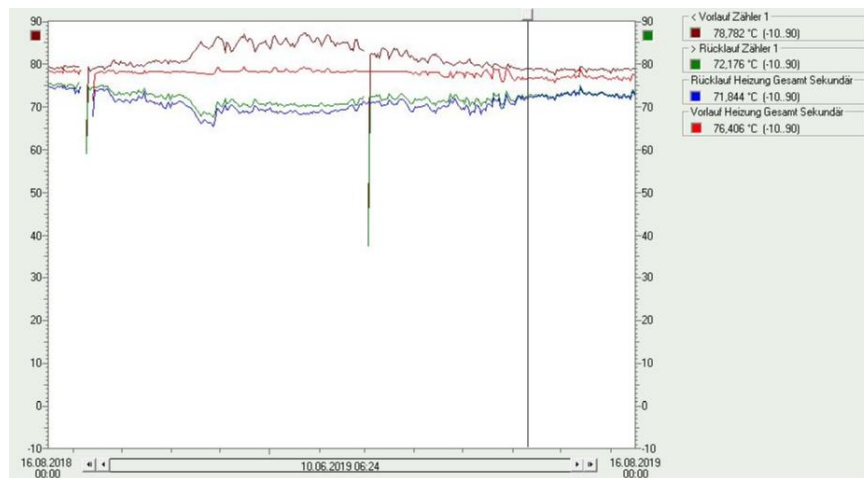


Abbildung 2-19: ganzzähriger primär- und sekundärseitiger Temperaturverlauf beim Wärmetauscher Anschluss Norikum

Würde es gelingen die Spreizung zu verdoppeln, würde sich der Volumenstrom halbieren. Mit dem freiwerdenden Volumenstrom könnten die beiden neuen Projekte 2020 ohne zusätzliche Pumpenleistung sowie mit geringem Speicherinhalt (7,5m<sup>3</sup>) realisiert werden.

#### 2.7.3.1 Bestandsaufnahme

Die Heizungsversorgung wurde ursprünglich durch drei Gaskessel mit einer Gesamtleistung von 2,67 MW gewährleistet die 1979 bzw. 1984 installiert wurden. Verrohrung, Armaturen sowie weitere Komponentenstammen aus dieser Zeit. Die Vordruckpumpe (Fabrikat Grundfos) sowie das

Ausdehnungsgefäß sind ca. 10 Jahre alt. Im Wesentlichen wurden beim Umschluss an Fernwärme die Gaskessel entfernt und das hydraulische Bestandsnetz an die Umformer der Fernwärme angeschlossen. Die elf Wohngebäude werden über einen Konstantvolumenstrom versorgt. In den Wohngebäuden gibt es keine Systemtrennung, daher alle Wohnblocks sind miteinander hydraulisch verbunden.

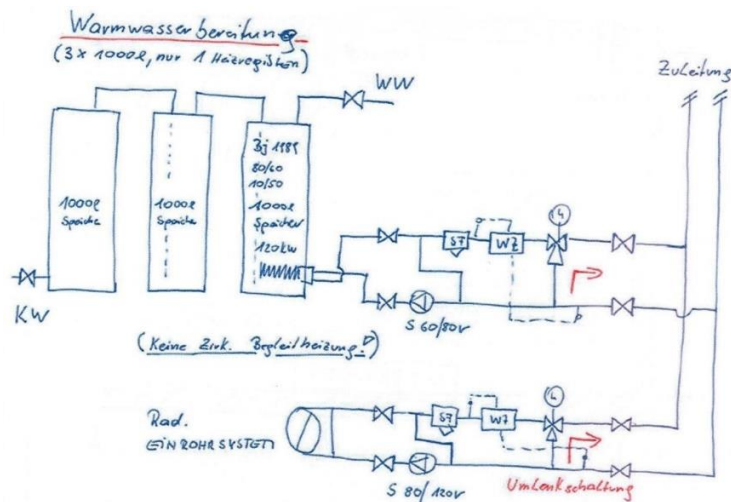


Abbildung 2-20: Skizze Bestandsaufnahme Norikum 9

Das Heizsystem ist überwiegend als Einrohrheizung aufgebaut. Die Leistungsregelung für die Boilerladung und Heizung erfolgt über Umlenkschaltungen.

### 2.7.3.2 Analyse

Die Unterversorgung der Objekte stellt die Problemstellung dar. Die ursprüngliche Konzeption des Wohnparks enthielt weniger Wohnungen. Jene Wohngebäude, die am weitesten von der Zentrale entfernt sind, werden unterversorgt. Mangelnde Wassermenge muss durch erhöhte Spreizung und somit durch hohe Vorlauftemperatur kompensiert werden. Zentralennahe Objekte hingegen werden mit ausreichend Wassermenge versorgt. Die in allen Objekten vorhandene Umlenkschaltung bewirkt bei diesen nahegelegenen Gebäuden eine massive Erhöhung der Rücklauftemperatur. Die somit an der Umformerstation erzielbare primärseitige Spreizung ist gering!

### 2.7.3.3 Maßnahmen

Die Anlagenkomponenten haben ihre Nutzungsdauer bei Weiten erreicht. Generell sollte die Anlagenhydraulik dem Stand der Technik angepasst werden. Folgende Maßnahmen wären aus Sicht des Wärmeversorgungsunternehmens sinnvoll:

- Jedes Wohnobjekt sollte vom Sekundärnetz durch eine Umformerunterstation getrennt sein. Dadurch wären eventuell Arbeiten in einzelnen Wohngebäuden ohne Beeinflussung des Gesamtsystems möglich. Zudem haben mögliche Defekte in den Wohnobjekten keine Auswirkung auf die Gesamtanlage.
- Die derzeit vorhandenen Trinkwasserspeicher sind mit 3.000 Liter je Gebäude überdimensioniert und entsprechen nicht mehr den heutigen Hygienestandards. Wie in der ÖNORM H5151-1 vorgesehen, sollte das Zehnminutenmaximum gespeichert werden. Mit

- 1.000 Litern ist das Auslangen zu finden.
- Anlage 2 und 3 stellen prinziphaft die geplante Ausführung dar. Um Temperaturschwankungen im Trinkwarmwasser zu vermeiden wird primärseitig eine Einspritzschaltung ausgeführt. Der Sekundärvolumenstrom im Heizungskreislauf ist konstant. Dadurch kann die Temperatur der Jahreszeit entsprechend gleitend gefahren werden. Durch den variablen Volumenstrom im Kundenprimärnetz können auch Gebäude mit hydraulisch ungünstigem Anschluss auslegungsgemäß beaufschlagt werden.

### 2.7.3.4 Umbaukosten

Auf Basis bereits durchgeführter Projekte wurde folgende Kostenschätzung durchgeführt:

Anlage	Whg. Anz.	HZG + WWB + WT
Kakteenstraße 4	44	22.385,00 €
Kakteenstraße 6	64	32.120,00 €
Margeritenstraße 26 a	36	22.880,00 €
Margeritenstraße 22	39	23.265,00 €
Norikumstraße 5	54	31.295,00 €
Norikumstraße 1	14	19.470,00 €
Margeritenstraße 2	47	30.745,00 €
Primelstraße 28	90	45.595,00 €
Norikumstraße 9	48	30.250,00 €
Margeritenstraße 24	54	29.920,00 €
Margeritenstraße 14 b	73*	25.740,00 €
		<u>313.665,00 €</u>

\* davon 51 mit Elektroboiler

Zu diesen Kosten kommt das Adaptieren der bestehenden Versorgungspumpen in der bestehenden Zentrale. Die unter 2.7.3.3 genannten Maßnahmen sind nur in Zusammenhang mit der Umrüstung von neuen, drehzahlgeregelten Pumpen im Heizhaus sinnvoll. Diese ermöglichen einen lastabhängigen Betrieb. Inklusiver erforderlicher Verkabelungsarbeiten müssen hier Schätzkosten von nochmals ca. € 11.000,-- berücksichtigt werden, wodurch sich eine Gesamtsumme von ca. € 325.000,-- ergibt.

### 2.7.3.5 Amortisation der Kosten

Die Wohnungen sind zum überwiegenden Teil im Eigentum der Bewohner. Es bedürfte also einer Zustimmung Aller zum Tragen der Umbaukosten, was defacto auszuschließen ist. Für das WVU würden sich durch den Umbau die Energiekosten senken. Zudem würde es eine Realisierung der geplanten Projekte ausschließlich mit Speichern ermöglichen.

Entsprechend den Proportionalitätsgesetzen ändert sich die Leistungsaufnahme zum Volumenstrom in dritter Potenz. Mit dieser Maßnahme sinkt der Volumenstrom von 274,8m<sup>3</sup>/h (bei  $\dot{Q}_{nat}=7.989,95\text{kW}$ , Normaußentemperatur und 25K Spreizung) auf 179,30m<sup>3</sup>/h. Somit würde sich die aufgenommene Pumpenleistung von  $2 \cdot 58,92\text{kW} = 117,84\text{kW}$  (siehe Abbildung 2-12, Pumpenkennlinie der eingesetzten Type) auf 32,74kW vermindern. 2.000 Volllaststunden pro Jahr sind ein Er-

fahrungswert unseres Unternehmens für ein Objekt mit dieser Nutzung, der sich mit den Angaben in der einschlägigen Literatur sehr gut deckt. Der gemittelte Strompreis kann mit 0,1553 €/kWh angesetzt werden. Das Einsparungspotential ergibt sich somit wie folgt:

$$2.000 \frac{\text{h}}{\text{a}} * (117,84\text{kW} - 32,74\text{kW}) * 0,1553 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 26.432,06 \frac{\text{€}}{\text{a}} \Rightarrow \text{Amortisationszeit: 12,3 Jahre!}$$

Angemerkt muss werden, dass sich 2.000 Vollbetriebsstunden auf ein Jahr mit Normklima beziehen. Die realen Werte der letzten Jahre betragen 1.500 – 1.700 Vollbetriebsstunden, was eine tatsächliche Amortisationsdauer von ca. 15 Jahren bedeutet. Zudem ist es aus kaufmännischer Sicht keine Investition, die das Anlagevermögen des Unternehmens steigert, da die Anlage nicht im Eigentum des Wärmeversorgungsunternehmens wäre. Die Umsetzung wäre klug und sinnvoll. Aufgrund des Alters der sekundären Anlage wird der Umbau in einem überschaubaren Zeithorizont zwingend erforderlich sein.

## 2.7.4 Verwendung von Wärmepumpen

Nachfolgend soll für die geplanten Vorhaben der mögliche Einsatz von Wärmepumpen geklärt werden. Die Idee dahinter ist, den Rücklauf der Bestandsobjekte als Wärmequelle für die Beheizung der neu zu errichtenden Objekte mittels Wärmepumpe zu verwenden. Geht man von einer Verdampferaustrittstemperatur von 34°C aus, ergeben sich große Spreizungen und damit verbunden eine Entlastung des Rohrnetzes. Als erstes werden die für diesen Einsatz zu erwartende COP ermittelt. Die im Idealfall, nach den Carnot-Prozess ermittelten Leistungszahlen sind in vorher abgebildetem Diagramm abzulesen. Bei einer Quellentemperatur von 60°C (Verwendung des Primärücklaufes) und einer gewünschten Vorlauftemperatur von 80°C würde sich ein theoretischer COP von ca. 17 ergeben. Die rechnerische Überprüfung ergibt einen Wert von

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = \frac{\text{Wärmeleistung}}{\text{technische Leistung}} = \frac{Q_C}{W_t} = \frac{q_C}{w_t} = \frac{T_C \cdot \Delta s}{(T_C - T_n) \cdot \Delta s} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{T_C}{(T_C - T_n)} = \frac{(60 + 273,15)}{(80 - 60)} =$$

$$\text{COP}_{\text{Carnot}} = 16,6575$$

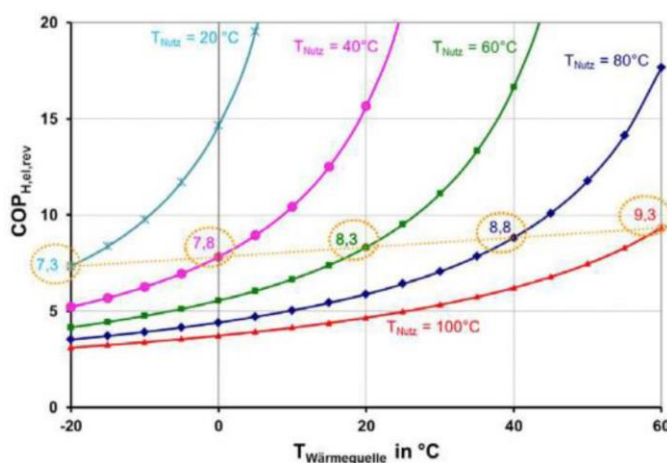


Abbildung 2-21: Theoretische Leistungszahlen (Carnot) von Wärmepumpen <sup>[40]</sup>

Reale Maschinen haben geringere Leistungszahlen!

Nachfolgend ein Überblick auf den Markt befindlicher Wärmepumpen, die den geforderten Rahmenbedingungen entsprechen:

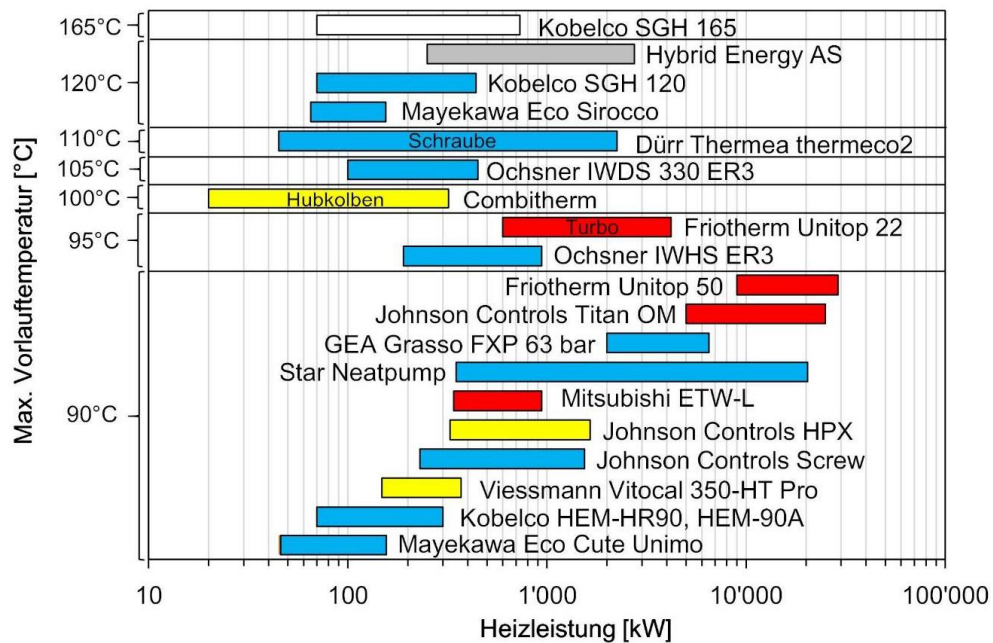


Abbildung 2-22: Auf dem Markt verfügbare HTWP sortiert nach maximaler Vorlauftemperatur und Heizleistung (gelb: Hubkolben, blau: Schraube, rot: Turbokompressor, weiss: Wärmepumpendampferzeuger, grau: Absorptionswärmepumpe) <sup>[40]</sup>

### 2.7.4.1 Nahwärmezentralen für zukünftige Projekte

Mit den geforderten Eckdaten  $\dot{Q}_{\text{NAT}} = 1.148\text{kW}$  („grünes“ Projekt),  $1.607\text{kW}$  („rotes“ Projekt) und  $2.296\text{kW}$  für Asten Ost und das „gelbe Projekt“,  $\vartheta_Q = 65^\circ\text{C}$  und  $\vartheta_{\text{WPVL}} = 80^\circ\text{C}$  beschränken sich die Möglichkeiten auf die beiden Johnson Maschinen und die Star Neatpump. Star Neatpump ist ein schottisches Unternehmen mit Sitz in Glasgow. Niederlassungen in Österreich gibt es nicht. Johnson Controls hat eine Niederlassung in unmittelbarer Nähe des Versorgungsgebietes des Heizwerkes. Im Störfall ist mit einer kurzen Reaktionszeit zu rechnen, deshalb soll auf dieses Fabrikat näher eingegangen werden. Die Johnson SABROE HeatPAC™ HPX – Wärmepumpen sind mit einem Kolbenkompressor ausgestattet. Das eingesetzte Kältemittel R717 (Ammoniak) gehört der Sicherheitsgruppe B2L an (geringere Brennbarkeit, höhere Toxizität) und hat ein GWP von 0. R717 ist ein gut verfügbares und preiswertes Kältemittel. Diese Wärmepumpen sind einstufiger, als auch in zweistufiger Variante verfügbar. Der benötigte Temperaturhub rechtfertigt keine zweistufige Maschine. Zudem sind auch die Investitionskosten bei einstufigen Maschinen geringer. Die Leistungsregelung erfolgt über einen drehzahlgeregelten Antrieb. Dies ist im Gegensatz zu einer Saugdrosselregelung oder einer Saugventilregelung eine elegante und im Teillastbetrieb effiziente Art der Leistungsregelung. Im Vollastbetrieb schmälern die zusätzlichen Verluste des FU's den COP. Bei dieser Form der Leistungsregelung ist die minimale Wärmeleistung mit ca. 40% der Nennwärmeleistung beschränkt (Angaben Fa. Siemens: Einsatz des Frequenzumformers zwischen 30 – 87Hz, was ca. 40-100% entspricht). Als zusätzlichen Vorteil eines Frequenzumformers kann der mit ihm realisierbare Sanftanlauf genannt werden, der den Anlaufstrom wesentlich vermindert. Die enormen Kosten bei einem eventuell defektbedingten Austausch sind

dem entgegen zu rechnen. Mit einer Saugventilregelung könnte theoretisch die Leistung bis auf null reduziert werden, jedoch muss die aufgrund der Reibung entstehenden Wärme über den verbleibenden Kältemittelmassenstrom abgeführt werden, wodurch die Verdichtungsendtemperatur wiederum erhöht wird und somit ebenfalls Grenzen gesetzt werden. Bei der Bypassregelung wird bereits verdichtetes Kältemittel zum Kompressoreintritt rückgeführt, wodurch die Verdichtungs-temperatur ebenfalls stark ansteigt. Eine zu starke Drosselung hätte dieselbe Auswirkung. Eine weitere Möglichkeit zur stufenweisen Leistungsreduzierung ist bei Mehrzylindermaschinen die Zylinderabschaltung. Eine mögliche Auslegung ist nachfolgend dargestellt. Die verfügbaren Leistungen der Wärmepumpen sind mit 1.087kW, 1.432kW und 2.078kW um 5-11% kleiner als die geforderte Leistung bei Normaußentemperatur. Da dies aber einen Vorteil für den Teillastbereich bietet und aufgrund einer geforderten, nicht zu überschreitenden Schalzhäufigkeit (siehe „Takten“) ein Pufferspeicher ausgeführt werden muss, wurden diese Maschinen ausgewählt.

Verflüssiger: Wassereinlass: 60 °C, Wasserauslass: 70 °C sowie Verdampfer: Wassereinlass: 39 °C, Wasserauslass: 34 °C											
Typ	Heizleistung	Kühlleistung	E-Motor	Leistungsaufnahme (Welle)	R717 Füllung	Trockengewicht	Aggregat-Abmessungen in mm			Schallpegel dB(A)	COP-Welle
	kW	kW	kW	kW	kg	kg	L	B	H		
HeatPAC 24-W	307	260	55	47	38	2020	2800	1000	2000	75	6,5
HeatPAC 26-W	461	391	79	71	48	2230	2850	1000	2000	76	6,5
HeatPAC 28-W	615	521	114	95	55	2420	2900	1000	2000	77	6,5
HeatPAC 104-W	725	611	136	112	73	2630	3050	1000	2000	81	6,5
HeatPAC 106-W	1087	916	207	168	87	3300	3750	1000	2000	82	6,5
HeatPAC 108-W	1432	1206	253	224	104	3950	4050	1000	2000	83	6,4
HeatPAC 112-W	2078	1742	399	338	121	5270	5050	1000	2100	85	6,2

Abbildung 2-23: beispielhafte Auslegungen der Wärmepumpe <sup>[45]</sup>

Den „MusterAuslegungen“ kann entnommen werden, dass der reale COP weit von den theoretischen Leistungszahlen der Abbildung 2-21 entfernt ist. Je nach gewählter Temperatur am Verflüssiger bewegt sie sich zwischen 6,2 - 6,5. Es wurde bewusst die Auslegung mit einer Vorlauf-temperatur von 70°C dargestellt. Der Autor geht von Wohnungsstationen, daher von einem sekundärseitig geforderten Vorlauf von 60°C aus. Vorlauftemperaturen von bis zu 90°C sind gegebenenfalls realisierbar, jedoch muss der COP dann mit rund 4,2 reduziert angenommen werden.

### 2.7.4.2 Nahwärmezentrale Norikum

Die in der Überschrift genannte Zentrale fordert eine Wärmeleistung von 3.325kW. Das Produkt Johnson Controls soll beibehalten werden. Für diese Leistungsgrößen stehen ausschließlich zwei-stufige Schraubenverdichter zur Verfügung, die ursprünglich zur Nutzung von Industrieabwärme entwickelt wurden. Sie arbeiten ebenfalls mit den Kältemittel R717. Die Maschine besitzt einen Eco-nomizer. Der COP liegt bei den vorhandenen Rahmenbedingungen bei ca. 5,9 <sup>[45]</sup>. Auf den bei größeren Schraubenverdichtern üblichen Regelschiebern zur Leistungsregelung wurde verzichtet (Abbildung 2-24). Stattdessen wird, wie auch bei den Kolbenmaschinen, ein Frequenzumformer mit Sanftanlauf eingesetzt.



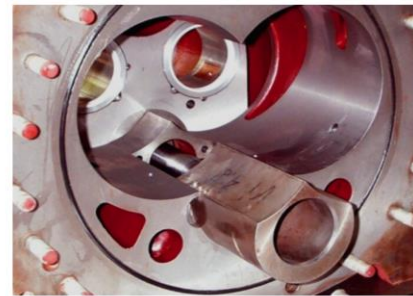
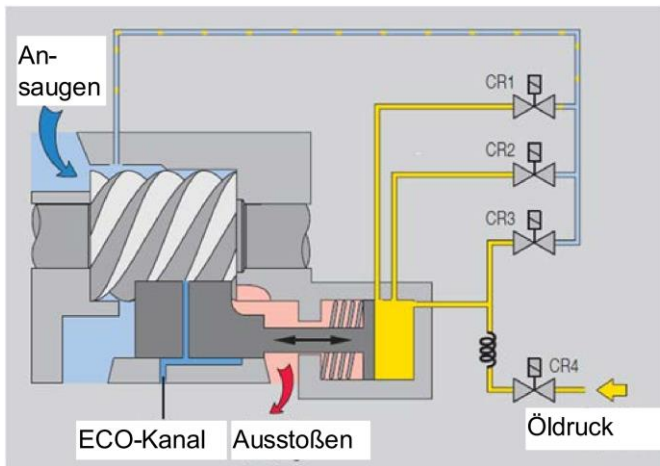


Abbildung 2-24: Aufbau und Funktion der Leistungsregelung bei Schraubenverdichtern [46]

### 2.7.4.3 Vermeidung häufiger Ein- und Ausschaltzyklen

Da eine Leistungsreduktion bis auf null mit diesen Maschinen nicht realisierbar ist, ist auch das sogenannte „Takten“ ein Auslegungskriterium. Ein akzeptierter Wert ist dabei 500 Starts pro 1000 Betriebsstunden [47]. Das würde Speicher mit einem Energieinhalt von

- $1.087\text{kW} \times 40\% \times 2 \text{ Stunden} = 869,6\text{kWh}$
- $1.346\text{kW} \times 40\% \times 2 \text{ Stunden} = 1.076,8\text{kWh}$
- $2.078\text{kW} \times 40\% \times 2 \text{ Stunden} = 1.662,4\text{kWh}$
- $3.399\text{kW} \times 40\% \times 2 \text{ Stunden} = 2.719,2\text{kWh}$

bedeuten. Legt man die oben angeführte Spreizung von 10K der allgemeinen Wärmegleichung zugrunde, ergeben sich Speichervolumina von 75m<sup>3</sup>, 95m<sup>3</sup>, 145m<sup>3</sup> und 235m<sup>3</sup>. Diese Werte sollen zur Überprüfung der Tagesgangkurve im Monat Jänner herangezogen werden (Abbildung 2-25). Zur Vermeidung des „Taktens“ wurden in Relation zur benötigten Wärmeleistung große Pufferspeicher gewählt. Es wurde überprüft, ob mit der nächstkleineren Größe der jeweiligen Wärmepumpen das Auslangen gefunden werden kann. Dies ist nicht der Fall.

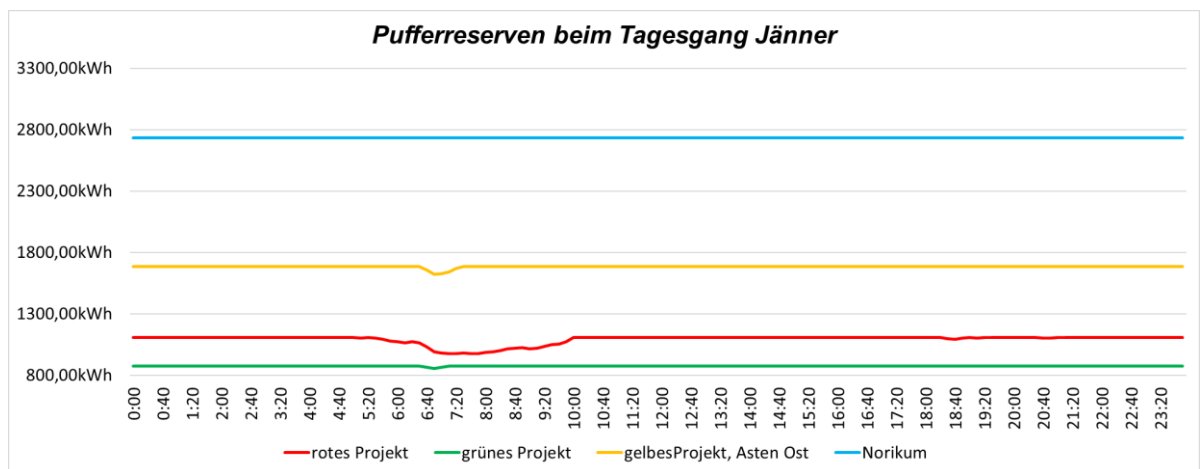


Abbildung 2-25: Ladekapazität des Pufferspeichers bei Rechenmodell Tagesgang Jänner

## 2.7.4 Investitions- und Folgekosten

Einer Studie zufolge <sup>[48]</sup> können die Investitionskosten für Hochtemperaturwärmepumpen mit 200€/kW angesetzt werden. Die Wartungs- und Instandhaltungskosten sind für einen ganzjährigen Einsatz der Wärmepumpe entsprechend VDI 2067 mit 5,5 – 7,5%. (gewählt wurde 6,5%):

	Asten Ost	Norikum	grünes Projekt	rotes Projekt	gelbes Projekt	Summe
installierte Leistung	2.078,00kW	3.399,00kW	1.087,00kW	1.346,00kW	2.078,00kW	9.988,00kW
Investitionskosten	415.600,00€	679.800,00€	217.400,00€	269.200,00€	415.600,00€	1.997.600,00€
Instandhaltungskosten pro Jahr	27.014,00 €	44.187,00 €	14.131,00 €	17.498,00 €	27.014,00 €	129.844,00 €
Stromkosten für Kompressor; Annahme: COP 5,00	89.686,48 €	146.700,84 €	46.914,92 €	58.093,36 €	89.686,48 €	431.082,08 €

Tabelle T8: Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten bei Ausführung der Umformerstationen als Wärmepumpen

Die Volllaststunden wurden entsprechend den vergangenen Perioden mit 2.000 Stunden angenommen, der Strompreis wurde in einem Internetportal (Billigstbieter) ermittelt <sup>[49]</sup>. Da eine eindeutige Kostentendenz aufgrund der wenigen, in Tabelle T8 angeführten Positionen klar ersichtlich war, wurde auf eine weitere Betrachtung von zusätzlich notwendigen Komponenten wie Pumpen, Regel- und Absperrventilen usw. verzichtet

### 2.7.4.5 Fazit Wärmepumpen

Bei diesem Projekt ist die installierte Kesselleistung im Heizwerk auch für die Beheizung der neu zu errichtenden Objekte ausreichend. Die Installation von Wärmepumpen kann also nur in puncto Verminderung der Volumenströme bzw. „Optimierung“ des Wohnparks Norikum betrachtet werden. Für die versorgten Objekte Norikum ist eine sekundärseitige, hydraulische Optimierung anzustreben. Wie unter 2.7.3.4 dargestellt, wäre diese Maßnahme allein aufgrund ihrer Investitionskosten vorzuziehen. Zudem vermindert sie im Gegensatz zu Wärmepumpen die nachfolgenden Betriebs-, sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten. Wie aus den Anhängen 10 bis 12 ersichtlich, müssten alle neu anzuschließenden Objekte mit Wärmepumpen ausgestattet sein, um die Wassermenge derart zu vermindern, dass trotz des Leistungszuwachses kein Pumpentausch im Heizwerk notwendig wäre. Der Wohnkomplex Norikum müsste entweder hydraulisch saniert oder ebenfalls mit einer Wärmepumpe versorgt werden. Diese Maßnahmen stehen sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich in keinem Verhältnis. Sollte bei den zukünftigen Objekten Raumkälte zum Thema werden, könnte dies mit Adsorptionskältemaschinen in Verbindung mit Fernwärme kostengünstiger realisiert werden!

## 2.7.5 Speicherlösungen

Speicherlösungen bieten die Möglichkeit den Zeitpunkt des Pumpentausches hinauszuzögern und das Fernwärmenetz kosteneffizient zu betreiben. Verschiedene Speichergrößen bei verschiedenen Anlagenzuständen wurden iterativ ermittelt. Als Grundlage wurden die Monatslastkurven analog Abbildung 2-8 herangezogen. Das Maximum wurde im Monat Jänner ermittelt.

Diese Kurve wurde dann auch zur Auslegung des Speicherinhalts herangezogen. Untenstehend Tabellen für die Projekte 2020 („grünes“ und „rotes“ Projekt) sowie für den Vollausbau. Sie zeigen den Kontext zwischen Speichergröße und notwendigen Rahmenbedingungen. Die beiden Werte



mit 1,5m<sup>3</sup> wurden analysiert. Sie beruhen auf zwei hintereinander folgenden Überschreitungen: von 06: 40 bis 06:50 fehlen 3,60m<sup>3</sup>/h, in der Zeit von 06:50 – 07:00 3,25m<sup>3</sup>/h.

Projekt 2020	Speicher- Leistungs- anteil	ohne weitere Maßnahme		mit Umbau Norikum	
		Pumpentausch		Pumpentausch	
		ohne	mit	ohne	mit
Grünes Projekt:	41,67%	16,67m <sup>3</sup>	0,63m <sup>3</sup>	0,63m <sup>3</sup>	keine Speicher notwendig
rotes Projekt:	58,33%	23,33m <sup>3</sup>	0,88m <sup>3</sup>	0,88m <sup>3</sup>	
	100,00%	40,00m <sup>3</sup>	1,50m <sup>3</sup>	1,50m <sup>3</sup>	

Tabelle T6: Speichervarianten beim Projekt 2020 isoliert betrachtet

Mit dem Gesamtvolumenstrom in Relation gebracht sind das in etwa 4‰. Diese Unterversorgung ist beim Abnehmer/Verbraucher defacto nicht wahrnehmbar. Anders stellt sich die Situation bei der Variante „ohne weitere Maßnahmen“ und „ohne Pumpentausch“ dar. Die Unterversorgung bewegt sich hier in einem Rahmen von 3,340m<sup>3</sup>/h bis zu einem Wert von 9,808m<sup>3</sup>/h und das über einen Zeitraum von fünf aufeinanderfolgenden Stunden. In diesem Fall sollten Speicher eingebaut werden. Tabelle T7 gibt Richtwerte für die der Speichergrößen vor:

Voll- ausbau	Speicher- Leistungs- anteil	ohne weitere Maßnahme		mit Umbau Norikum	
		Pumpentausch		Pumpentausch	
		ohne	mit	ohne	mit
Grünes Projekt:	15,63%	20,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>
rotes Projekt:	21,87%	20,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>	0,00m <sup>3</sup>
gelbes Projekt:	31,25%	50,00m <sup>3</sup>	10,00m <sup>3</sup>	40,00m <sup>3</sup>	2,50m <sup>3</sup>
Asten Ost:	31,25%	50,00m <sup>3</sup>	10,00m <sup>3</sup>	45,00m <sup>3</sup>	2,50m <sup>3</sup>
	100,00%	140,00m <sup>3</sup>	20,00m <sup>3</sup>	85,00m <sup>3</sup>	5,00m <sup>3</sup>

Tabelle T7: Speichervarianten bei verschiedenen Rahmenbedingungen

## 2.8 Handlungsempfehlung

Technisch sinnvoll wäre die Bereinigung der Situation im Wohnkomplex Norikum. Für die neuen Wohnkomplexe sollten im Idealfall Flächenheizungen realisiert werden. Die Trinkwassererwärmung erfolgt idealerweise zentral und auf Bevorratung. Dadurch könnte die Trinkwarmwassererzeugung in den Stunden mit geringer Leistungsanforderung erfolgen. Unter Tags könnte die Beheizung der Objekte aufgrund des niederen Temperaturniveaus überwiegend aus dem Bestandsrücklauf erfolgen (siehe dazu Anhang 13). Dem entgegen steht, dass selbst bei Finanzierung der Maßnahmen im Norikum durch das WVU die Zustimmung aller Eigentümer der betroffenen Wohnungen erfolgen müsste, was unwahrscheinlich erscheint. Zum Thema Trinkwarmwasserbereit sei an dieser Stelle auf das Kapitel 2.7.2 verwiesen. Für das rote und grüne Projekt mit Starttermin 2020 gibt es drei reale Szenarien:

- Pumpentausch
- Speicherausbildung
- Erhöhung der Vorlauftemperatur an Tagen mit Normaußentemperatur

Entscheidet man sich für die Lösung „Pumpentausch“ entstehen neben den Investitionskosten auch Betriebskosten durch einen erhöhten Pumpenstrom. Wie Anhang 8 entnommen werden kann,

steigt der maximal benötigte Volumenstrom von 287,40m<sup>3</sup>/h auf 383,54m<sup>3</sup>/h. Entsprechend Punkt 2.7.3.5 können rund 275 €/a pro zusätzlichen m<sup>3</sup>/h an Pumpenstromkosten veranschlagt werden, was zusätzliche Betriebskosten von rund € 26.500,-/a verursacht. Die Investitionskosten können überschlägig mit

- 2 Stück Pumpen NK 80-315: € 53.000,--
- Hydraulische Einbindung: € 7.500,--
- Elektrische Einbindungen, Änderungen im Schaltschrank (FU/Absicherung): € 25.000,--
- Gesamtinvestitionskosten rund: € 85.500,--

Folgende Vorgangsweise wird empfohlen:

- Einstieg in die Gespräche mit der Wohnungsgenossenschaft auf Basis Idealvorstellung

Bei nicht Durchsetzbarkeit:

- Einen Dreileiterabgang je Projekt inkl. Pufferspeicher für die Projekte 2020
- Ausführung von Wohnungsstationen
- Erhöhung der Primärvorlauftemperatur auf die maximal möglichen 95°C bei Erreichen der Normaußentemperatur
- Die Verwirklichung der weiteren Projekte ist zum Umsetzungszeitpunkt gesondert zu betrachten (kann der Rücklauf beim Projekt Asten Ost ausgenutzt werden? Gibt es bereits eine Verbesserung beim Wohnkomplex Norikum?...)

## 3 Zukünftige Erneuerungen

Das Nahwärmebiomasseheizwerk Asten wurde 2012 eröffnet. Die Abschreibdauer für Kesselanlagen ist mit fünfzehn Jahren angegeben <sup>[50]</sup>. Der Austausch der derzeitigen Kesselanlagen fällt somit in eine Zeit, in der, geht es nach dem Wunsch der Politik, fossile Energieträger ausscheiden. Die acht Megawatt des Gaskessels sind also durch umweltschonendere Brennstoffe zu ersetzen.

### 3.1 Einsatz von Hochtemperaturwärmepumpen

Wärmepumpen sind verdampferseitig auf eine Spreizung von zirka fünf Kelvin ausgelegt. Um die fehlenden fünf Megawatt thermischer Leistung über eine Hochtemperaturwärmepumpe abzudecken, sind somit rund 860m<sup>3</sup>/h an Grundwasser notwendig. Grundwasser stellt die sinnvollste Energiequelle dar, da die Temperaturhübe gegenüber Umgebungsluft wesentlich geringer sind. Ein Wasserrechtsbescheid, der eine Entnahme dieser Grundwassermenge gestattet ist unwahrscheinlich.

Ein weiterer Ansatz wäre, die Temperatur des Primärrücklaufs durch Verwendung von Wärmepumpen zu senken und so die Kondensationswärme des Abgases zu nutzen. Unter der Annahme, dass der Rücklauf mit 50°C in die Heizzentrale eintritt müsste er zumindest um zehn Kelvin gesenkt werden, damit ein spürbarer Kondensationseffekt bemerkbar wird. Der Leistungszugewinn kann idealerweise mit 10% der Kesselleistung, also mit 400kW angesetzt werden. Das bedeutet aber auch eine Verlagerung der verfügbaren Leistung zur Wärmepumpe hin, da die Wärmepumpe im Wesentlichen nur für eine Transformierung des Wärmeniveaus verantwortlich ist. Thermische Leistung „entsteht“ somit durch die Abwärme des Kompressors in der Wärmepumpe und der Abgaswärmerückgewinnung. Der gewonnene Leistungszuwachs ist keinesfalls ausreichend, dieser Weg nicht möglich.

### 3.3 Erhöhung der thermischen Leistung durch Biomasse

Derzeit befinden sich im Heizwerk ein Biomassekessel mit zwei und ein weiterer mit vier Megawatt thermischer Leistung. Lagerkapazität, Förderkapazitäten sowie Platzverhältnisse im Heizhaus sind für diese Biomasseleistung ausgelegt. Mit einigermaßen geringen Kosten ist der Austausch des kleineren Kessels auf einen vier Megawatt Kessel möglich. Die beiden Fördersysteme sind ident, die Intervalle der Anlieferung der Biomasse müssten verkürzt werden. In Österreich gibt es derzeit Versuchsanlagen (z.B. Biomasseheizwerk Söll, Tirol) in denen der Verbrennung der Biomasse Wasserstoff beigemischt wird. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass Einsparungen bis zu 15% möglich sind. Damit wäre eine thermische Leistung von neun Megawatt aus biogenen Brennstoffen realistisch. Ein Delta von fünf Megawatt bleibt.

### 3.3 Ersatz des fossilen Erdgases durch Biogas

Wie unter 2.2.1 angeführt, liefert das in der benachbarten Kläranlage entstehende Faulgas drei- undvierzig Gigawattstunden pro Jahr. Weiters werden jährlich Deponiegase mit einem Energieinhalt von fünfzehn Gigawattstunden aufbereitet. Da das Deponiegas aus einer stillgelegten Deponie entnommen wird, ist der Ertrag rückläufig. Konkret kann eine Minderung von einer Gigawattstunde in den letzten drei Jahren beobachtet werden. Wie in der Abbildung 2-15 dargestellt, müssen knapp zwanzig Prozent der Jahresleistung mit dem Gaskessel abgedeckt werden. Legt man eine Vollaststundenzahl von 2.000 zugrunde, so sind bei einer geforderten thermischen Leistung von 15,4MW (siehe 2.5) sechs Gigawattstunden an Energieinhalt notwendig. Das in der Regionalkläranlage entstehende Faulgas könnte den geforderten Energieinhalt decken! Die Stromerzeugung erfolgt im Blockheizkraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 33%, daher müssten rund zwei Gigawattstunden Strom pro Jahr durch die Regionalkläranlage zugekauft bzw. anders produziert werden.

# Literatur

- [0] <https://www.energiemosaik.at/karten>, 21.05.2020, 08:45
- [1] Wikipedia: Chaudes-Aigues, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chaudes-Aigues>, 16.Mai 2016
- [2] Collins, J. F.: The History of District Heating, District Energy onSite, April 1959, 154–161
- [3] Frederiksen, S.; Werner, S.: District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB, Lund 2013, ISBN 978-91-44-08530-2
- [4] Praxisbuch der Fernwärmeversorgung; System, Netzaufbauvarianten, Kraft-Wärme-Kopplungen, Kostenstrukturen und Preisbildung, Verlag Springer Vieweg, ISBN 978-3-662-55911-6
- [5] <https://www.bmlrt.gv.at/energie-bergbau/energie/energieversorgung/Fernwaerme.html>, 12.07.2020, 09:10
- [6] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1114270/umfrage/netzlaenge-von-fernwaerme-in-oesterreich/>, 12.07.2020, 09:10
- [7] Planungshandbuch Fernwärme; Energie Schweiz, Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme
- [8] Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderung; Rio de Janeiro, 1992
- [9] [https://de.wikipedia.org/wiki/Übereinkommen\\_von\\_Paris](https://de.wikipedia.org/wiki/Übereinkommen_von_Paris), 20.05.2020, 18:05
- [10] Übereinkommen von Paris: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009674>; 19.07.2020, 08:15
- [11] Vertrag über die Arbeitsweise der europäischen Union, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008049>; 19.07.2020, 08:20
- [12] Vertrag über die europäische Union, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008048>; 19.07.2020, 08:25
- [13] <https://investinaustria.at/de/sectoren/umwelttechnik/erneuerbare-energien.php>, 21.05.2020, 08:25
- [14] Nationalen Energie- und Klimaplan; [https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik\\_national/nationaler-energie-und-klimaplan.html](https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/nationaler-energie-und-klimaplan.html); 21.05.2020, 11:40
- [15] Österreichische Wärmestrategie; <https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/energiewende/waerme-strategie.html>; 21.05.2020, 11:35
- [16] <https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/energiewende/waerme-strategie.html>, 21.05.2020, 09:25
- [17] Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020 – 2024; <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdokumente.html>; 21.05.2020, 11:35
- [18] #mission2030 Die österreichische Klima- und Energiestrategie; <https://www.bmlrt.gv.at/service/publikationen/umwelt/mission2030-oesterreichische-klima-und-energiestrategie.html>; 21.05.2020, 11:10
- [19] Verordnung der Oö. Landesregierung über die Förderung der Errichtung von Miet(kauf)wohnungen und Wohnheimen (Oö. Neubauförderungs-Verordnung 2019)
- [20] RICHTLINIE 2004/8/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG
- [21] <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/34879.htm>; 20.05.2020; 11:30
- [22] Wikipedia; [https://de.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Carl\\_von\\_Carlowitz](https://de.wikipedia.org/wiki/Hans_Carl_von_Carlowitz); 22.06.2020, 17:40
- [23] Regenerative Energiesysteme, Technologien – Berechnungen – Simulation; 9. Aktualisierte Auflage, Volker Quaschnig, Carl Hanser Verlag München, ISBN: 978-3-446-44267-2
- [24] Das Klimabuch; Alles was man wissen muss in 50 Grafiken; Laura Kohlrausch, OEKOMVERLAG München; ISBN 978-3-96238-124-0
- [25] [https://www.zamg.ac.at/cms/de/images/klima/bild\\_ip-klimawandel/klimasystem/umsetzungen/2-3-1\\_1\\_energiebilanz](https://www.zamg.ac.at/cms/de/images/klima/bild_ip-klimawandel/klimasystem/umsetzungen/2-3-1_1_energiebilanz), 27.06.2020, 12:00
- [26] <https://www.phys1.un1-heidelberg.de/~eisele/schuelerlabor/SpektroskopieUmweltphysikExperimente.pdf>, 28.06.2020, 08:35
- [27] Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser; Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Didaktik der Chemie, Hochschuldozent PD Dr. B. Friese; [https://www.un1-muens-ter.de/imperia/md/content/didaktik\\_der\\_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit\\_von\\_gasem\\_in\\_wasser\\_kohlenstoffdioxid.pdf](https://www.un1-muens-ter.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gasem_in_wasser_kohlenstoffdioxid.pdf), 27.06.2020, 08:45
- [28] ÖNORM M 7101: 2013 11 01, Begriffe der Energiewirtschaft – Allgemeine Begriffe
- [29] Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren; 3., aktualisierte und erweiterte Auflage; Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer Springer Vieweg, ISBN 978-3-662-47437-2
- [30] <https://www.biomasseverband.at/bedeutung-der-bioenergie/>; 12.07.2020, 11:25
- [31] Kleemann, M.; Meliß, M.: Regenerative Energiequellen. Berlin: Springer, 1993, ISBN 978-3-662-09727-4
- [32] <https://www.biomasseverband.at/fossile-energetraeger/>; 12.07.2020, 11:05

- [33] <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0446.pdf>; 18.07.2020, 12:55
- [34] <https://www.biomasverband.at/bedeutung-der-bioenergie/>, 12.07.2020, 12:25; Auszug aus einem Bericht des Österreichischen Biomasseverbands;
- [35] Regelwerk Fernwärme, Stand: Februar 2019; AGFW, Der Energieeffizienzverband für Wärme und KWK e. V.
- [36] Karl Strauss, Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen, 7. Auflage, Springer Vieweg, ISBN 978-3-662-53030-6
- [37] [https://co2.myclimate.org/de/portfolios?calculation\\_id=3541102](https://co2.myclimate.org/de/portfolios?calculation_id=3541102)
- [38] ÖNORM B 8110-5:2019-03: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile
- [39] Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Stand März 2015
- [40] <https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?custid=GMA&lang=DEU&productnumber=98318476&qcid=913703972>; 25.05.2020, 18:55
- [41] ÖNORM H 5151-1:2010, Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung Teil 1: Gebäude mit einem spezifischen Transmissionsleitwert  $> 0,5 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$  Ergänzungsnorm zu ÖNORM EN 12828, Tabelle A1: Verhältnis der Q10 Werte
- [42] <https://www.energy4rent.at/waerme/energyunit-oel-gas/>; 29.05.2020, 07:45
- [43] Planungshandbuch Fernwärme, Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE ISBN 3-90870505-30-4, Version 1.0 vom 25. April 2017
- [44] Gemeindenachrichten der Marktgemeinde Asten, Ausgabe 06/2020; Impressum Medieninhaber, Herausgeber und Redaktion: Marktgemeinde Asten, Marktplatz 2, 4481 Asten Erscheinungs- und Verlagsort: Asten; die Gemeindezeitung der Marktgemeinde Asten ist eine periodisch erscheinende Zeitung zur Information der GemeindebürgerInnen!
- [45] [https://www.sabroe.com/fileadmin/user\\_upload/Marketing/Brochures/General/Sabroe\\_catalogue\\_2020\\_SB-7034\\_70p\\_01\\_9\\_DE2.pdf](https://www.sabroe.com/fileadmin/user_upload/Marketing/Brochures/General/Sabroe_catalogue_2020_SB-7034_70p_01_9_DE2.pdf); Sabroe Kundenbroschüre 2020 (18.06.2020; 19:25)
- [46] Siemens Ingenuity, Kältetechnik, Artikel-Nr. E10003-A38-H214 (Stand 04/2017); <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=a6v10327350>; 21.06.2020, 15:20
- [47] Anwenderhandbuch zur Energieeffizienzbewertung von indirekten Kälteanlagen und reversiblen Wärmepumpen für Komfortkälte in Luxemburg; LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG, Ministere du Developpement durable et des Infrastructures, Administration del'environnement
- [48] S. Wolf, U. Fahl, M. Biesl, A. Voss, R. Jakobs: Analyse des Potenzials von Industriewärmepumpen in Deutschland, Forschungsbericht Universität Stuttgart, IER, 2014
- [49] MAXENERGY; 21.06.2020; 17:40; <https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis#calcid=519d5f9e8d5fb58eada275afe5c111e982b6a8d2>
- [50] [https://help.freefinance.at/index.php/Liste\\_der\\_Nutzungsdauern](https://help.freefinance.at/index.php/Liste_der_Nutzungsdauern), 11.07.2020, 08:45
- [51] Österreichische Gesellschaft für Meteorologie Bulletin 2013/1, Herausgeber und Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Meteorologie, 1190 Wien, Hohe Warte 38

# Tabellen

**Tabelle T1: Berechnung der Mitteltemperatur im Zeitraum 19.01.2019, 06:45 bis 21.01.2019, 06:45**

Uhrzeit:	06:45	06:55	07:05	07:15	07:25	07:35	07:45	07:55	08:05	08:15	08:25
Temperatur [°C]:	-0,037	-0,01	0,05	0,052	0,081	0,067	0,058	-0,074	0,161	0,166	0,233
Uhrzeit:	08:35	08:45	08:55	09:05	09:15	09:25	09:35	09:45	09:55	10:05	10:15
Temperatur [°C]:	0,426	0,406	0,118	0,212	0,249	0,802	1,03	1,05	1,354	1,586	1,604
Uhrzeit:	10:25	10:35	10:45	10:55	11:05	11:15	11:25	11:35	11:45	11:55	12:05
Temperatur [°C]:	1,871	2,255	2,304	3,022	2,693	2,677	2,426	2,466	2,451	2,234	2,533
Uhrzeit:	12:15	12:25	12:35	12:45	12:55	13:05	13:15	13:25	13:35	13:45	13:55
Temperatur [°C]:	2,573	3,16	3,697	3,727	4,175	4,243	4,241	4,205	4,125	4,12	4,058
Uhrzeit:	14:05	14:15	14:25	14:35	14:45	14:55	15:05	15:15	15:25	15:35	15:45
Temperatur [°C]:	4,596	4,578	4,313	4,009	4,034	4,407	4,928	4,924	4,856	4,546	4,524
Uhrzeit:	15:55	16:05	16:15	16:25	16:35	16:45	16:55	17:05	17:15	17:25	17:35
Temperatur [°C]:	4,19	3,743	3,746	3,786	3,799	3,737	2,831	1,939	1,922	1,666	1,474
Uhrzeit:	17:45	17:55	18:05	18:15	18:25	18:35	18:45	18:55	19:05	19:15	19:25
Temperatur [°C]:	1,456	1,191	1,075	1,079	1,137	1,078	1,085	1,194	1,427	1,418	1,29
Uhrzeit:	19:35	19:45	19:55	20:05	20:15	20:25	20:35	20:45	20:55	21:05	21:15
Temperatur [°C]:	1,253	1,244	1,109	0,991	0,979	0,807	0,628	0,632	0,694	0,967	0,952
Uhrzeit:	21:25	21:35	21:45	21:55	22:05	22:15	22:25	22:35	22:45	22:55	23:05
Temperatur [°C]:	0,737	0,568	0,552	0,312	0,069	0,062	-0,038	-0,063	-0,06	-0,015	0,004
Uhrzeit:	23:15	23:25	23:35	23:45	23:55	00:05	00:15	00:25	00:35	00:45	00:55
Temperatur [°C]:	0,007	0,043	0,032	0,028	-0,031	-0,062	-0,069	-0,199	-0,313	-0,318	-0,419
Uhrzeit:	01:05	01:15	01:25	01:35	01:45	01:55	02:05	02:15	02:25	02:35	02:45
Temperatur [°C]:	-0,695	-0,712	-0,966	-1,069	-1,064	-0,97	-0,971	-0,951	-0,651	-0,333	-0,35
Uhrzeit:	02:55	03:05	03:15	03:25	03:35	03:45	03:55	04:05	04:15	04:25	04:35
Temperatur [°C]:	-0,595	-1,062	-1,073	-1,228	-1,027	-1,006	-0,688	-0,595	-0,584	-0,396	-0,282
Uhrzeit:	04:45	04:55	05:05	05:15	05:25	05:35	05:45	05:55	06:05	06:15	06:25
Temperatur [°C]:	-0,257	0,111	0,167	0,156	-0,015	-0,283	-0,286	-0,33	-0,541	-0,556	-0,781
Uhrzeit:	06:35	06:45	06:55	07:05	07:15	07:25	07:35	07:45	07:55	08:05	08:15
Temperatur [°C]:	-0,574	-0,573	-0,44	-0,388	-0,287	-0,411	-0,556	-0,841	-0,778	-0,582	-0,195
Uhrzeit:	08:25	08:35	08:45	08:55	09:05	09:15	09:25	09:35	09:45	09:55	10:05
Temperatur [°C]:	-0,111	-0,082	-0,023	0,437	0,447	0,466	0,361	0,402	0,484	0,701	0,66
Uhrzeit:	10:15	10:25	10:35	10:45	10:55	11:05	11:15	11:25	11:35	11:45	11:55
Temperatur [°C]:	0,582	0,623	0,762	1,034	1,28	1,358	1,509	1,647	1,658	1,678	1,497
Uhrzeit:	12:05	12:15	12:25	12:35	12:45	12:55	13:05	13:15	13:25	13:35	13:45
Temperatur [°C]:	1,504	1,52	1,803	1,732	1,596	1,976	1,915	1,797	1,85	2,046	2,431
Uhrzeit:	13:55	14:05	14:15	14:25	14:35	14:45	14:55	15:05	15:15	15:25	15:35
Temperatur [°C]:	2,739	2,67	2,53	2,014	1,963	1,862	1,922	1,978	2,083	1,485	1,419
Uhrzeit:	15:45	15:55	16:05	16:15	16:25	16:35	16:45	16:55	17:05	17:15	17:25
Temperatur [°C]:	1,291	1,374	1,298	1,148	0,975	0,892	0,73	0,613	0,593	0,555	1,024
Uhrzeit:	17:35	17:45	17:55	18:05	18:15	18:25	18:35	18:45	18:55	19:05	19:15
Temperatur [°C]:	1,082	1,194	1,211	1,349	1,622	1,989	2,012	2,055	2,107	2,109	2,114
Uhrzeit:	19:25	19:35	19:45	19:55	20:05	20:15	20:25	20:35	20:45	20:55	21:05
Temperatur [°C]:	2,141	2,104	2,032	1,981	2,001	2,04	2,059	1,842	1,416	0,76	0,711
Uhrzeit:	21:15	21:25	21:35	21:45	21:55	22:05	22:15	22:25	22:35	22:45	22:55
Temperatur [°C]:	0,615	0,796	0,749	0,656	0,317	0,346	0,401	0,352	0,315	0,243	0,367
Uhrzeit:	23:05	23:15	23:25	23:35	23:45	23:55	00:05	00:15	00:25	00:35	00:45
Temperatur [°C]:	0,502	0,766	0,537	0,54	0,545	0,463	0,31	0,011	-0,29	-0,34	-0,45
Uhrzeit:	00:55	01:05	01:15	01:25	01:35	01:45	01:55	02:05	02:15	02:25	02:35
Temperatur [°C]:	-0,97	-1,06	-1,24	-0,95	-1,02	-1,16	-1,33	-1,26	1,127	-0,94	-0,95
Uhrzeit:	02:45	02:55	03:05	03:15	03:25	03:35	03:45	03:55	04:05	04:15	04:25
Temperatur [°C]:	-0,97	-1,16	-1,22	-1,33	-1,38	-1,38	-1,36	-1,4	-1,43	-1,5	-1,25
Uhrzeit:	04:35	04:45	04:55	05:05	05:15	05:25	05:35	05:45	05:55	06:05	06:15
Temperatur [°C]:	-1,33	-1,49	-1,88	-1,86	-1,82	-1,65	-1,6	-1,51	-1,5	-1,52	-1,55
Uhrzeit:	06:25	06:35	06:45	<b>Mittelwert: +0,79°C</b>							
Temperatur [°C]:	-1,74	-1,84	-2,03								

	19.01.2019		20.01.2019		21.01.2019
--	------------	--	------------	--	------------

Tabelle T2: relative Heizleistung bezogen auf  $\dot{Q}_{NAT}$ 

	0:00	0:10	0:20	0:30	0:40	0:50	1:00	1:10	1:20	1:30	1:40	1:50	2:00	2:10	2:20	2:30	2:40
Okt.	26%	24%	25%	21%	27%	28%	15%	18%	17%	17%	20%	19%	20%	26%	24%	28%	29%
Nov.	43%	53%	54%	52%	50%	45%	46%	43%	52%	50%	50%	51%	42%	44%	45%	51%	52%
Dez.	52%	53%	55%	56%	62%	53%	53%	52%	48%	51%	54%	54%	57%	55%	67%	58%	58%
Jän.	50%	55%	59%	64%	57%	51%	54%	48%	52%	53%	51%	51%	49%	54%	54%	57%	57%
Febr.	46%	44%	50%	57%	54%	52%	47%	44%	54%	49%	51%	45%	45%	41%	45%	48%	49%
März	44%	43%	37%	29%	30%	36%	31%	40%	39%	31%	34%	34%	35%	33%	41%	42%	35%
April	26%	23%	28%	26%	27%	26%	24%	26%	31%	23%	28%	24%	25%	23%	32%	34%	33%
Mai	29%	30%	28%	31%	32%	25%	27%	26%	28%	29%	25%	25%	26%	26%	31%	32%	30%
Juni	13%	16%	16%	15%	17%	21%	31%	33%	25%	27%	24%	16%	17%	11%	8%	10%	12%
Juli	15%	14%	15%	16%	15%	13%	12%	13%	15%	13%	13%	18%	21%	21%	20%	16%	16%
Aug.	11%	11%	12%	16%	16%	15%	13%	11%	13%	12%	13%	11%	22%	24%	26%	22%	20%
Sept.	18%	18%	19%	17%	22%	21%	18%	20%	23%	20%	20%	19%	12%	16%	19%	26%	19%
	2:50	3:00	3:10	3:20	3:30	3:40	3:50	4:00	4:10	4:20	4:30	4:40	4:50	5:00	5:10	5:20	5:30
Okt.	28%	24%	32%	26%	23%	25%	25%	23%	29%	29%	26%	24%	26%	28%	26%	24%	34%
Nov.	50%	49%	48%	49%	51%	51%	52%	49%	55%	45%	51%	52%	58%	68%	74%	71%	74%
Dez.	54%	61%	54%	61%	62%	63%	58%	60%	57%	54%	57%	60%	68%	80%	80%	81%	91%
Jän.	62%	52%	54%	56%	57%	57%	57%	57%	53%	54%	57%	71%	73%	78%	84%	83%	86%
Febr.	52%	48%	50%	56%	45%	45%	41%	46%	49%	45%	53%	53%	64%	59%	70%	70%	76%
März	30%	33%	43%	42%	49%	40%	31%	31%	34%	46%	37%	33%	36%	46%	48%	53%	56%
April	35%	30%	31%	31%	27%	32%	34%	27%	26%	23%	26%	34%	30%	33%	40%	35%	39%
Mai	28%	29%	29%	37%	36%	28%	27%	27%	31%	32%	26%	29%	33%	37%	33%	37%	39%
Juni	12%	11%	9%	8%	7%	13%	19%	16%	14%	14%	16%	16%	18%	17%	13%	13%	12%
Juli	12%	12%	13%	11%	12%	12%	9%	10%	15%	14%	14%	13%	16%	16%	16%	11%	9%
Aug.	18%	11%	15%	15%	16%	17%	17%	17%	14%	13%	15%	14%	14%	13%	13%	11%	13%
Sept.	18%	19%	17%	20%	21%	18%	20%	20%	20%	18%	21%	25%	21%	22%	21%	30%	33%
	5:40	5:50	6:00	6:10	6:20	6:30	6:40	6:50	7:00	7:10	7:20	7:30	7:40	7:50	8:00	8:10	8:20
Okt.	32%	33%	35%	32%	28%	45%	40%	31%	36%	43%	47%	56%	52%	62%	44%	39%	36%
Nov.	73%	82%	78%	79%	80%	78%	90%	80%	77%	77%	77%	68%	71%	75%	75%	75%	80%
Dez.	81%	78%	72%	76%	77%	78%	80%	92%	85%	81%	72%	76%	79%	77%	73%	75%	77%
Jän.	87%	90%	87%	89%	78%	89%	100%	99%	89%	86%	82%	83%	84%	83%	81%	80%	80%
Febr.	74%	80%	74%	69%	74%	75%	79%	82%	80%	79%	80%	80%	79%	70%	70%	73%	74%
März	54%	58%	68%	69%	65%	60%	60%	66%	64%	66%	61%	59%	60%	56%	58%	58%	62%
April	41%	48%	46%	52%	50%	54%	48%	57%	57%	56%	61%	55%	51%	48%	47%	47%	46%
Mai	32%	35%	35%	35%	34%	42%	42%	46%	47%	46%	47%	44%	45%	46%	55%	49%	49%
Juni	12%	15%	13%	13%	13%	12%	14%	17%	21%	21%	17%	14%	10%	12%	12%	13%	12%
Juli	13%	14%	12%	11%	12%	13%	14%	14%	15%	14%	15%	16%	14%	12%	11%	11%	12%
Aug.	13%	14%	9%	13%	15%	11%	13%	12%	12%	11%	14%	17%	14%	13%	13%	12%	14%
Sept.	29%	31%	31%	40%	37%	34%	34%	42%	43%	41%	40%	40%	44%	49%	44%	40%	36%
	8:30	8:40	8:50	9:00	9:10	9:20	9:30	9:40	9:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10
Okt.	34%	40%	43%	35%	36%	46%	43%	49%	59%	38%	42%	44%	36%	38%	32%	34%	41%
Nov.	79%	74%	69%	67%	63%	62%	68%	69%	68%	70%	70%	71%	74%	63%	60%	62%	67%
Dez.	82%	82%	77%	80%	79%	79%	81%	84%	83%	76%	76%	79%	78%	75%	72%	74%	74%
Jän.	78%	81%	82%	88%	82%	77%	77%	81%	75%	67%	69%	73%	72%	71%	72%	72%	72%
Febr.	76%	75%	74%	72%	73%	72%	77%	74%	72%	67%	65%	69%	70%	69%	71%	72%	69%
März	63%	60%	63%	60%	57%	60%	61%	65%	55%	53%	53%	55%	53%	51%	55%	58%	62%
April	48%	50%	49%	45%	50%	47%	45%	45%	40%	41%	42%	42%	46%	38%	37%	36%	41%
Mai	45%	42%	42%	45%	46%	47%	46%	51%	51%	45%	46%	47%	47%	46%	48%	47%	43%
Juni	9%	9%	12%	13%	14%	16%	15%	14%	16%	16%	14%	12%	12%	12%	12%	11%	16%
Juli	12%	13%	13%	15%	16%	18%	20%	17%	19%	22%	17%	18%	15%	14%	16%	16%	16%
Aug.	17%	17%	16%	13%	18%	16%	16%	16%	15%	14%	16%	17%	16%	16%	16%	15%	15%
Sept.	33%	33%	33%	35%	33%	33%	36%	33%	36%	39%	34%	29%	29%	28%	32%	29%	32%



	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00
Okt.	42%	46%	60%	54%	52%	43%	40%	35%	28%	33%	35%	37%	40%	43%	52%	55%	53%
Nov.	72%	66%	67%	63%	64%	68%	66%	65%	59%	61%	70%	69%	70%	68%	65%	66%	60%
Dez.	74%	67%	67%	64%	67%	65%	64%	63%	68%	73%	71%	69%	71%	71%	69%	69%	71%
Jän.	68%	67%	65%	59%	66%	68%	69%	67%	62%	64%	63%	72%	69%	68%	62%	64%	61%
Febr.	64%	68%	71%	66%	67%	72%	66%	66%	64%	61%	67%	66%	67%	58%	63%	61%	62%
März	54%	51%	49%	50%	52%	50%	55%	55%	49%	51%	54%	54%	59%	51%	51%	52%	54%
April	39%	37%	37%	35%	36%	36%	35%	38%	39%	40%	30%	32%	33%	30%	31%	43%	26%
Mai	42%	46%	49%	50%	46%	45%	49%	44%	44%	41%	40%	43%	45%	46%	48%	43%	43%
Juni	14%	13%	17%	18%	17%	16%	12%	12%	13%	19%	16%	17%	19%	20%	18%	17%	17%
Juli	18%	18%	18%	17%	18%	16%	16%	17%	16%	15%	16%	18%	17%	19%	18%	18%	15%
Aug.	16%	16%	15%	16%	13%	15%	14%	18%	19%	14%	14%	14%	16%	17%	17%	14%	12%
Sept.	32%	28%	27%	32%	32%	28%	25%	27%	26%	26%	27%	28%	28%	28%	36%	25%	26%

	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00	15:10	15:20	15:30	15:40	15:50	16:00	16:10	16:20	16:30	16:40	16:50
Okt.	44%	37%	39%	39%	36%	30%	32%	49%	42%	43%	50%	48%	48%	43%	35%	34%	33%
Nov.	63%	65%	73%	71%	65%	62%	63%	61%	67%	69%	71%	66%	66%	75%	60%	68%	76%
Dez.	70%	68%	67%	67%	65%	67%	69%	74%	70%	70%	76%	77%	73%	68%	68%	74%	69%
Jän.	61%	59%	61%	63%	59%	60%	61%	68%	64%	60%	67%	61%	66%	67%	71%	75%	78%
Febr.	66%	68%	68%	63%	62%	60%	65%	69%	65%	62%	65%	65%	69%	70%	71%	73%	67%
März	49%	50%	49%	53%	51%	34%	48%	49%	48%	49%	48%	50%	56%	52%	48%	46%	47%
April	22%	41%	32%	29%	20%	19%	38%	35%	20%	23%	18%	17%	23%	27%	25%	24%	16%
Mai	45%	48%	45%	41%	35%	39%	43%	43%	42%	39%	46%	45%	43%	37%	42%	43%	45%
Juni	17%	18%	17%	17%	18%	14%	14%	15%	18%	19%	19%	16%	15%	15%	16%	17%	18%
Juli	14%	13%	13%	15%	16%	15%	14%	14%	13%	14%	15%	19%	23%	20%	15%	13%	13%
Aug.	8%	9%	9%	12%	11%	10%	9%	10%	10%	9%	12%	14%	12%	12%	12%	11%	12%
Sept.	27%	31%	33%	29%	24%	25%	27%	28%	24%	25%	23%	25%	23%	22%	21%	19%	22%

	17:00	17:10	17:20	17:30	17:40	17:50	18:00	18:10	18:20	18:30	18:40	18:50	19:00	19:10	19:20	19:30	19:40
Okt.	31%	29%	36%	39%	45%	46%	42%	52%	58%	48%	42%	51%	48%	41%	39%	40%	42%
Nov.	66%	64%	61%	66%	65%	67%	64%	64%	69%	64%	66%	70%	72%	71%	70%	71%	66%
Dez.	73%	72%	68%	69%	72%	70%	72%	68%	72%	77%	77%	72%	71%	70%	75%	75%	74%
Jän.	68%	70%	80%	73%	75%	72%	71%	67%	77%	87%	85%	80%	79%	85%	80%	80%	76%
Febr.	66%	72%	65%	74%	70%	71%	73%	71%	77%	75%	78%	73%	74%	72%	72%	73%	70%
März	53%	48%	50%	51%	61%	56%	53%	59%	63%	63%	63%	62%	61%	57%	60%	68%	66%
April	21%	24%	24%	24%	26%	25%	21%	22%	23%	31%	37%	43%	39%	37%	38%	32%	37%
Mai	43%	40%	42%	44%	44%	39%	40%	44%	46%	47%	45%	47%	44%	47%	46%	49%	47%
Juni	17%	16%	17%	19%	18%	17%	15%	14%	16%	17%	18%	16%	18%	18%	17%	18%	18%
Juli	13%	17%	17%	17%	16%	17%	17%	19%	18%	16%	17%	15%	16%	15%	17%	16%	14%
Aug.	12%	14%	16%	16%	17%	19%	15%	12%	13%	13%	14%	14%	16%	16%	16%	18%	13%
Sept.	24%	25%	24%	22%	24%	29%	23%	21%	21%	27%	24%	19%	26%	29%	34%	27%	31%

	19:50	20:00	20:10	20:20	20:30	20:40	20:50	21:00	21:10	21:20	21:30	21:40	21:50	22:00	22:10	22:20	22:30
Okt.	43%	42%	39%	39%	44%	50%	47%	39%	43%	48%	39%	33%	27%	29%	31%	35%	27%
Nov.	65%	68%	62%	70%	64%	71%	70%	65%	70%	69%	72%	64%	60%	54%	55%	49%	44%
Dez.	72%	72%	71%	75%	76%	72%	79%	72%	74%	66%	67%	67%	69%	58%	54%	51%	50%
Jän.	77%	77%	79%	77%	81%	85%	85%	77%	79%	81%	76%	73%	65%	59%	65%	58%	55%
Febr.	73%	74%	72%	73%	70%	72%	70%	71%	66%	64%	66%	69%	67%	67%	61%	57%	53%
März	64%	55%	54%	58%	58%	57%	61%	71%	74%	73%	64%	57%	58%	57%	50%	47%	48%
April	40%	43%	41%	39%	38%	43%	43%	35%	39%	35%	37%	37%	45%	39%	33%	38%	36%
Mai	44%	48%	52%	51%	49%	50%	50%	45%	46%	59%	63%	62%	56%	48%	41%	37%	31%
Juni	15%	16%	17%	17%	19%	21%	25%	23%	17%	17%	16%	17%	19%	18%	20%	20%	18%
Juli	15%	17%	18%	17%	17%	16%	17%	19%	17%	17%	15%	14%	15%	17%	17%	17%	16%
Aug.	15%	17%	13%	15%	15%	21%	31%	34%	32%	24%	29%	28%	24%	22%	24%	19%	19%
Sept.	31%	29%	30%	32%	28%	33%	31%	33%	34%	35%	31%	29%	28%	29%	36%	31%	28%

	22:40	22:50	23:00	23:10	23:20	23:30	23:40	23:50
Okt.	27%	30%	43%	45%	50%	46%	40%	37%
Nov.	49%	58%	52%	47%	52%	47%	46%	48%
Dez.	55%	52%	52%	55%	52%	51%	52%	42%
Jän.	61%	55%	53%	50%	59%	53%	54%	57%
Febr.	53%	51%	51%	49%	50%	51%	49%	45%
März	44%	46%	46%	49%	50%	42%	37%	38%
April	43%	25%	26%	25%	33%	37%	30%	25%
Mai	28%	33%	27%	34%	39%	40%	41%	42%
Juni	16%	16%	18%	18%	15%	15%	15%	17%
Juli	16%	16%	14%	15%	15%	14%	14%	14%
Aug.	21%	16%	16%	18%	14%	12%	15%	12%
Sept.	25%	26%	33%	28%	25%	27%	25%	26%







Tabelle T5: Aufteilung der Primärenergie bei einer geforderten Leistung von 15,337MW

	Oktober		November		Dezember		Jänner		Februar		März	
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%
<b>Abwärme</b>	949,60	22,41%	834,10	11,95%	715,10	9,17%	612,70	7,75%	728,30	10,99%	939,70	16,03%
<b>Biomasse</b>	3.196,97	75,45%	4.303,30	61,63%	4.461,33	57,21%	4.464,00	56,48%	4.014,89	60,60%	4.171,86	71,14%
<b>Gaskessel</b>	90,40	2,13%	1.845,42	26,43%	2.622,15	33,62%	2.822,53	35,71%	1.882,47	28,41%	752,38	12,83%

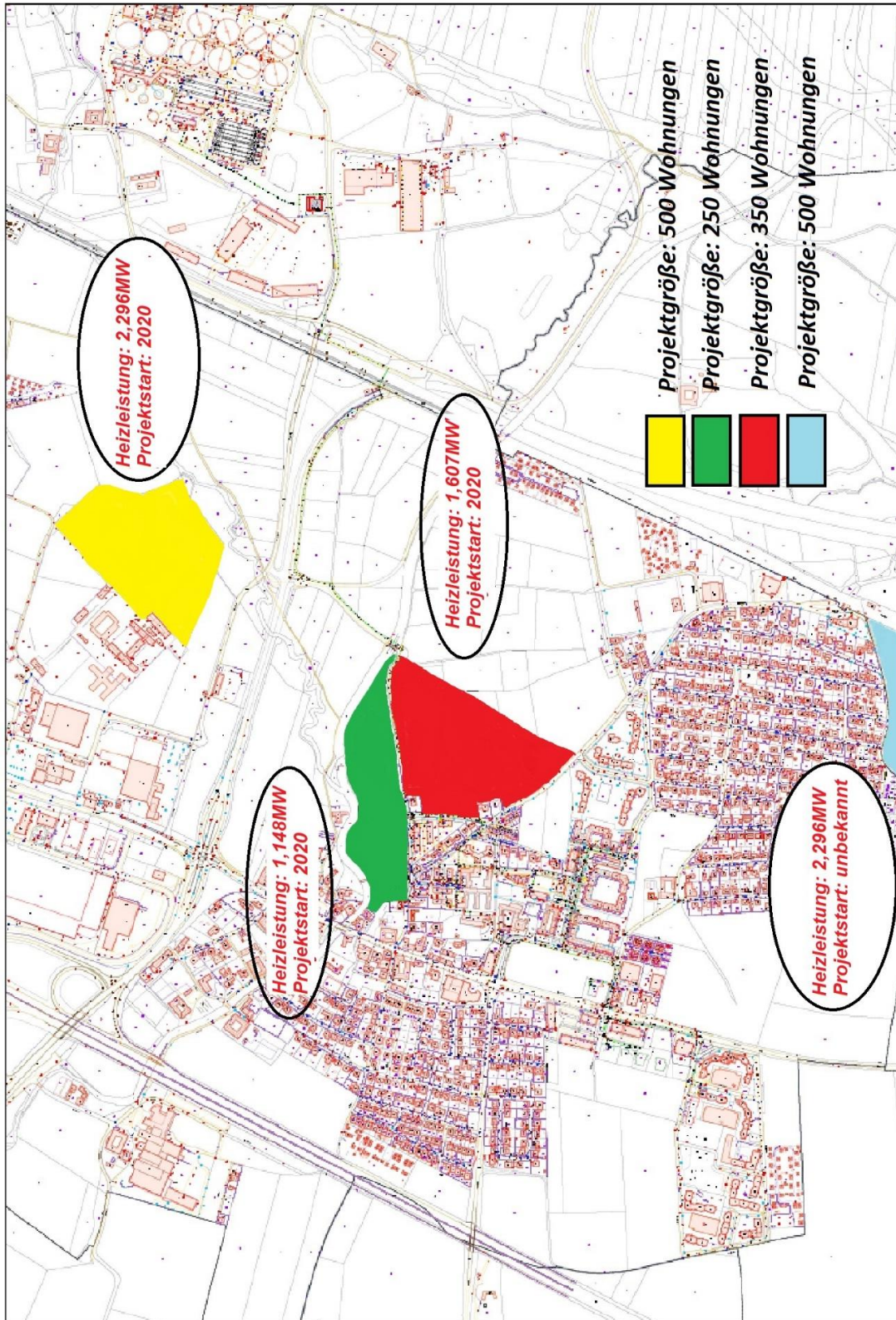
	April		Mai		Juni		Juli		August		September	
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%
<b>Abwärme</b>	885,50	22,96%	862,40	33,29%	492,10	50,42%	482,80	49,77%	485,10	50,01%	649,70	38,22%
<b>Biomasse</b>	2.909,88	75,45%	1.728,44	66,71%	483,81	49,58%	487,32	50,23%	484,94	49,99%	1.050,21	61,78%
<b>Gaskessel</b>	61,43	1,59%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%

	Jahressumme	
	MWh	%
<b>Abwärme</b>	8.637,10	17,11%
<b>Biomasse</b>	31.756,96	62,92%
<b>Gaskessel</b>	10.076,76	19,97%

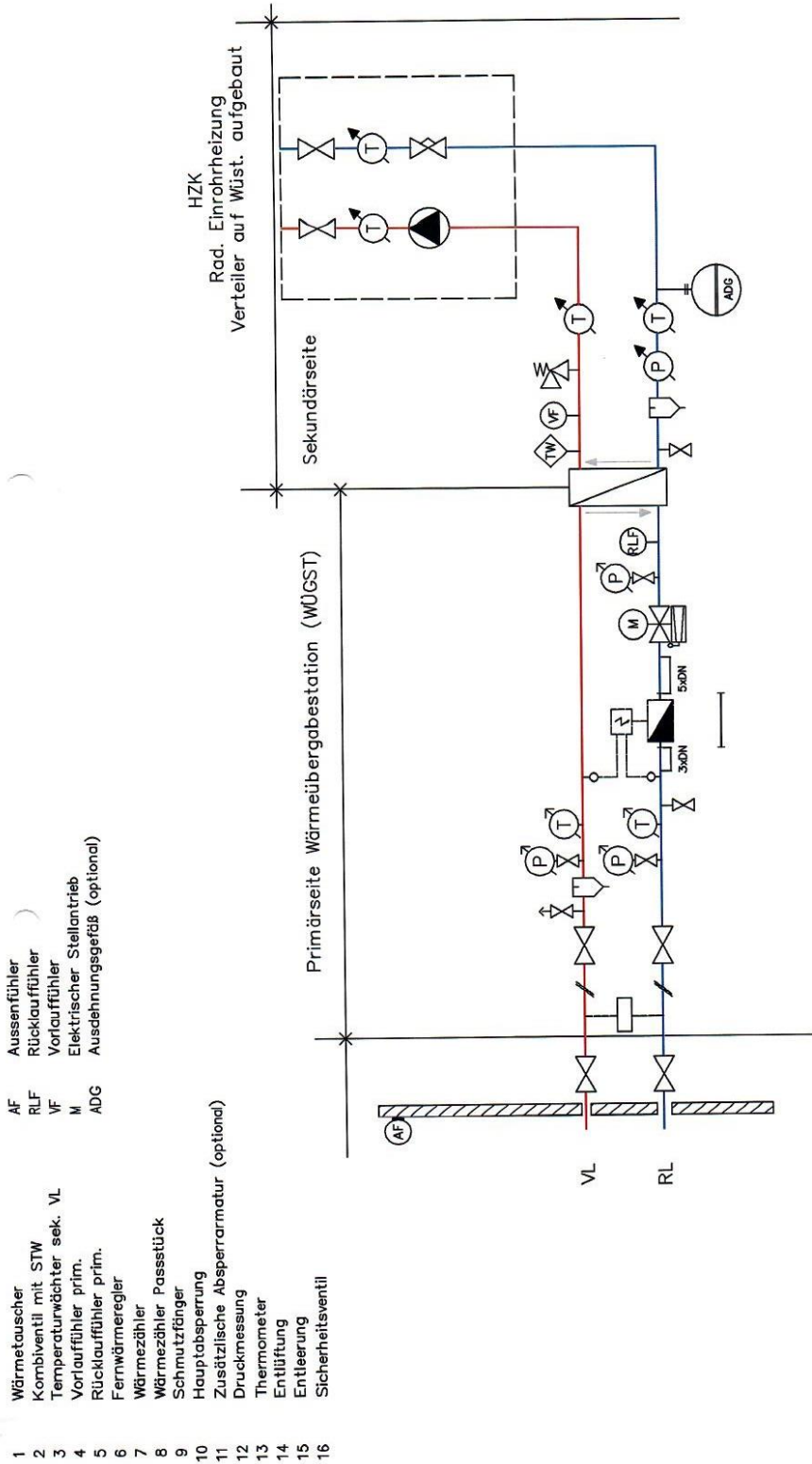


# Anhang

## Anhang 1: geplante Projekte und Ausführungszeitraum



Anhang 2: neue Heizungsunterstation Norikum

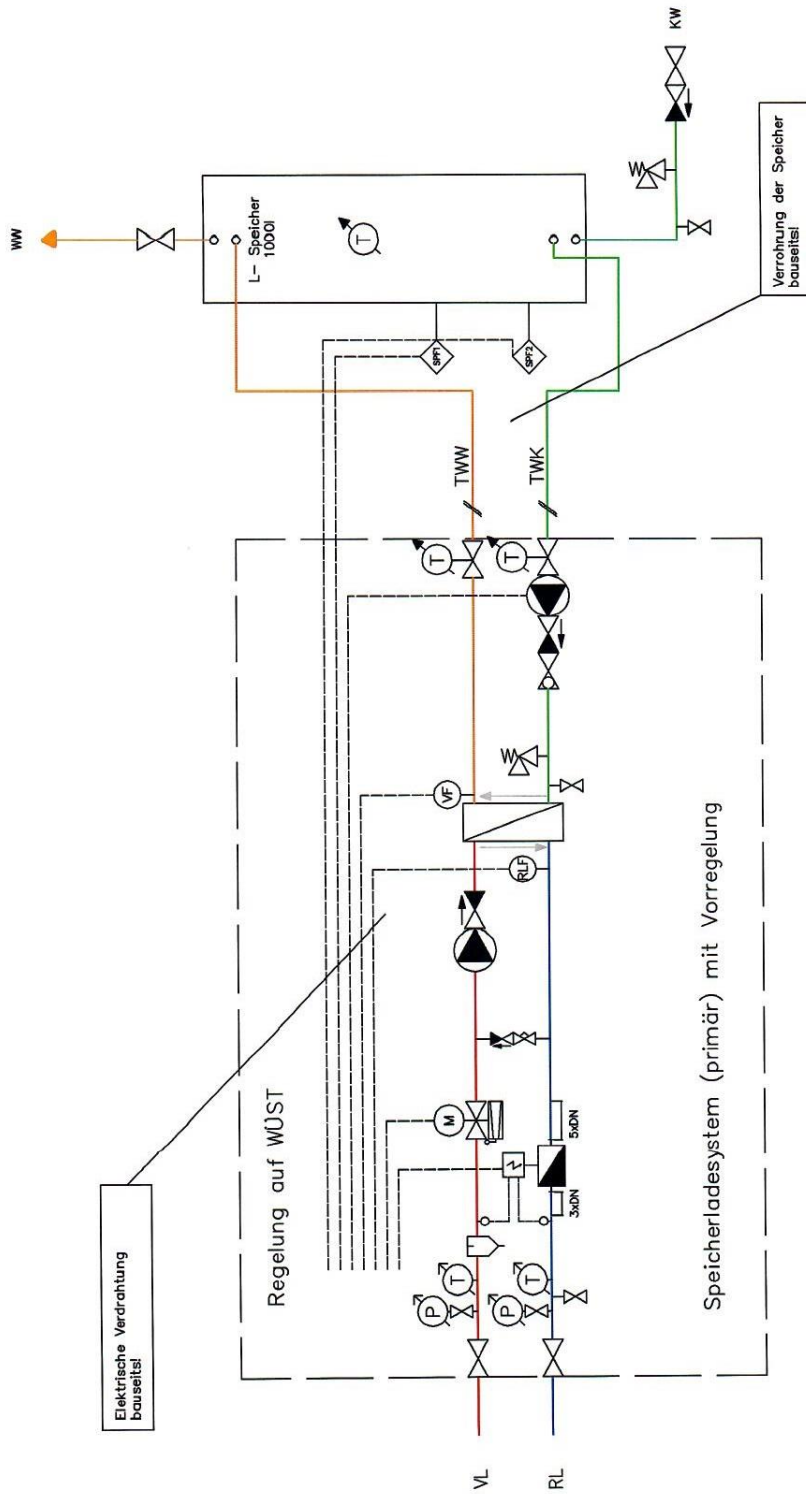



- AF Ausenfühler
- RLF Rücklauffühler
- VF Vorlauffühler
- M Elektrischer Stellantrieb
- ADG Ausdehnungsgefäß (optional)

- 1 Wärmetauscher
- 2 Kombiventil mit STW
- 3 Temperaturwächter sek. VL
- 4 Vorlauffühler prim.
- 5 Rücklauffühler prim.
- 6 Fernwärmeregler
- 7 Wärmezähler
- 8 Wärmezähler Passstück
- 9 Schmutzfänger
- 10 Hauptabspernung
- 11 Zusätzliche Absperrarmatur (optional)
- 12 Druckmessung
- 13 Thermometer
- 14 Entlüftung
- 15 Entleerung
- 16 Sicherheitsventil

Fließbild	WÜST. mit Heizkreis	Noricumstrasse 9, Noricumriedlung, Asten	
		Achtung! Für die Installation muss das anlagenbezogene Schema verwendet werden!	
		Datum	Name
		Veranlon	

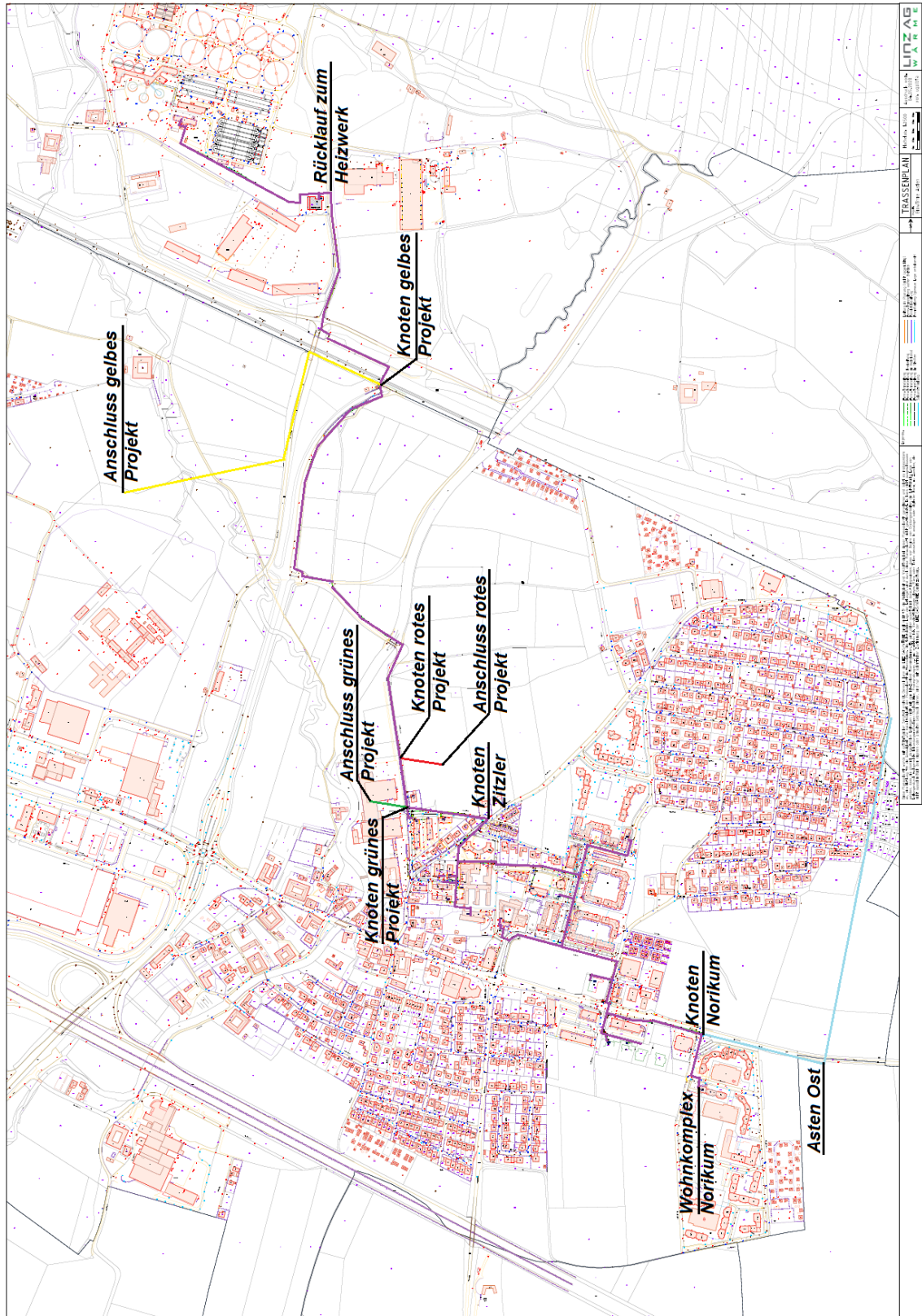
Anhang 3: neue Warmwasserunterstation Norikum



Fließbild	WWB 100 KW	Norikumstrasse 9, Noricumsiedlung, Asten		
			Datum	Name



# Anhang 4: Übersichtsplan Knotenpunkte:



## Anhang 5: Optimierung durch Rücklaufnutzung:

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	70,00 °C
Wassermenge:	190,45 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauftemperatur:	70,00 °C
Rücklauf:	50,00 °C
Wassermenge:	98,63 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	91,82 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	70,00 °C
Asten Ost:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	50,00 °C
Menge:	190,45 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	59,64 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum	190,45 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	59,64 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	350,78 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	59,81 °C

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	59,81 °C
Vorlauf grünes Projekt:	70,00 °C
Rücklaufgrünes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	29,36 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	321,41 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	59,81 °C
Menge grünes Projekt:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	370,73 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	58,50 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	58,50 °C
Vorlauf rotes Projekt:	70,00 °C
Rücklaufauftemperatur rotes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten rotes Projekt:	39,08 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	331,65 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	58,50 °C
Menge rotes Projekt:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur rotes Projekt:	50,00 °C
Menge:	400,69 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	57,04 °C

### gelbes Projekt

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten gelbes Projekt:	57,04 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	70,00 °C
Rücklauftemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten gelbes Projekt:	52,91 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt:	347,78 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	57,04 °C
Menge gelbes Projekt:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C

Wassermenge ist:	446,41 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	55,48 °C

maximale Wassermenge Soll:	361,92 m <sup>3</sup> /h
Abweichung:	23,35%

## Anhang 6: Optimierung durch Rücklaufnutzung und zentrale Warmwasserbereitung:

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	70,00 °C
Wassermenge:	190,45 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauftemperatur:	70,00 °C
Rücklauf:	50,00 °C
Wassermenge:	98,63 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	91,82 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	70,00 °C
Asten Ost:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	50,00 °C
Menge:	190,45 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	59,64 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	190,45 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	59,64 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	350,78 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	59,81 °C

### grünes Projekt

Leistung:	875,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	59,81 °C
Vorlauf grünes Projekt:	70,00 °C
Rücklauftemperatur grünes Projek	50,00 °C
Gesamtmenge:	37,59 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	22,38 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	328,40 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	59,81 °C
Menge grünes Projekt:	37,59 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	365,99 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	58,80 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.225,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	58,80 °C
Vorlauf rotes Projekt:	70,00 °C
Rücklauftemperatur rotes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	52,63 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten rotes Projekt:	30,13 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	335,86 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	58,80 °C
Menge rotes Projekt:	52,63 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	388,48 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	57,61 °C

### gelbes Projekt

Leistung	1.750,00 kW
Vorlauf von Heizwerk	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt	57,61 °C
Vorlauf gelbes Projekt	70,00 °C
Rücklauftemperatur gelbes Projekt	50,00 °C
Gesamtmenge:	75,18 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten gelbes Projekt:	41,17 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt	347,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	57,61 °C
Menge gelbes Projekt:	75,18 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C

Menge:	422,50 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	56,25 °C

maximale Wassermenge Soll:	361,92 m <sup>3</sup> /h
Abweichung:	16,74%

## Anhang 7: Optimierung durch Rücklaufnutzung und Umbau Wohnkomplex Norikum:

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	55,00 °C
Wassermenge:	95,23 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Norikum:	55,00 °C
Vorlauf Asten Ost:	70,00 °C
Rücklauf Asten Ost:	50,00 °C
Gesamtmenge:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Menge von Norikum:	49,32 m <sup>3</sup> /h

### Mischtemperatur Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	45,91 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	55,00 °C
Asten Ost:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	50,00 °C
Menge:	144,54 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	51,59 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	144,54 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	51,59 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	304,87 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	56,01 °C

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	56,01 °C
Vorlauf grünes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf von grünen Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	25,52 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	279,35 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	56,0117201
Menge grünes Projekt:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	328,67 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	55,11 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt	55,11 °C
Vorlauf grünes Projekt	70,00 °C
Rücklauf grünes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	34,64 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	294,02 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	55,11 °C
Menge rotes Projekt Projekt:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	363,06 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	54,1380325

### gelbes Projekt

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	54,14 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf gelbes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	47,94 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt	315,12 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	54,14 °C
Menge gelbes Projekt:	98,63 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C

Menge:	413,75 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	53,15 °C

maximale Wassermenge Soll:	361,92
Abweichung:	14,32%

## Anhang 8: Projektphase 1 ohne Optimierung Wohnkomplex Norikum:

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	70,00 °C
Wassermenge:	190,45 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Norikum:	55,00 °C
Vorlauf Asten Ost:	70,00 °C
Rücklauf Asten Ost:	50,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von Norikum:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Mischtemperatur Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	190,45 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf Norikum:	70,00 °C
Asten Ost:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf Asten Ost:	50,00 °C
Menge:	190,453461
Mischtemperatur	70,00 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf Norikum:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	190,45 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Norikum	70,00 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	350,776325
Mischtemperatur:	65,4294845

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	65,4294845
Vorlauf grünes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf:	50,00 °C
Gesamtmenge:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	37,80 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	312,98 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	65,43 °C
Menge rotes Projekt:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperaturrotes Projekt:	50,00 °C
Menge:	362,29 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	63,33 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	63,33 °C
Vorlauf rotes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf rotes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	47,78 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	314,51 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	63,33 m <sup>3</sup> /h
Menge rotes Projekt:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur rotes Projekt:	50,00 °C
Menge:	383,54 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	60,929974

### gelbes Projekt

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	60,93 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf gelbes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt:	383,54 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	60,93 °C
Menge gelbes Projekt:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C

Menge	383,54 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	60,93 m <sup>3</sup> /h

maximale Wassermenge Soll:	287,40 m <sup>3</sup> /h
Abweichung:	33,45%

## Anhang 9: Projektphase 1 mit Optimierung Wohnkomplex Norikum:

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	55,00 °C
Wassermenge:	95,23 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Norikum:	55,00 °C
Vorlauf Asten Ost:	70,00 °C
Rücklauf Asten Ost:	50,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von Norikum:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Mischtemperatur Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	95,23 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf Norikum:	55,00 °C
Asten Ost:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf Asten Ost:	50,00 °C
Menge:	95,2267303
Mischtemperatur	55,00 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf Norikum:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	95,23 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Norikum:	55,00 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	255,549594
Mischtemperatur:	58,1368249

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	58,1368249
Vorlauf grünes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf:	50,00 °C
Gesamtmenge:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	27,54 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	228,01 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	58,14 °C
Menge rotes Projekt:	49,32 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperaturrotes Projekt:	50,00 °C
Menge:	277,33 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	56,69 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	56,69 °C
Vorlauf rotes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf rotes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	36,58 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	240,75 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	56,69 m <sup>3</sup> /h
Menge rotes Projekt:	69,04 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur rotes Projekt:	50,00 °C
Menge:	309,79 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	55,1990211

### gelbes Projekt

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	55,20 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	70,00 °C
Rücklauf gelbes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt:	309,79 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	55,20 °C
Menge gelbes Projekt:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur gelbes Projekt:	50,00 °C

Menge	309,79 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	55,20 m <sup>3</sup> /h

maximale Wassermenge Soll:	287,40 m <sup>3</sup> /h
Abweichung:	7,79%



## Anhang 10: Alle Neuanschlüsse und Wohnkomplex Norikum mit Wärmepumpen

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	34,00 °C
Wassermenge:	56,02 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Norikum:	34,00 °C
Vorlauf Asten Ost:	85,00 °C
Rücklauf Asten Ost:	34,00 °C
Gesamtmenge:	38,68 m <sup>3</sup> /h
Menge von Norikum:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Mischtemperatur Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	56,02 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	34,00 °C
Asten Ost:	38,68 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	34,00 °C
Menge:	94,70 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	34,00 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	94,70 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	34,00 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	255,02 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	50,35 °C

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	50,35 °C
Vorlauf grünes Projekt:	50,35 °C
Rücklauf von grünen Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	60,34 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	60,34 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	194,67 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	50,3454323
Menge grünes Projekt:	60,34 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	34,00 °C
Menge:	255,02 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	46,48 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt	46,48 °C
Vorlauf rotes Projekt	46,48 °C
Rücklauf rotes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	110,65 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	110,65 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	144,36 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	46,48 °C
Menge rotes Projekt Projekt:	110,65 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	34,00 °C
Menge:	255,02 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	41,0635153

### gelbes Projekt

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	41,06 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	41,06 °C
Rücklauf gelbes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	258,41 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	255,02 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	41,06 °C
Menge gelbes Projekt:	258,41 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	34,00 °C

Menge:	258,41 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	34,00 °C

maximale Wassermenge Soll:	287,4
Abweichung:	-10,09%

## Anhang 11: Neuanschlüsse mit Wärmepumpen und Optimierung Wohnkomplex Norikum

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	55,00 °C
Wassermenge:	95,23 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauftemperatur:	55,00 °C
Rücklauf:	34,00 °C
Wassermenge:	93,94 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	1,29 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	55,00 °C
Asten Ost:	93,94 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	34,00 °C
Menge:	95,23 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	34,28 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	95,23 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	34,28 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	255,55 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	50,42 °C

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	50,42 °C
Vorlauf grünes Projekt:	50,42 °C
Rücklaufgrünes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	60,08 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	60,08 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	195,47 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	50,42 °C
Menge grünes Projekt:	60,08 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur grünes Projekt:	34,00 °C
Menge:	255,55 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	46,56 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	46,56 °C
Vorlauf rotes Projekt:	46,56 °C
Rücklaufaufstemperatur rotes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	109,95 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten rotes Projekt:	109,95 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	145,60 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	46,56 °C
Menge rotes Projekt:	109,95 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur rotes Projekt:	34,00 °C
Menge:	255,55 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	41,15 °C

### gelbes Projekt

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten gelbes Projekt:	41,15 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	41,15 °C
Rücklauftemperatur gelbes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	258,41 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	255,55 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt:	2,86 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	41,15 °C
Menge gelbes Projekt:	258,41 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	34,00 °C

Wassermenge ist:	261,27 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	34,08 °C

maximale Wassermenge Soll:	287,40 m <sup>3</sup> /h
Abweichung:	-9,09%



## Anhang 12: Projekte 2020 konventionell, Norikum mit Wärmepumpe

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	34,00 °C
Wassermenge:	56,02 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Norikum:	34,00 °C
Vorlauf Asten Ost:	85,00 °C
Rücklauf Asten Ost:	34,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von Norikum:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Mischtemperatur Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	56,02 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	34,00 °C
Asten Ost:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	34,00 °C
Menge:	56,02 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	34,00 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	56,02 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	34,00 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	216,34 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	53,27 °C

### grünes Projekt

Leistung:	1.148,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	53,27 °C
Vorlauf grünes Projekt:	85,00 °C
Rücklauf von grünen Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	28,18 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	216,34 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	53,2679194
Menge grünes Projekt:	28,18 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	244,52 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	52,89 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.607,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt	52,89 °C
Vorlauf rotes Projekt	85,00 °C
Rücklauf rotes Projekt:	50,00 °C
Gesamtmenge:	39,45 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	0,00 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	244,52 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	52,89 °C
Menge rotes Projekt Projekt:	39,45 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	283,97 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	52,4896276

### gelbes Projekt

Leistung:	0,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	52,49 °C
Vorlauf gelbes Projekt:	52,49 °C
Rücklauf gelbes Projekt:	34,00 °C
Gesamtmenge:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Menge von roten Knoten:	283,97 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt	283,97 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	52,49 °C
Menge gelbes Projekt:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücktemperatur gelbes Projekt:	34,00 °C

Menge:	283,97 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	52,49 °C

maximale Wassermenge Soll:	287,4
Abweichung:	-1,19%

## Anhang 13: Idealisierter Anlagenzustand

### Versorgung Norikum

Leistung:	3.325,00 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	50,00 °C
Wassermenge:	81,62 m <sup>3</sup> /h

### Versorgung Asten Ost

Leistung:	2.296,00 kW
Vorlauftemperatur:	50,00 °C
Rücklauf:	40,00 °C
Wassermenge:	197,27 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Norikum

Restmenge Norikum:	0,00 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	50,00 °C
Asten Ost:	107,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauf:	40,00 °C
Menge:	107,32 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur	40,00 °C

Leistung Bestandsnetz:	7.989,95 kW
abzgl. Norikum:	3.325,00 kW
verbleibende Leistung:	4.664,95 kW
Vorlauftemperatur:	85,00 °C
Rücklauf:	60,00 °C
Menge:	160,32 m <sup>3</sup> /h

### Knotenpunkt Zitzler

Bestandsnetzmenge:	160,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	60,00 °C
Menge Knotenpunkt Norikum:	107,32 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur:	40,00 °C
Menge Knotenpunkt Zitzler:	267,65 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	51,98 °C

### grünes Projekt

Leistung:	875,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten Zitzler:	51,98 °C
Vorlauf grünes Projekt:	50,00 °C
Rücklauftemperatur grünes Projek	40,00 °C
Gesamtmenge:	75,18 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten Zitzler:	62,75 m <sup>3</sup> /h

### Knoten rotes Projekt:

verbleibende Menge Knoten Zitzler:	204,89 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten Zitzler:	51,98 °C
Menge grünes Projekt:	62,75 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	267,65 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	51,52 °C

### rotes Projekt

Leistung:	1.225,00 kW
Vorlauf von Heizwerk:	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt:	51,52 °C
Vorlauf rotes Projekt:	50,00 °C
Rücklauftemperatur rotes Projekt:	40,00 °C
Gesamtmenge:	105,25 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten rotes Projekt:	91,40 m <sup>3</sup> /h

### Knoten gelbes Projekt

verbleibende Menge Knoten rotes Projekt:	176,25 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten rotes Projekt:	51,52 °C
Menge rotes Projekt:	91,40 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur grünes Projekt:	50,00 °C
Menge:	267,65 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	51,00 °C

### gelbes Projekt

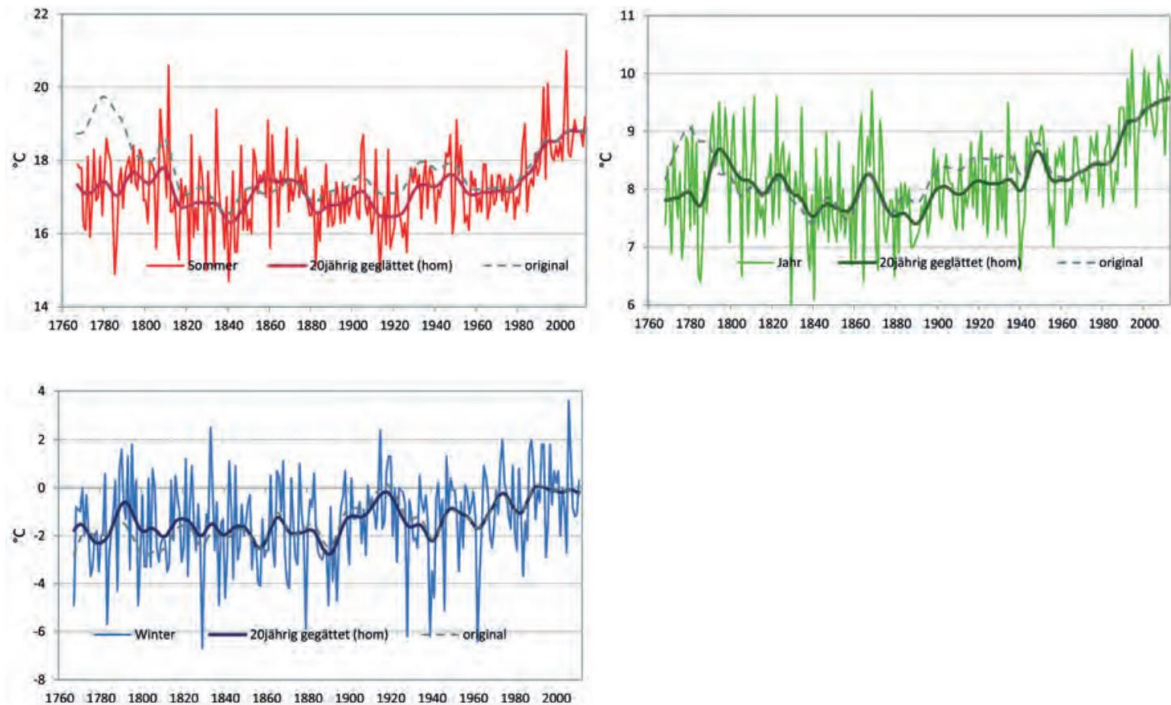
Leistung	1.750,00 kW
Vorlauf von Heizwerk	85,00 °C
Vorlauf von Knoten rotes Projekt	51,00 °C
Vorlauf gelbes Projekt	50,00 °C
Rücklauftemperatur gelbes Projekt	40,00 °C
Gesamtmenge:	150,36 m <sup>3</sup> /h
Menge von Knoten gelbes Projekt:	136,71 m <sup>3</sup> /h

### Rücklauf zum Heizwerk

verbleibende Menge Knoten gelbes Projekt	130,93 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur Knoten gelbes Projekt:	51,00 °C
Menge gelbes Projekt:	136,71 m <sup>3</sup> /h
Rücklauftemperatur gelbes Projekt:	40,00 °C
Menge:	267,65 m <sup>3</sup> /h
Mischtemperatur:	45,38 °C

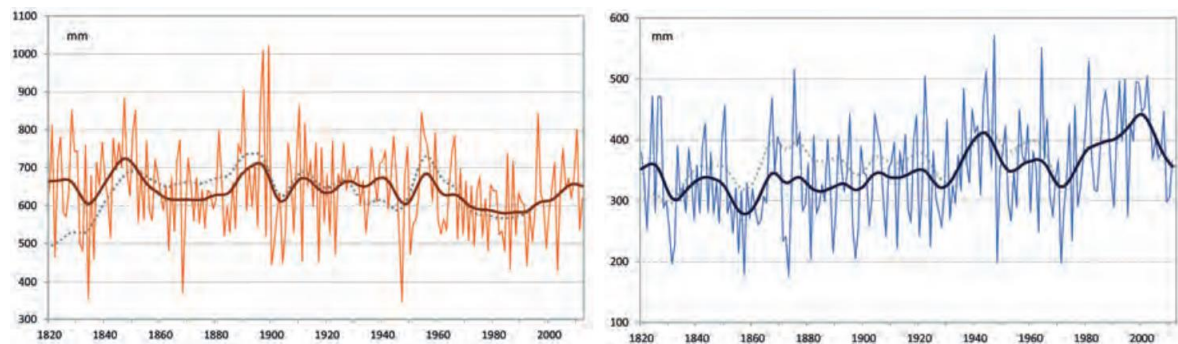
## Anhang 14: Zeitreihen der Lufttemperatur in Kremsmünster <sup>[51]</sup>

von links oben, im Uhrzeigersinn: für Sommer (Jun1-August), Jahr und Winter (Dezember-Februar), Einzelwerte und 20-jährig geglättet, grau strichliert: Originalwerte 20-jährig geglättet.



## Anhang 15: Zeitreihen der Niederschlagssummen im Sommer- und Winterhalbjahr <sup>[51]</sup>

April – September, Oktober bis März in Kremsmünster. Einzelwerte und 20-jährig geglättet, grau strichliert: Originalwerte 20-jährig geglättet



## ANHANG VI

**REGELN FÜR DIE BERECHNUNG DES BEITRAGS VON BIOMASSE-BRENNSTOFFEN UND DES  
ENTSPRECHENDEN VERGLEICHSWERTS FÜR FOSSILE BRENNSTOFFE ZUM TREIBHAUSEFFEKT**

A. Typische Werte und Standardwerte für Treibhausgaseinsparungen für Biomasse-Brennstoffe bei Produktion ohne Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen

HOLZSCHNITZEL					
Biomasse-Brennstoff-Produktionssystem	Transport-entfernung	Typische Werte für die Minderung von Treibhausgasemissionen		Standardwerte für die Minderung von Treibhausgasemissionen	
		Wärme	Elektrizität	Wärme	Elektrizität
Holzschnitzel aus forstwirtschaftlichen Reststoffen	1 bis 500 km	93 %	89 %	91 %	87 %
	500 bis 2 500 km	89 %	84 %	87 %	81 %
	2 500 bis 10 000 km	82 %	73 %	78 %	67 %
	Über 10 000 km	67 %	51 %	60 %	41 %
Holzschnitzel aus Niederwald mit Kurzumtrieb (Eukalyptusholz)	2 500 bis 10 000 km	77 %	65 %	73 %	60 %
Holzschnitzel aus Niederwald mit Kurzumtrieb (Pappelholz, gedüngt)	1 bis 500 km	89 %	83 %	87 %	81 %
	500 bis 2 500 km	85 %	78 %	84 %	76 %
	2 500 bis 10 000 km	78 %	67 %	74 %	62 %
	Über 10 000 km	63 %	45 %	57 %	35 %
Holzschnitzel aus Niederwald mit Kurzumtrieb (Pappelholz, ungedüngt)	1 bis 500 km	91 %	87 %	90 %	85 %
	500 bis 2 500 km	88 %	82 %	86 %	79 %
	2 500 bis 10 000 km	80 %	70 %	77 %	65 %
	Über 10 000 km	65 %	48 %	59 %	39 %
Holzschnitzel aus Stammholz	1 bis 500 km	93 %	89 %	92 %	88 %
	500 bis 2 500 km	90 %	85 %	88 %	82 %
	2 500 bis 10 000 km	82 %	73 %	79 %	68 %
	Über 10 000 km	67 %	51 %	61 %	42 %
Holzschnitzel aus Industriereststoffen	1 bis 500 km	94 %	92 %	93 %	90 %
	500 bis 2 500 km	91 %	87 %	90 %	85 %
	2 500 bis 10 000 km	83 %	75 %	80 %	71 %
	Über 10 000 km	69 %	54 %	63 %	44 %

Anhang 17: Pumpenkennlinie NK-80/315

16

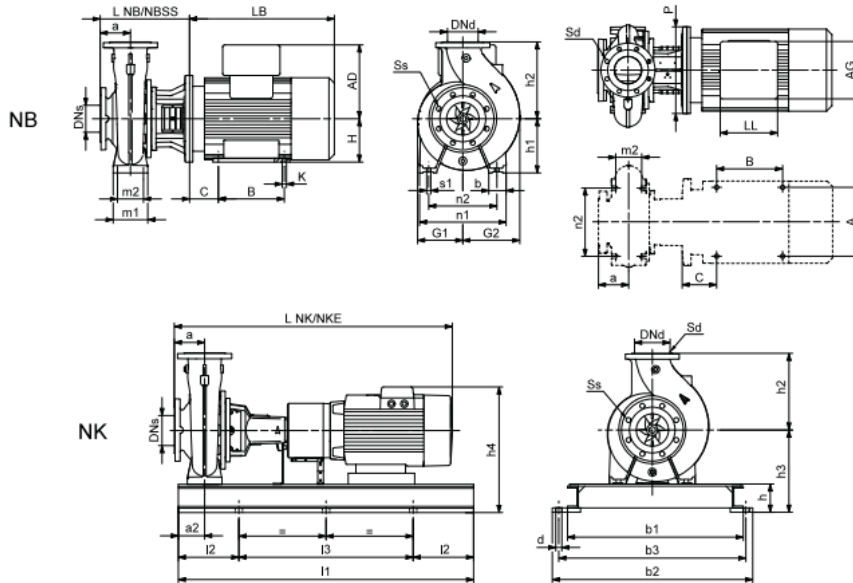
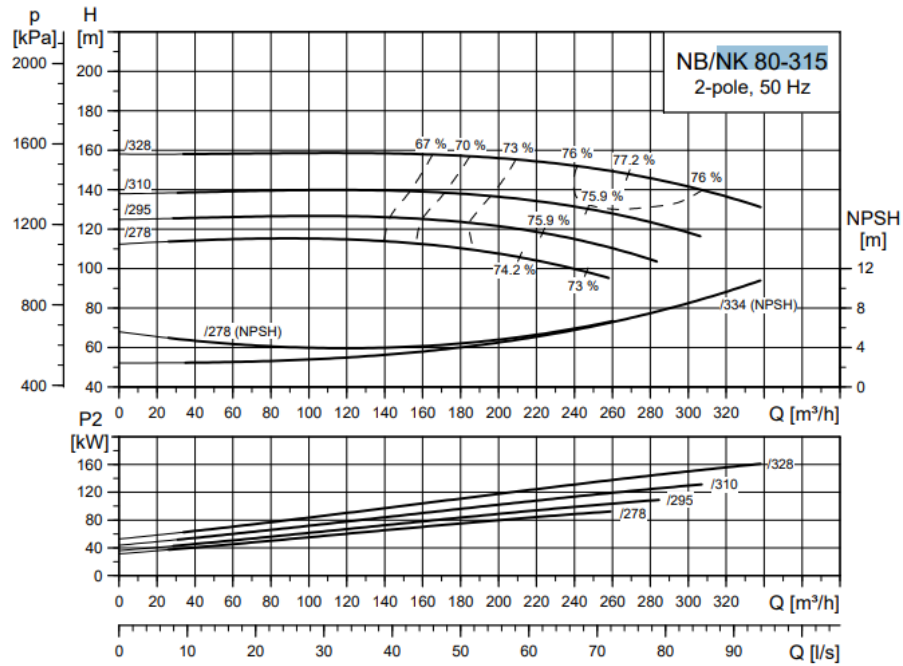
Performance curves and technical data  
2-pole

NB, NBE, NK, NKE

2-pole

NB, NK 80-315

Rechteckiges Ausscheiden



TM03 5106 4312

TM03 4182 4106

TM03 4051 1806

## Erklärung

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.

Mittweida, 10.09.2020