

# Bioenergie-Kraft-Wärme-Kälte- Kopplung-Versorgung

R. Krottil, A. Ragossnig

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**56/2009**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Bioenergie-Kraft-Wärme-Kälte- Kopplung-Versorgung

Prof.(FH) DI Dr. Richard Krotil,  
Prof.(FH) DI Dr. Arne Ragossnig,  
Fachhochschulstudiengänge Burgenland GmbH

DI (FH) Christian Pinter, DI (FH) Werner Stutterecker  
Forschung & Technologietransfer Pinkafeld GmbH

Ing. Erich Seper  
TB Ing. Leo Riebenbauer GmbH

Pinkafeld, Oktober 2009

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage [www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at](http://www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at) und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung / Abstract .....	1
2. Projektabriss .....	3
2.1 Ausgangssituation .....	3
2.2 Inhalte und Zielsetzung .....	4
2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	5
2.4 Ausblick .....	6
3. Einleitung .....	7
4. Ziele des Projektes.....	9
5. Inhalte und Ergebnisse des Projektes.....	11
5.1 Kältepotentialerhebung.....	11
5.1.1 Datenerhebung .....	11
5.1.2 Statistische Auswertungsmethode.....	17
5.1.3 Potentialtabelle und Kältepotential .....	19
5.1.4 Ergebnisse.....	21
5.2 Bioenergiebetriebene KWK-Systeme und deren Erweiterung zur KWKK .....	24
5.2.1 Energiebereitstellungs-, -verteilungs- und -abgabesysteme.....	24
5.2.2 Ist – Zustand der KWK-Systeme .....	33
5.2.3 Sorptionstechnik .....	40
5.2.4 Systemintegration und Schnittstellenoptimierung.....	41
5.2.5 Arten der Systemintegration der KWK-Systeme.....	49
5.3 Bewertung der bioenergiebetriebenen KWKK-Systeme.....	53
5.3.1 Bewertungsmodelle .....	53
5.3.2 Bewertungstool.....	61
5.3.3 Bewertung.....	76
5.3.4 Ergebnisse.....	90
5.4 Kältecontracting - Umsetzungsmodelle .....	91
5.4.1 Kältecontracting .....	91
5.4.2 Modelle .....	93
5.4.3 Contractorspezifikationen .....	101
5.4.4 Finanzierung .....	104
5.4.5 Kältebedarf .....	109
5.4.6 Projektlauf.....	111
5.4.7 Kälte-Einspar-Contracting.....	113
5.4.8 Ergebnisse.....	115
5.5 Informationsverbreitung.....	116

6.	Bezug auf die Ziele der Programmlinie .....	117
6.1	Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie .....	117
6.2	Einbeziehung der Zielgruppen.....	117
6.3	Beschreibung der Umsetzungs-Potentiale .....	118
6.4	Potential für Demonstrationsvorhaben .....	118
7.	Schlussfolgerungen.....	119
8.	Ausblick und Empfehlungen.....	120
9.	Literaturverzeichnis .....	121
10.	Anhang .....	125

# 1. Kurzfassung / Abstract

Aufgrund des Nachteils der fehlenden Wärmeabnahme bioenergiebetriebener Anlagen im Sommer (Hitzeperiode) wird versucht anhand von drei konkreten KWK-Anlagen aufzuzeigen, wie dieser wirtschaftliche Nachteil bei KWK-Systemen durch eine Anlagenerweiterung abgedeckt werden könnte.

Eine derartige Anlagenerweiterung muss jedoch gut durchdacht werden, da nicht nur die Auslastung in den Sommermonaten für die Anlagenbetreiber im Hinblick auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage von entscheidender Bedeutung ist. Aus diesem Grund liegen die Schwerpunkte dieses Projektes auf der Erstellung von Werkzeugen und Modellen, durch deren Anwendung der jeweilige Entscheidungsträger eine grobe Abschätzung über die technische Realisierbarkeit seines Vorhabens und über die energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Anlagenerweiterung erhält. Diese Tools sollen den Energiebereitsteller bei seiner Entscheidungsfindung unterstützen.

Zur Generierung derartiger Werkzeuge und Modelle bedarf es jedoch einer fundierten Datengrundlage. Zu diesem Zweck wurden neben den entsprechenden Energiebereitstellern auch die im Einzugsbereich des Versorgungsnetzes befindlichen Abnehmer in das Projekt miteinbezogen. Dies soll zum einen die Akzeptanz der Kundengruppen gegenüber dieser Technologie erhöhen und zum anderen eine Berücksichtigung der Bedürfnisse und der speziellen Rahmenbedingungen dieser Kundensegmente bei der Erstellung der Werkzeuge und Modelle ermöglichen. Um bei etwaig notwendigen Adaptierungen von Hausanlagen auf ausreichende Praxiserfahrung zurückgreifen zu können wurden die ausführende Firma KLG – Austria als Konsortialpartner und als Planer das Technische Büro Riebenbauer als Werkvertragspartner in das Projekt miteinbezogen.

Im zweiten Arbeitsschritt wurde ein Werkzeug erstellt, welches dem Anlagenbetreiber eine grobe Abschätzung des regionalen Kältepotentials ermöglicht. Um ein derartiges Werkzeug erstellen zu können benötigt man eine fundierte Datengrundlage, die im Zuge des Arbeitspaketes 2 geschaffen wurde.

Im dritten Arbeitspaket wurden die KWK-Systeme und die notwendigen Adaptierungen aus technischer Sicht durchleuchtet. Das Ziel dieses Forschungsschwerpunktes ist es, den Stand der Technik im Bereich der bioenergiebetriebenen KWK-Systeme, sowie im Bereich thermisch betriebener Kälteanlagen (Sorptionskälteanlagen) aufzuzeigen und auf Basis dieser Erkenntnisse Vorschläge hinsichtlich möglicher Adaptierungen zu entwickeln. Das Ergebnis dieses Schwerpunktes ist ein Werkzeug, welches den Entscheidungsträgern bei der Abschätzung der technischen Realisierbarkeit des Erweiterungsvorhabens unterstützt.

Im vierten Arbeitsschritt wird die Systemintegration einer Bewertung unterzogen, wobei neben den energetischen Aspekten auch die ökologischen und ökonomischen Aspekte berücksichtigt werden. Die Bewertung der Systemintegration aus energetischer Sicht wird anhand eines mathematischen Modells, welches das zu betrachtende System in ausreichender Genauigkeit widerspiegelt durchgeführt. Es wird im Prinzip ein Vergleich des IST-Zustandes mit dem Plan-SOLL-Zustand der erweiterten Anlage durchgeführt. Die ökonomische Betrachtung der Systemintegration wird zunächst auf Basis der Anlagendaten durchgeführt. In weiterer Folge wird die Wirtschaftlichkeit der gewählten Anlage mit einer herkömmlichen Kompressionskälteanlage verglichen. Bei der ökologischen Bewertung der Systemintegration wird ein Vergleich zwischen der gewählten thermisch betriebenen Kälteanlage und einer herkömmlichen Kompressionskälteanlage vorgenommen.

Im fünften Arbeitsschritt wird für jede der betrachteten Kundengruppen ein spezifisches Contractingmodell entwickelt, welches auf Basis der im zweiten Arbeitsschritt erhobenen Daten erstellt und durch die in diesem Forschungsschwerpunkt erhobenen Ergänzungen verfeinert wurde.

Der sechste Arbeitsschritt umfasst die Verbreitung der in diesem Projekt erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse im Rahmen von Workshops, Publikationen, Fachvorträgen usw., um eine multiplikative Anwendung dieser Vorgehensweise zu gewährleisten und dadurch einen Beitrag zur Forcierung des Biomasseeinsatzes in KWK-Anlagen zu erzielen.

A big disadvantage of biomass-fired power plants is the missing heat demand in summer. The present research project aims to find a solution for this problem. Since this missing heat demand constitutes an economic drawback for biomass-fired plants the present research project examines the effects of the upgrade of three biomass-fired heat and power plants to heat-power-cooling-plants.

The main purpose of the research project is to increase the efficiency of biomass-fired CHP-plants during summer. Heat-powered cooling-devices, so-called sorption-chilling-devices, can shift an electricity demand for cooling into a heat demand during summer. Thus the planned upgrade would improve the efficiency of the power plant. A further advantage of the planned upgrade will be the possibility for customers to satisfy their whole energy-demand (heating and cooling) from one supplier. One of the positive consequences would be decreasing energy-costs for customers.

A plant upgrade needs to be planned very well, because other parameters apart from the low heat-demand in the summer affect the economical operation of the plant. Therefore a further focal point of this project is the development of tools that support plant operators when making decisions. With these tools plant operators will be able to assess the energetic, economic and environmental effects of this plant upgrade.

The development of these tools and models requires extensive research and the collection and processing of data in order to set up an extensive data base. A questionnaire for private customers was devised. For the two other customer groups, namely major customers and housing co-operatives, a meeting to collect data like heat-demand, cooling-demand, building specifications was organized. The plant operators were also invited to attend this meeting. The results will help to evaluate the requirements of both groups (suppliers and customers). The project partners KLG-Austria (executive contractor) and the engineering firm Riebenbauer (planner) are also involved to support the project with their practical experience concerning the adaptation of buildings.

In the second phase of the research project a tool was developed which will enable the plant operator to assess the regional cooling demand. In a meeting with the major customers, the housing co-operatives and the plant operators collected the necessary data. A questionnaire helped to evaluate the requirements of the private customers.

The focus of the third phase was the technical investigation of the heat and power plants and the necessary adjustments for the upgrade. The phase should result in the development of a tool that allows the plant operator to estimate the technical feasibility of the planned upgrade. A further focus of this phase was the investigation of the state of the art of heat-powered cooling-devices.

In the fourth work phase the main focus was the evaluation of the upgrade systems. The outcome of this phase will be a model that allows the energetic, economic and environmental evaluation of the planned systems. A further aim of this step was the optimization of the interface between the supplier and the customer.

The fifth work phase was designed to create a specific contracting model that supports the plant operator and increases the acceptance of this kind of technology by customers.

The last work phase focused on the dissemination of information. In meetings and workshops information of the new technology was provided to the public.

## 2. Projektabriss

### 2.1 Ausgangssituation

Ein häufig auftretender Nachteil von bioenergiebetriebenen KWK-Anlagen ist die fehlende Wärmeabnahme in der Sommerperiode (Kühlperiode). Um die Sommerauslastung dieser KWK-Anlagen zu verbessern ist es daher notwendig auch in der Hitzeperiode entsprechende Wärmeabnehmer zur Verfügung zu haben. Eine Möglichkeit die Sommerauslastung zu verbessern stellt die Erzeugung von Kälte aus Wärme mit Hilfe von thermisch betriebenen Kälteanlagen (Sorptionskälteanlagen) dar. Die Hauptenergieversorger des Landes Burgenland die BEGAS (Finanzierungspartner), BEWAG (Finanzierungspartner) und die Bioenergie Burgenland Service GmbH (Konsortialpartner) haben sich bereit erklärt drei ihrer KWK-Anlagen und die dazu benötigten Daten zur Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfrage und in weiterer Folge zur konkreten Umsetzung zur Verfügung zu stellen.

Eine derartige Anlagenerweiterung zu KWKK-Anlagen muss jedoch gut durchdacht werden, da nicht nur die Auslastung in den Sommermonaten für die Anlagenbetreiber im Hinblick auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage von entscheidender Bedeutung ist. Aus diesem Grund liegen die Schwerpunkte dieses Projektes auf der Erstellung von Werkzeugen und Modellen, durch deren Anwendung der jeweilige Entscheidungsträger eine grobe Abschätzung über die technische Realisierbarkeit seines Vorhabens und über die energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Anlagenerweiterung erhält. Diese Tools sollen den Energiebereitsteller bei seiner Entscheidungsfindung unterstützen.

Zur Generierung dieser Werkzeuge und Modelle bedarf es jedoch einer fundierten Datengrundlage. Zu diesem Zweck wurden neben den entsprechenden Energiebereitstellern auch die im Einzugsbereich des Versorgungsnetzes befindlichen Abnehmer in das Projekt miteinbezogen. Dies soll zum einen die Akzeptanz der Kundengruppen gegenüber dieser Technologie erhöhen und zum anderen eine Berücksichtigung der Bedürfnisse und der speziellen Rahmenbedingungen dieser Kundensegmente bei der Erstellung der Werkzeuge und Modelle ermöglichen. Um bei etwaige notwendigen Adaptierungen von Hausanlagen auf ausreichende Praxiserfahrung zurückgreifen zu können wurden die ausführende Firma KLG – Austria als Konsortialpartner und als Planer das Technische Büro Riebenbauer als Werkvertragspartner in das Projekt miteinbezogen.

## 2.2 Inhalte und Zielsetzung

Ein wesentlicher Schwerpunkt dieses Projektes wird auf die Optimierung der Sommerauslastung (Wärmeabnahme auch in der Hitzeperiode) durch Erweiterung des Dienstleistungsangebotes von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagenbetreibern um das Geschäftsfeld Kälteversorgung gelegt. Hinsichtlich der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wird der Fokus auf bioenergiebetriebene Systeme gelegt, die zu „BIOKWKK“-Anlagen (BIO-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen) erweitert werden sollen. Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt dieses Forschungsprojektes liegt in der Generierung von Tools (Werkzeugen und Modellen), die den Anlagenbetreiber bei der Entscheidungsfindung bzw. Systemauswahl und –integration unterstützen. Um eine derartige Optimierung der Sommerauslastung der bioenergiebetriebenen KWK-Systeme durchführen zu können, benötigt man eine fundierte Datengrundlage bezüglich Energiebereitstellung, -verteilung, -übergabe, -abgabe usw., sowie über die Abnehmerstruktur (Großabnehmer, Privatkunde, Siedlungsgenossenschaften usw.). Neben der technischen Betrachtung der Einbindung von thermisch betriebenen Kälteanlagen bedarf es auch einer ökonomischen und ökologischen Bewertung der Systemintegration, um deren Wirtschaftlichkeit und Ökologie aufzuzeigen. Weiters sollen die Markthemmnisse bezüglich dieser Technologie – welche bereits in einigen österreichischen Projekten realisiert wurden (z.B.: Kühlen mit Fernwärme aus Biomasse KWK in Güssing, DEC-Anlage am Ökopark Hartberg) - sowohl bei den Energieversorgern als auch bei den Abnehmern (Kunden) unter anderem durch spezifische Contractingmodelle beseitigt werden.

Das Burgenland eignet sich infolge der politischen Zielsetzungen (Energieautarkie) sowie der unternehmenspolitischen Zielsetzungen der Hauptenergieversorger ideal als Modellregion für die Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfrage.

Durch Einbindung von Energieversorgungsunternehmen (BEGAS, BEWAG, Bioenergie Burgenland), die sowohl über bereits bestehende, als auch über in Planung befindliche Anlagen verfügen und eines Abnehmerkonsortiums (KRAGES (LKH Oberwart, LKH Oberpullendorf), Umweltdienst Burgenland, Oberwarter Siedlungsgenossenschaften OSG) soll ein weiteres Ziel des Projektes die Optimierung der Schnittstelle zwischen Erzeuger und Verbraucher realisiert werden. Zur Erreichung dieser Ziele wird neben dem Konsortialpartnern KLG – Austria (Ausführender) auch noch das TB Riebenbauer (Planungsbüro) auf Werkvertragsbasis miteingebunden, welches aufgrund bereits vorhandener Erfahrungen in diesem Tätigkeitsbereich unterstützend eingreifen wird.

Es ist geplant durch die Erstellung entsprechender Werkzeuge und Modelle den Betreibern von bioenergiebetriebenen KWK-Anlagen bei der Abschätzung der Realisierbarkeit dieser Anlagenerweiterung Hilfestellung zu geben.

Folgende Ziele wurden im vorliegenden Projekt verfolgt und erreicht:

- Konzept zur Optimierung der energetischen Auslastung von bioenergiebetriebenen KWK-Systemen (Wärmenetze unterschiedlicher Größenordnung) in der Sommerperiode durch Erweiterung zu „BIOKWKK“-Anlagen, welche eine höhere Auslastung des Energieversorgungssystems im Sommer und somit eine ganzjährige CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung (Wärme und Kälte) ergeben.
- Entwicklung von Tools (Werkzeuge und Modelle) für die Steigerung des Einsatzes von Bioenergie im Bereich der Wärme- und Kälteversorgung
  - Erstellung eines Werkzeuges zur vereinfachten Abschätzung des regionalen Kältepotentials
  - Erstellung eines Werkzeuges zur vereinfachten Abschätzung der technischen Realisierbarkeit der Systemerweiterung um den Faktor Kälte
  - Erstellung eines Bewertungsmodells zur Abschätzung des energetischen, ökologischen und ökonomischen Nutzens der Systemerweiterung (von der KWK-Anlage zur KWKK-Anlage)

- Erstellung von Contractingmodellen unter Berücksichtigung der Abnehmerstruktur (Großabnehmer, Privatkunde, Siedlungsgenossenschaften)
- Informationsverbreitung

## 2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Bioenergie-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-Versorgung“ wurden Tools (Werkzeuge und Modelle) generiert, mit denen Energieversorger und Planer in der Lage sind eine Abschätzung der Realisierbarkeit der Anlagenerweiterung von bestehenden KWK-Anlagen zu KWKK-Anlagen durchzuführen. Womit ein ganzjähriger optimierter Betrieb dieser Systeme durch das Dienstleistungsangebot Strom, Wärme und Kälte für den Kunden gewährleistet wird.

Dazu wurde einerseits auf Basis von Literaturdaten und erhobenen Objektdaten mittels des Tools „Fragebogenauswertung“ das Tool „Kältepotential Region“ zur Abschätzung des Kältepotentials einer bestimmten Region und Gebäudetypen und andererseits das Tool „Bewertung“ zur Überprüfung der technischen Machbarkeit und der energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der geplanten Anlagenerweiterungen generiert.

Zudem wurden Kältecontracting – Umsetzungsmodelle für die betrachteten Kundengruppen Siedlungsgenossenschaften, Privatkunden und Großkunden entwickelt, die als Basismodelle für den Contractor dienen sollen und im speziellen Anwendungsfall noch modifiziert werden müssen.

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse ist auch eine Übertragbarkeit und damit eine Multiplizierbarkeit für andere Regionen gegeben. Konkret können die Ergebnisse des vorliegenden Projektes gemeinsam mit den Energieversorgern BEWAG und BEGAS bzw. BIOENERGIE Burgenland Service GmbH, welche Betreiber von bioenergiebefeuelten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind, umgesetzt werden. Es ist geplant in weiterer Folge die Realisierung von entsprechenden Modellsystemen vorzunehmen (gemeinsam mit Finanzierungspartner und Konsortialpartner).

Zudem können sich Umsetzungsprojekte infolge der Informationsverbreitung der Projektergebnisse aus dem vorliegenden Forschungsprojekt „BIOENERGIE-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-VERSORGUNG“ in Form von Publikationen, Informationsvorträgen und Fachvorträgen ergeben.

Die wesentlichen Zielgruppen des Projektes sind neben den Energieversorgungsunternehmen (EVU) im Burgenland sowie EVU`s in anderen Regionen, welche bioenergiebefeuelte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betreiben, auch Kunden, die neben der Dienstleistung Strom und Wärme auch die Dienstleistung Kälte benötigen. Zudem haben Planer sowie auch Contractor nun Tools zur Verfügung, mit denen man kostengünstig zu einer relativ schnellen Abschätzung der Realisierbarkeit von KWKK-Systemen kommen kann.

## 2.4 Ausblick

Für die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in Richtung Demonstrationsprojekte im Bereich der bioenergiebetriebenen Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssysteme kann man das Verwaltungsgebäude des Umweltsdienstes Burgenland und das Landeskrankenhaus Oberpullendorf, welche mit einer Absorptionskälteanlage in Verbindung mit dem KWK-System Oberpullendorf ausgestattet sind, erwähnen. Eine weitere Anlage könnte im Landeskrankenhaus Oberwart installiert werden, die dafür notwendige Fernwärmeübergabestation wurde bereits vorgesehen. Für die Umsetzung von weiteren Demonstrationsanlagen müsste ein Energie-Monitoring an den installierten Anlagen durchgeführt werden, um so neue Kenntnisse in der Wechselwirkung zwischen Sorptionsanlage und dem Wärmenetz zu gewinnen. Diese gewonnenen Kenntnisse würden das technische Risiko von zukünftigen Demonstrationsvorhaben erheblich reduzieren.

Das Risiko bei der Realisierung solcher Demonstrationsanlagen wird durch die Involvierung aller relevanter Beteiligten (Kältelieferanten und Kälteabnehmer, Planer,...) verbunden mit intensiver Kommunikation und Information sowie der Anwendung professionellen Projektmanagements auf ein minimales Maß reduziert. Damit verbunden wäre auch eine höhere Akzeptanz der entwickelten Modelle bei den angesprochenen Zielgruppen.

Das ausschlaggebende wirtschaftliche Risiko kann darin liegen, dass bei den derzeitigen Primärenergiepreisen der finanzielle Ansporn zum Einsatz dieser neuen Technologien im Verhältnis zu den erforderlichen Investitionskosten noch zu gering ist. Es ist jedoch bei Beibehaltung des derzeitigen Energiepreistrends absehbar, dass sich dieses Verhältnis kurz- bis mittelfristig zu Gunsten der neuen Technologien verändern wird. Zudem können die entwickelten Kälte-Contracting Modelle zum Einsatz kommen, um so das wirtschaftliche Risiko auf beiden Seiten (Kältelieferant und Kälteabnehmer) zu minimieren.

Die Generierung einer entsprechenden Datengrundlage durch Monitoringmaßnahmen zur Optimierung des „Bewertungstools“ stellt einen wesentlichen Teil des noch erforderlichen Forschungsbedarfs dar. Diese Datengrundlage bildet in weiterer Folge die Basis für die Erstellung von Simulationsmodellen, die als Ergänzung zur energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung eine technische Optimierung des Gesamtsystems zum Ziel hat.

Weiters ist im Bereich der Klimatisierung von Gebäuden noch wenig Literatur hinsichtlich spezifischer Kennzahlen (Kühllast, Kältebedarf) zu finden. In dieser Richtung zeigt sich ein klarer Bedarf an weiterführender Forschung, da der Energiebedarf für die Klimatisierung zusehends an Bedeutung gewinnt.

### 3. Einleitung

Ein häufig auftretender Nachteil von bioenergiebetriebenen Anlagen ist die fehlende Wärmeabnahme in der Sommerperiode (Kühlperiode). Um die Sommerauslastung dieser KWK-Anlagen zu verbessern ist es daher notwendig auch in der Hitzeperiode entsprechende Wärmeabnehmer zur Verfügung zu haben. Eine Möglichkeit die Sommerauslastung zu verbessern stellt die Erzeugung von Kälte aus Wärme mit Hilfe von thermisch betriebenen Kälteanlagen (Sorptionskälteanlagen) dar. Die Hauptenergieversorger des Landes Burgenland die BEGAS (Finanzierungspartner), BEWAG (Finanzierungspartner) und die Bioenergie Burgenland Service GmbH (Konsortialpartner) haben sich bereiterklärt einige ihrer Anlagen und die dazu benötigten Daten zur Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfrage und in weiterer Folge zur konkreten Umsetzung zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden folgende drei KWK-Systeme zur Entwicklung von Modellen von optimierten Energieversorgungs-Konzepten für Bio-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssysteme herangezogen:

#### **KWK – System Oberpullendorf**

Das Biomassekraftwerk Oberpullendorf (Betreiber BEGAS) wird als Dampfkraftwerk mit einer projektierten Brennstoffwärmeleistung von rund  $9,3 \text{ MW}_{\text{th}}$  ausgeführt. Dabei wird in einem Kessel Dampf produziert und in einer Kondensationsdampfturbine wieder entspannt. Durch die Entspannung des Dampfes in der Turbine wird ein Generator angetrieben und elektrischer Strom von ca.  $2,35 \text{ MW}_{\text{el}}$  produziert. Aus der Turbine kann Dampf für die Produktion von Fernwärme mit einer maximalen Leistung von ca.  $3 \text{ MW}_{\text{th}}$  entnommen werden. Mit der produzierten Wärme wird das Landeskrankenhaus Oberpullendorf und der Umweltdienst Burgenland (UDB) ganzjährig mit Wärme versorgt. Der Brennstoffbedarf von rd. 28.000 t wird aus regionalem Waldhackgut gedeckt. Die Trassenlänge des Wärmeversorgungsnetzes beträgt 3.500 m. Das Verwaltungsgebäude des UDB (Konsortialpartner) wird mittels einer Absorptionskältemaschine mit Klimakälte versorgt. Zudem ist auch geplant das Landeskrankenhaus Oberpullendorf (KRAGES, Konsortialpartner) mit der gleichen Technologie auszustatten.

#### **KWK – System Oberwart**

Beim Biomassevergasungskraftwerk Oberwart (Betreiber BEGAS und BEWAG) wird in der ersten Phase eine neuartige Energieerzeugungsanlage mit einer Brennstoffwärmeleistung von  $9 \text{ MW}_{\text{th}}$  errichtet, mit der Wärme und elektrischer Strom aus  $\text{CO}_2$ -neutraler Biomasse erzeugt wird. Der Strom wird in das Leitungsnetz der BEWAG eingespeist. In der auf dem Prinzip der Dampf-Wirbelschicht basierenden Biomassevergasungsanlage, wird aus dem Waldhackgut ein Holzgas hergestellt, welches nach der Gasreinigung in zwei turbogeladene Otto-Gasmotoren mit einer Gesamtleistung von ca.  $2,4 \text{ MW}_{\text{el}}$  in elektrische Energie umgewandelt wird.

Aus der im Prozess anfallenden Wärme mit hoher Temperatur wird in einem ORC (Organic Rankine Cycle) Prozess nochmals elektrische Energie (ca.  $400 \text{ kW}_{\text{el}}$ ) gewonnen. Der ORC Prozess ist vergleichbar mit einem konventionellen Dampfturbinenkreislauf, statt Wasser können aber verschiedene organische Substanzen (z.B. Iso- Pentan, Toluol, Silikonöl) als Arbeitsmedium eingesetzt werden. Die restliche Abwärme wird als Nah- bzw. Fernwärme ausgekoppelt. Diese wird zur Wärmeversorgung des Landeskrankenhauses Oberwart sowie der Molkerei Oberwart, die im Zuge ihrer geplanten Expansion in die Nähe des Kraftwerkes übersiedeln werden, verwendet. Weitere vorhandene günstige Wärme kann für anzusiedelnde Betriebe in Oberwart zur Verfügung gestellt werden (zum Beispiel Einkaufszentrum).

In der zweiten Phase wird aus einem Teil des erzeugten Holzgases in einer Forschungs- und Demonstrationsanlage ÖKOGAS produziert. Dieses erdgasähnliche Gas kann, nach Schaffung der erforderlichen Rahmenbedingungen, in das bestehende Erdgasnetz des burgenlän-

dischen Energieversorgers BEGAS eingespeist werden. Dabei wird das Holzgas in einer Methanisierungsanlage durch mehrere Verfahrensschritte zu reinem Methan veredelt. Der Brennstoffbedarf von rd. 24.000 t wird sowohl durch regionales Waldhackgut, als auch durch den Brennstofflieferant Müllner Holz GmbH gedeckt. Die Trassenlänge des Wärmeversorgungsnetzes beträgt 5.300 m.

### **KWK – System Eisenstadt**

Das Biomassekraftwerk Eisenstadt (Betreiber Bioenergie Burgenland Service GmbH) wird als Dampfkraftwerk mit einer projektierten Brennstoffwärmeleistung von rund 9,3 MW<sub>th</sub> ausgeführt. Dabei wird in einem Kessel Dampf produziert und in einer Kondensationsdampfturbine wieder entspannt. Durch die Entspannung des Dampfes in der Turbine wird ein Generator angetrieben und elektrischer Strom von ca. 2,35 MW<sub>el</sub> produziert. Aus der Turbine kann Dampf für die Produktion von Fernwärme mit einer maximalen Leistung von ca. 3 MW<sub>th</sub> entnommen werden. Mit der produzierten Wärme werden die der Oberwarther Siedlungsgenossenschaft (OSG) gehörenden Objekte (Reihenhäuser, Wohnblöcke usw.) ganzjährig mit Wärme versorgt. Der Brennstoffbedarf von rd. 8.200 t wird aus regionalem Waldhackgut gedeckt. Die Trassenlänge des Wärmeversorgungsnetzes beträgt 2.000 m.

Ein wesentlicher Inhalt dieses Projektes ist auf die Übertragbarkeit dieser Werkzeuge und Modelle auf andere Regionen und Systeme ausgelegt. Im Kapitel 5.1 Kältepotentialerhebung wird ein Werkzeug generiert, welches dem Entscheidungsträger eine Hilfestellung bei der Abschätzung des Kältepotentials bietet, wobei regionale Einflussgrößen mitberücksichtigt werden. Auch das Ergebnis des Kapitels 5.2 soll auf andere Systeme übertragen werden können, um eine Abschätzung der technischen Machbarkeit des Erweiterungsvorhabens durchführen zu können. Ebenso wie das Werkzeug zur Abschätzung der technischen Machbarkeit soll auch das Bewertungsmodell zur Abschätzung der energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Anlagenerweiterung auf andere Systeme angewendet werden können (siehe Kapitel 5.3). Die Modellbildung erfolgt zwar auf Basis der drei zur Verfügung gestellten Anlagen, wobei die spezifischen Systemparameter so gewählt werden, dass eine Übertragbarkeit gewährleistet werden kann. Auch die im Kapitel 5.4 Kältecontracting erstellten Umsetzungsmodelle sollen auf andere Anlagenerweiterungen zumindest als Basismodell angewendet werden können. Durch die im Kapitel 5.5 gesetzten Maßnahmen (Workshops, Infoveranstaltungen, Publikationen, Fachvorträge usw.) soll eine Informationsverbreitung im überregionalen Bereich sichergestellt werden und damit eine multiplikative Anwendung gewährleistet werden.

Anhand der in Form von Werkzeugen und Modellen erarbeitenden Energieversorgungskonzepte für bioenergiebetriebene Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssysteme ist auch eine Übertragbarkeit und damit eine Multiplizierbarkeit für andere Regionen gegeben. Konkret können die Ergebnisse des vorliegenden Projektes gemeinsam mit dem Energieversorgern BEWAG und BEGAS bzw. BIOENERGIE Burgenland Service GmbH, welche Betreiber von bioenergiebefeueten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind, umgesetzt werden.

## 4. Ziele des Projektes

Ein wesentlicher Schwerpunkt dieses Projektes wird auf die Optimierung der Sommerauslastung (Wärmeabnahme auch in der Hitzeperiode) durch Erweiterung des Dienstleistungsangebotes von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagenbetreibern um das Geschäftsfeld Kälteversorgung gelegt. Hinsichtlich der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wird der Fokus auf bioenergiebetriebene Systeme gelegt, die zu „BIOKWKK“-Anlagen (BIO-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen) erweitert werden sollen. Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt dieses Forschungsprojektes liegt in der Generierung von Tools (Werkzeugen und Modellen), die den Anlagenbetreiber bei der Entscheidungsfindung bzw. Systemauswahl und –integration unterstützen. Um eine derartige Optimierung der Sommerauslastung der bioenergiebetriebenen KWK-Systeme durchführen zu können, benötigt man eine fundierte Datengrundlage bezüglich Energiebereitstellung, -verteilung, -übergabe, -abgabe usw., sowie über die Abnehmerstruktur (Großabnehmer, Privatkunde, Siedlungsgenossenschaften usw.). Neben der technischen Betrachtung der Einbindung von thermisch betriebenen Kälteanlagen bedarf es auch einer ökonomischen und ökologischen Bewertung der Systemintegration, um deren Wirtschaftlichkeit und Ökologie aufzuzeigen. Weiters sollen die Markthemmnisse bezüglich dieser Technologie – welche bereits in einigen österreichischen Projekten realisiert wurden (z.B.: Kühlen mit Fernwärme aus Biomasse KWK in Güssing, DEC-Anlage am Ökopark Hartberg) - sowohl bei den Energieversorgern als auch bei den Abnehmern (Kunden) unter anderem durch spezifische Contractingmodelle beseitigt werden.

Das Burgenland eignet sich infolge der politischen Zielsetzungen (Energieautarkie) sowie der unternehmenspolitischen Zielsetzungen der Hauptenergieversorger ideal als Modellregion für die Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfrage.

Durch Einbindung von Energieversorgungsunternehmen (BEGAS, BEWAG, Bioenergie Burgenland), die sowohl über bereits bestehende, als auch über in Planung befindliche Anlagen verfügen und eines Abnehmerkonsortiums (KRAGES (LKH Oberwart, LKH Oberpullendorf), Umweltdienst Burgenland, Oberwarter Siedlungsgenossenschaften OSG) soll ein weiteres Ziel des Projektes die Optimierung der Schnittstelle zwischen Erzeuger und Verbraucher realisiert werden. Zur Erreichung dieser Ziele wird neben dem Konsortialpartnern KLG – Austria (Ausführender) auch noch das TB Riebenbauer (Planungsbüro) auf Werkvertragsbasis miteingebunden, welches aufgrund bereits vorhandener Erfahrungen in diesem Tätigkeitsbereich unterstützend eingreifen wird.

Es ist geplant durch die Erstellung entsprechender Werkzeuge und Modelle den Betreibern von bioenergiebetriebenen KWK-Anlagen bei der Abschätzung der Realisierbarkeit dieser Anlagenerweiterung Hilfestellung zu geben.

Folgende Ziele wurden im vorliegenden Projekt verfolgt und erreicht:

- Konzept zur Optimierung der energetischen Auslastung von bioenergiebetriebenen KWK-Systemen (Wärmenetze unterschiedlicher Größenordnung) in der Sommerperiode durch Erweiterung zu „BIOKWKK“-Anlagen, welche eine höhere Auslastung des Energieversorgungssystems im Sommer und somit eine ganzjährige CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung (Wärme und Kälte) ergeben.
- Entwicklung von Tools (Werkzeugen und Modellen) für die Steigerung des Einsatzes von Bioenergie im Bereich der Wärme- und Kälteversorgung
  - Erstellung eines Werkzeuges zur vereinfachten Abschätzung des regionalen Kältepotentials
  - Erstellung eines Werkzeuges zur vereinfachten Abschätzung der technischen Realisierbarkeit der Systemerweiterung um den Faktor Kälte

- Erstellung eines Bewertungsmodells zur Abschätzung des energetischen, ökologischen und ökonomischen Nutzens der Systemerweiterung (von der KWK-Anlage zur KWKK-Anlage)
- Erstellung von Contractingmodellen unter Berücksichtigung der Abnehmerstruktur (Großabnehmer, Privatkunde, Siedlungsgenossenschaften)
- Informationsverbreitung

## 5. Inhalte und Ergebnisse des Projektes

### 5.1 Kältepotentialerhebung

Das Ziel dieses Forschungsschwerpunktes liegt in der Entwicklung eines Werkzeuges zur vereinfachten Abschätzung des Kältepotentials des entsprechenden Versorgungsgebietes.

#### 5.1.1 Datenerhebung

Für die Erhebung des Kältepotentials eines Einzugsgebietes eines Wärmeversorgungsnetzes soll eine Fragebogenmethode entwickelt werden, mit deren Hilfe eine aussagekräftige Objektanalyse durchgeführt werden kann.

##### **Fragebogen**

Dazu wurde eine Literaturstudie auf Grundlage wissenschaftlich fundierter Veröffentlichungen [1] [2] [3] zum Thema Potentialerhebung mittels Fragebogen durchgeführt, die den Entwicklungsstand derartiger Methoden aufzeigt und die Basis für den neu entwickelten Fragebogen bildet. Zum Thema Theorie der Fragen und Fragebogen können die Literaturstellen [4] und [5] als hilfreich empfohlen werden.

Die Gestaltung eines Fragebogens ist aufgrund der zumeist heterogenen Schichtungen der Zielgruppen schwierig, da ein guter Konsens für die breite Masse bei gleichzeitiger Sicherstellung der Qualität der Antworten gefunden werden muss.

Folgende Anforderungen wurden an den Fragebogen für die Erfassung des Kältepotentials gestellt:

- Kurze Bearbeitungszeit (1-seitiger Fragebogen)
- Leicht verständliche Fragen, ohne großes technisches Grundwissen, zu beantworten
- Übersichtliche und eindeutige Gliederung, Aufteilung in Fragenblöcke
- Als Ergebnis eine grobe Abschätzung des Kältebedarfs eines Gebäudes; bei Ausweisung an eine bestimmte Region: Abschätzung des Kältepotentials der Region
- Verwendbarkeit für Projektpartner

Bei der Konzipierung des Fragebogens wurde besonderer Wert auf die Überschaubarkeit und eine geeignete Länge gelegt, wodurch sich ein Fragebogen bestehend aus nur einer Seite ergab. Zusätzlich wurde auf eine einfache Formulierung der Fragen und Antworten geachtet, um den Fragebogen mit möglichst wenig technischem Grundwissen ausfüllen zu können. Da es sich um eine technische Abfrage handelt, kommen zum einen geschlossene Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten und Ergebnisfragen mit einer Zahl als Antwortmöglichkeit zum Einsatz. Der Fragebogen ist dem Anhang B1 zu entnehmen.

Im ersten Block des Fragebogens werden neben den Kundendaten die Fernwärmeanschlussleistung und Nutzung von Fernwärme im Sommer abgefragt. Diese beiden Fragen dienen z.B. dem EVU in der Vorprojektphase, um die benötigte Fernwärmeanschlussleistung und den Abnahmebedarf im Sommer zu eruieren.

Im zweiten Teil des ersten Fragenblocks werden gebäudespezifische Daten abgefragt. Die erste Frage soll Auskunft über den Gebäudetyp geben. Dazu wurden mehrere Antwortmöglichkeiten in Form von Gebäudekategorien vorgegeben. Bei der Auswahl der Kategorien wurde speziell auf jene Typen geachtet, in welchen eine Klimatisierung möglich bzw. unumgänglich ist. Wohngebäude wurden nicht in die Kategorisierung aufgenommen, da im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit Energieressourcen von einer Klimatisierung dieses

Gebäudetyps abgesehen werden soll. Ebenso wurden Schulen nicht in die Antwortmöglichkeit integriert, da diese während der Haupt-Hitzeperioden ohnedies Ferienzeit haben. Nicht in den Antwortmöglichkeiten vorkommende Gebäudetypen können mit der Kategorie Sonstiges erfasst werden. Des Weiteren werden in diesem Teil noch das Baujahr des Gebäudes, die Bauart und die beheizte Bruttofläche abgefragt. Aufgrund der Bauart (leicht/mittel/schwer) können Rückschlüsse auf die thermisch wirksame Speichermasse geschlossen werden.

Der zweite Block des Fragebogens beschäftigt sich mit dem Thema Kühlen. Zu Beginn wird abgefragt, ob eine Kühlung vorhanden ist oder nicht. Entsprechend der Antwort ist ein unterschiedlicher Pool an Fragen zu beantworten.

Ist eine Kühlung bereits vorhanden, so werden zu Beginn die Kühllast und die gekühlte Fläche abgefragt. Bei vorhandener Kühlung ist davon auszugehen, dass sich der Eigentümer oder Haustechniker bereits mit dem Thema auseinandergesetzt hat und eventuell eine Kühllastberechnung vorliegt. Sollte die Kühllast nicht bekannt sein, so kann mittels der zu kühlenden Fläche und mit der für den jeweiligen Gebäudetyp spezifischen Kennzahl (Kühllast pro zu kühlender Fläche oder Gesamtfläche  $W/m^2$ , installierte Kälteleistung pro zu kühlender Fläche oder Gesamtfläche  $W/m^2$ ) der Kältebedarf für dieses Gebäude abgeschätzt werden. Die genaueste Aussage kann jedoch bei Bekanntsein der Kühllast getroffen werden.

Die nächsten beiden Fragen beschäftigen sich mit der Art der Kälteerzeugung und der Kälteabgabe. Als Information soll dabei gewonnen werden, ob bereits eine Absorptionskältemaschine (vor allem in größeren Gebäuden) verwendet wird und ob das Abgabesystem für den Einsatz eines Absorbers geeignet ist (z.B. für Flächenkühlung und Kühlregister), oder größere Modifikationen nötig sind (ausschließlich Splitsysteme).

Im anschließenden Teil werden die Kälteleistung, das Baujahr und Betriebsweise der Kältemaschine(n) gefragt. Die Kälteleistung kann verwendet werden, um auf den Kältebedarf des Gebäudes rückzuschließen. Das Baujahr gibt Auskunft, ob in naher Zukunft eine Ersatzinvestition und somit ein möglicher Umstieg auf Absorptionskälte zu erwarten ist. Mittels der Betriebsweise wird abgefragt, ob der Kältebedarf ganzjährig oder nur im Sommer vorhanden ist. Ein ganzjähriger Kältebedarf würde eine Jahresgrundlast bedeuten. Zusätzlich wird noch die Frage, ob Free-Cooling verwendet wird und somit Anteil an der Deckung des Kältebedarfs hat oder nicht, gestellt.

Zum Abschluss des Fragenpools (Kühlung vorhanden) wird die Verwendung der Kälte gefragt. Diese Frage hat mehrere Antwortmöglichkeiten wie zum Beispiel Medizin, Büro, EDV vorgegeben. Diese Antworten können verwendet werden, um spezifischen Kennzahlen vor allem für die inneren Lasten in die Berechnung des Kältepotentials einfließen zu lassen. Zudem werden noch die Arbeitsplätze bzw. Personen bzw. Betten im zu kühlenden Bereich abgefragt, mit diesen Angaben kann man innere Lasten zusätzlich abschätzen.

Der alternative Fragenpool für den Fall, dass keine Kühlung vorhanden ist, beginnt mit der Frage, wie groß die zu kühlende Fläche wäre. In Abhängigkeit vom Gebäudetyp kann somit mittels Kennzahl der Kältebedarf abgeschätzt werden. Des Weiteren erfolgt die Abfrage der Kühllast, für den Fall, dass der Kunde bereits vorbereitende, planende Maßnahmen für eine Kühlung unternommen hat. Zum einen kann dabei zwischen vorgegebenen Lastbereichen ausgewählt werden, wobei sich der Gesamtbereich von 0 kW bis größer 1 MW erstreckt. Dies ist vor allem für jene Kunden (z.B. Haustechniker) gedacht, die für ihre Gebäude aufgrund ihrer Erfahrung ein gewisses technisches Basiswissen besitzen und die Kühllast größenmäßig abschätzen können. Zum anderen bietet sich auch die Möglichkeit, die Kühllast mit dem genauen Zahlenwert einzugeben, falls bereits eine Kühllastberechnung vorliegt.

Anschließend wird der Kältebedarf über das Jahr (Sommer/ganzjährig) abgefragt. Die letzten beiden Fragen dieses Pools beschäftigen sich wie oben mit der Verwendung der Kälte (Medizin, Büro, EDV,...), sowie mit einer Abfrage, wie viele Arbeitsplätze bzw. Personen bzw. Betten sich im Kühlbereich befinden.

Der dritte und letzte Fragenblock beinhaltet Fragen zum Thema Heizung. Hierbei werden die Heizlast, die Leistung des(-r) Wärmereizgerers(-r), die beheizte Fläche und der Gesamtenergieverbrauch pro Jahr abgefragt. Der Gesamtenergieverbrauch wird in Fernwärme und Sonstiges mit Auswahlmöglichkeit Biomasse, Gas und Öl unterteilt, wobei die Einheit des Energieverbrauchs vom Kunden entsprechend seiner Abrechnungen frei wählbar ist (z.B. m<sup>3</sup>, kg, kWh,...). Die Fragen zum Thema Heizung können einerseits vom EVU für die Vorprojektion verwendet werden, andererseits werden sie auch zeigen, ob sich bei den Aussendungen an die Projektpartner Korrelationen zwischen Heiz- und Kühlbedarf erkennen lassen.

### **Aussendungen**

Im Rahmen des Projektes wurden Aussendungen des Fragebogens unternommen. Die Fragebogenaussendung lässt sich in drei Teile gliedern: Aussendung an Projektpartner, Aussendung an ausgewählte Kunden der Bioenergie Burgenland und Aussendung an ausgewählte, repräsentative Objekte in Österreich. Ziel dieser Aussendungen war es, zusätzlich zur Literaturrecherche spezifische Kennzahlen für konkrete Gebäudetypen zu generieren. Zusätzlich wurde bei diesen Aussendungen die Funktionalität des Fragebogens getestet.

An die Umweltdienst Burgenland G.m.b.H. (UDB), die Krages Burgenländische Krankenanstalten Ges.m.b.H. (Krages), die Oberwarther Siedlungsgenossenschaft (OSG) und Bewag wurden die Fragebögen per Email versendet. Um die Rücklaufquote zu erhöhen wurden die Projektpartner nach erfolgter Aussendung per email und telefonisch um Rücksendung gebeten. Keine Rückmeldung bzw. Rücklauf gab es von der OSG. Die Tab. B1 im Anhang B2 zeigt die angeschriebenen Projektpartner.

Aus Gründen des Datenschutzes wurden die 41 ausgewählten Kunden der Bioenergie Burgenland direkt von der Bioenergie Burgenland angeschrieben, der Fragebogen wurde dabei mit einem Begleitschreiben in Papierform versendet.

Von den 41 ausgesendeten Fragebögen kamen 4 zurück, was einer Rücklaufquote von ca. 10 % entspricht.

Zusätzlich zu den beiden oben stehenden Aussendungen wurde noch eine Aussendung an repräsentative Objekte durchgeführt. In der Regel wurde der Fragebogen per Email verschickt, in zwei Fällen wurde der Fragebogen gemeinsam mit den Objektbetreibern vor Ort ausgefüllt. Die Vorgehensweise für die Anhebung der Rücklaufquote war eine telefonische Erstkontaktaufnahme mit der zuständigen Person, Versendung des Fragebogens per Email und telefonische Erinnerung nach bestimmter Zeit.

Insgesamt wurden 18 Fragebögen verschickt, davon gab es 10 Rückmeldungen, was einer Rücklaufquote von ca. 55 % entspricht.

### **Kennzahlen**

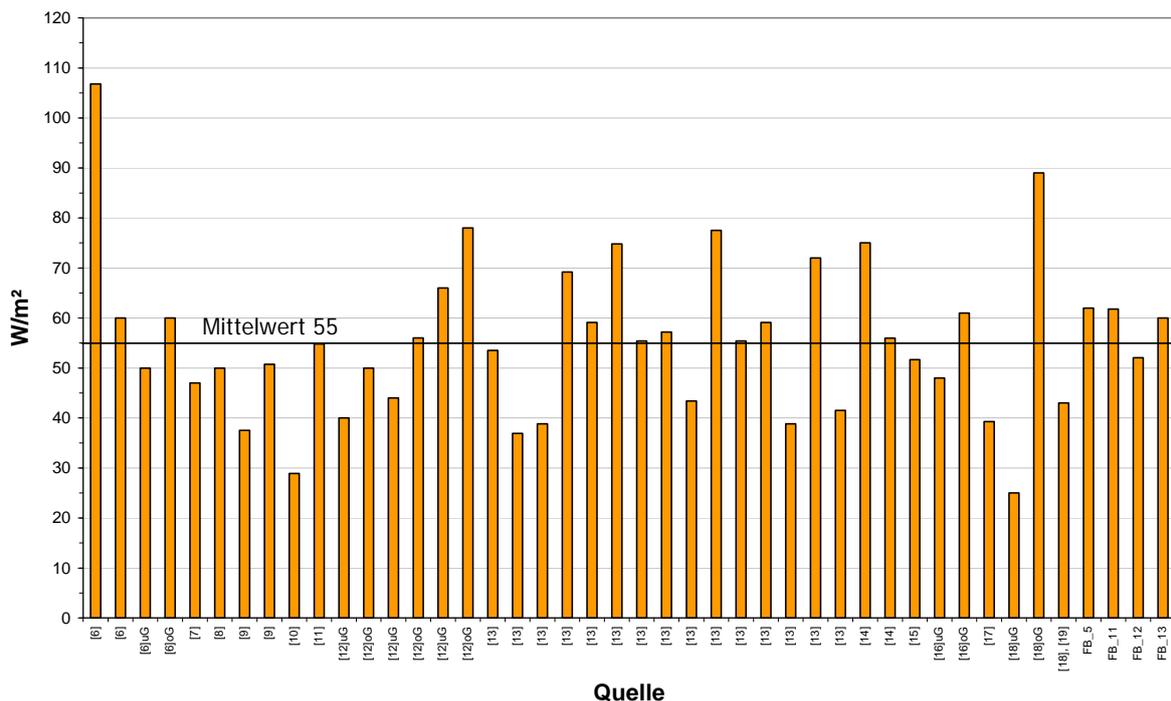
Für die Auswertung der Fragebögen und für eine Hochrechnung des Kältepotentials einer Region werden Kennzahlen verwendet. Die am häufigsten in der Literatur anzufindende Kennzahl ist die Kühllast bezogen auf einen m<sup>2</sup> zu kühlender Fläche (W/m<sup>2</sup>).

In den Tabellen B.2 bis B.7 im Anhang B3 ist eine Sammlung an spezifischen Kennzahlen aus der Literatur und den retournierten Fragebögen aus den vorher beschriebenen Aussendungen zu finden. Die Schwierigkeit dabei war, das heterogene Datenmaterial in eine einheitliche Matrix einzufügen. Beispielsweise war es nicht immer eindeutig, um welche Fläche (Gesamtfläche oder zu kühlende Fläche) es sich bei der Bildung der spezifischen Kennzahl handelte. Diesbezüglich wurde auch die Gesamtfläche, wenn die zu kühlende Fläche nicht eindeutig gegeben war, zur Bildung der Kennzahl verwendet und die Kennzahl mit einer Anmerkung versehen. Unter der Gesamtfläche ist die beheizte Nutzfläche zu verstehen. Weiters wurde in den Tabellen die Kühllast oder, wenn die Kühllast nicht vorhanden war, die Kälteleistung der Kältemaschinen erfasst. Die Kennzahl wurde vorzugsweise mit der Kühllast berechnet. Waren keine Angaben über die Kühllast zu finden, wurde die Kälteleistung der Kältemaschinen verwendet. Die Quellen für die Rohdaten zur Kennzahlbildung stammen aus

der Literaturrecherche und wurden in den Tabellen zum Zwecke der Nachvollziehbarkeit vermerkt.

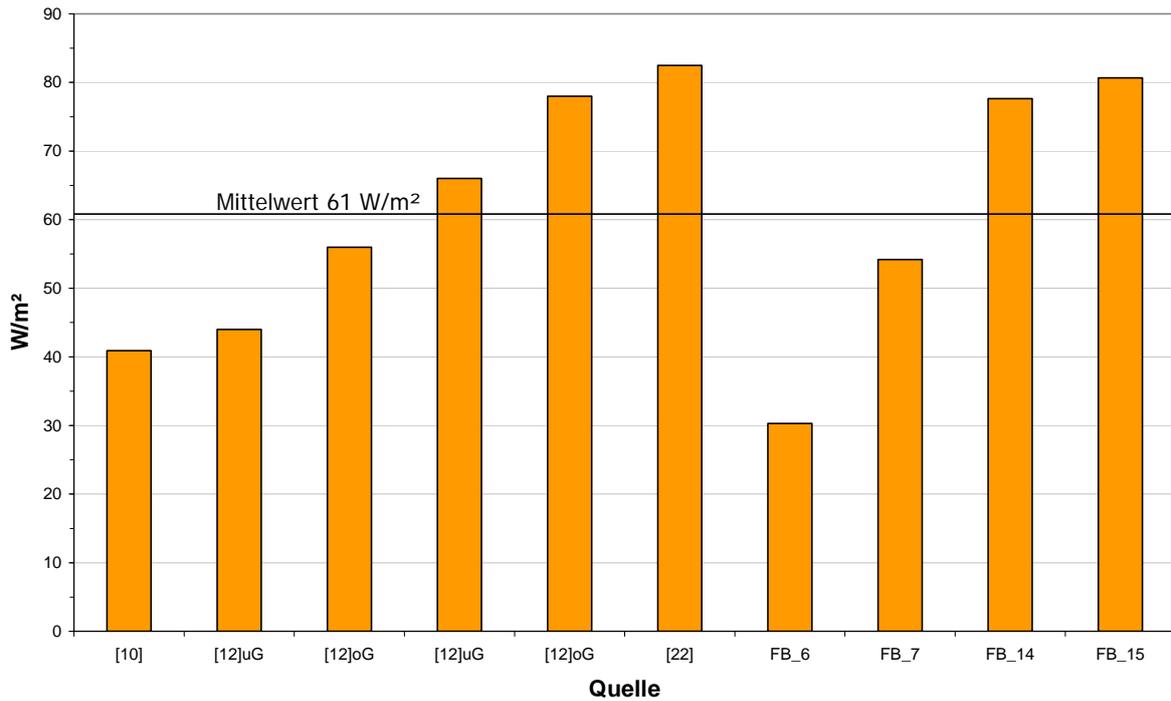
Die spezifischen Kennzahlen aus den Tabellen B.2 bis B.7 wurden in den folgenden Abbildungen (Abb. 5.1 bis Abb. 5.6) in Form von Balkendiagrammen dargestellt. Zusätzlich wurde in die Diagramme der jeweilige Mittelwert eingezeichnet.

Die Abb. 5.1 zeigt die spezifischen Kennzahlen für die Gebäudekategorie Bürogebäude. Die Kennzahlen wurden je nach Datenlage, vorzugsweise auf die zu kühlende Fläche oder sonst auf die Gesamtfläche bezogen. Der Mittelwert der so generierten Kennzahlen beträgt 55 W/m<sup>2</sup>. Ca. 50 % der betrachteten Objekte liegen im Bereich 45 bis 65 W/m<sup>2</sup>. Bei Bereichsangaben aus Tab. B.2 wurde jeweils der untere Grenzwert und der obere Grenzwert in Abb. 5.1 eingetragen (gekennzeichnet mit uG und oG).

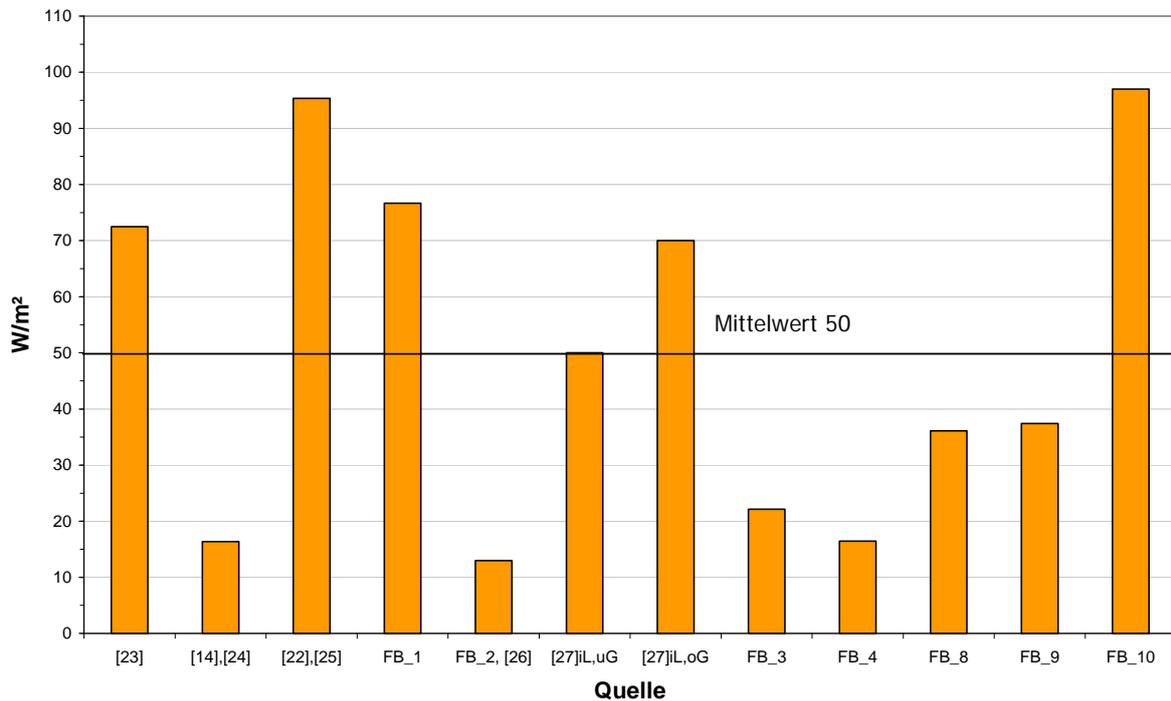


**Abb. 5.1:** Bürogebäude - Kühllast/Kälteleistung in W/m<sup>2</sup> bezogen auf zu kühlende Fläche oder Gesamtfläche, n=44, uG = untere Grenze, oG = obere Grenze von Bereichsangaben

In Abb. 5.2 sind die Kennzahlen für den Gebäudetyp Hotel dargestellt. Die Kennzahlen sind wiederum je nach vorhandener Datenlage auf die zu kühlende Fläche oder auf die Gesamtfläche bezogen. Der Mittelwert der Kennzahlen für Hotels beträgt 61 W/m<sup>2</sup>. Die Abb. 5.3 zeigt die Kennzahlen für Krankenhäuser, wobei diese Kennzahlen ausschließlich auf die Gesamtfläche bezogen wurden. Die beiden Balken aus [27] beziehen sich ausschließlich auf die innere Last. Der Mittelwert bei Krankenhäusern liegt bei 50 W/m<sup>2</sup>.

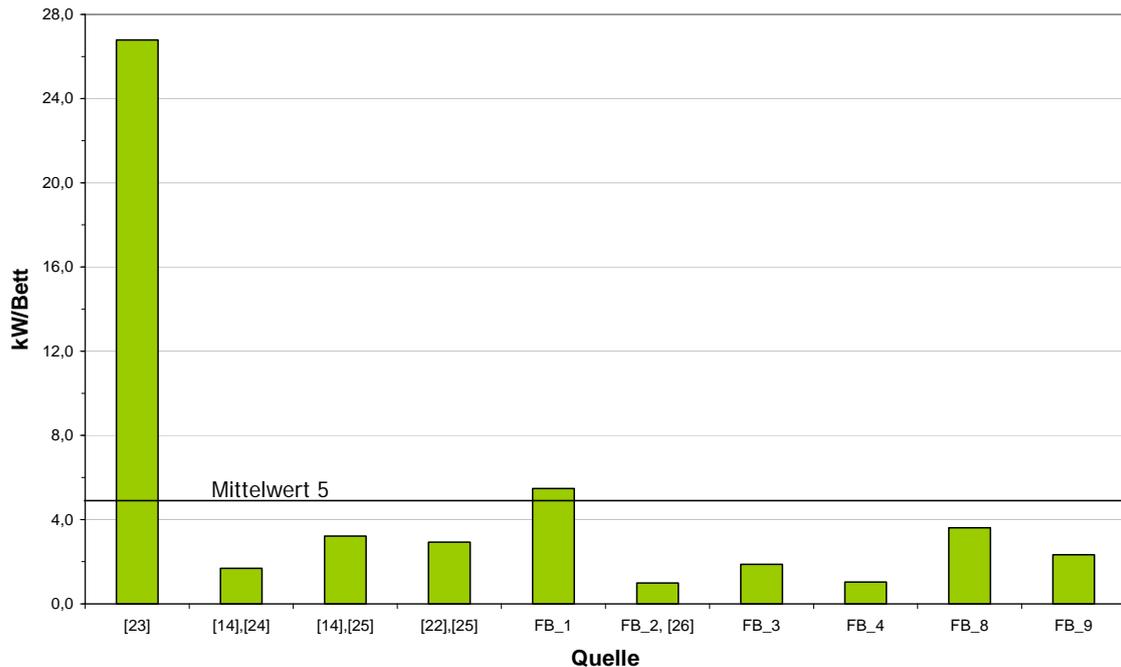


**Abb. 5.2:** Hotel - Kühllast/Kälteleistung in  $W/m^2$  bezogen auf zu kühlende Fläche oder Gesamtfläche,  $n=10$ , uG = untere Grenze, oG = obere Grenze von Bereichsangaben



**Abb. 5.3:** Krankenhaus - Kühllast/Kälteleistung in  $W/m^2$  bezogen auf Gesamtfläche,  $n=12$ , iL= interne Last, uG = untere Grenze, oG = obere Grenze von Bereichsangaben

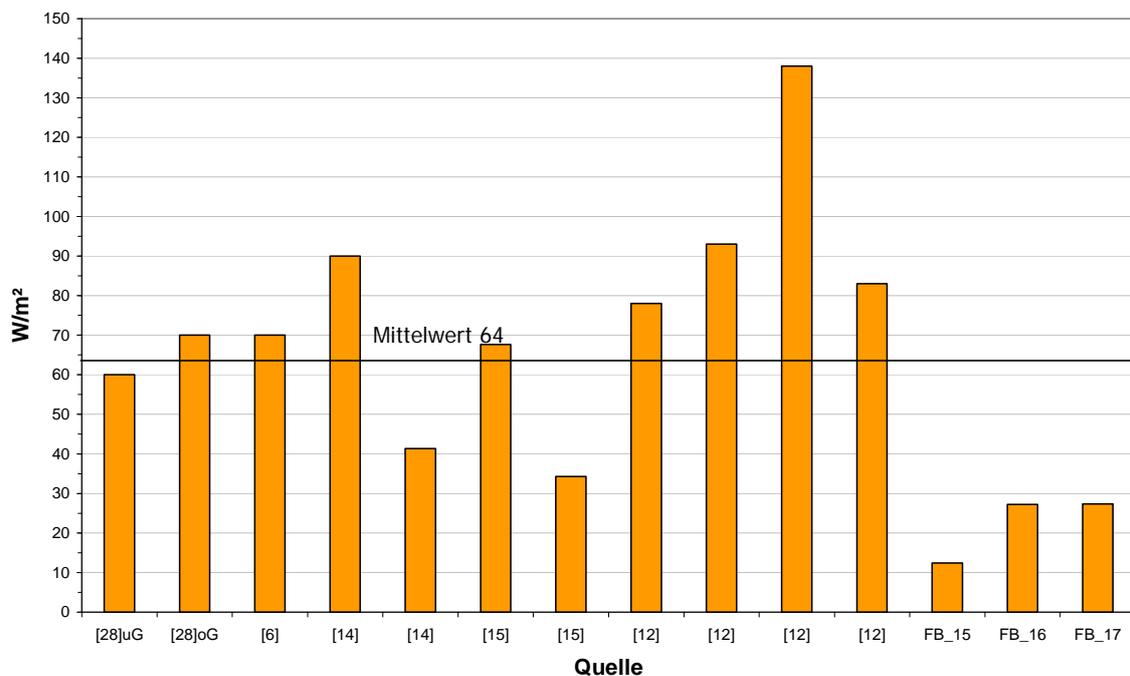
Die Abb. 5.4 zeigt eine zweite Kennzahl für den Gebäudetyp Krankenhaus. Hierbei wurde die Kühllast/Kälteleistung auf die Anzahl der Betten bezogen ( $kW/Bett$ ). Der Mittelwert dieser 6 Objekte beträgt  $5 kW/Bett$ .



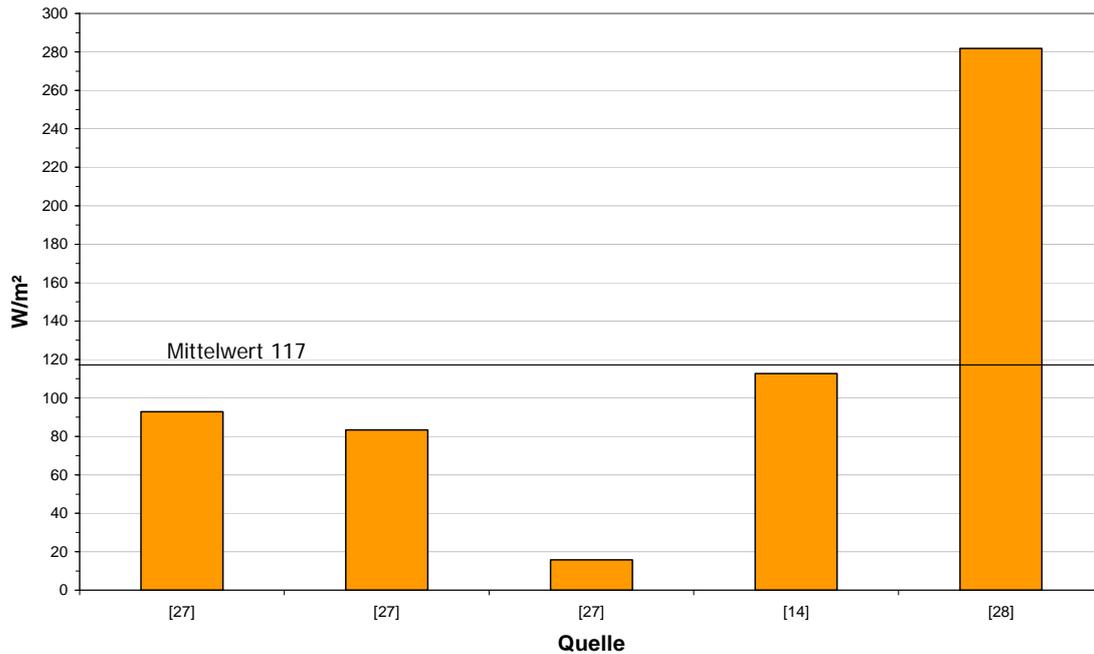
**Abb. 5.4:** Krankenhaus - Kühllast/Kälteleistung in kW/Bett, n = 10

In Abb. 5.5 sind die spezifischen Kennzahlen für die Gebäudekategorie Einkaufszentrum im Balkendiagramm dargestellt. Die Kennzahlen beziehen sich wiederum je nach vorhandener Datenlage vorzugsweise auf die zu kühlende Fläche oder sonst auf die Gesamtfläche. Der Mittelwert der Einkaufszentren beträgt 64 W/m<sup>2</sup>. Insgesamt wurden 14 Objekte ausgewertet (n = 14).

Die Abb. 5.6 zeigt Kennzahlen von Industriebetrieben. Die Kennzahlen wurden je nach Datenlage, vorzugsweise auf die zu kühlende Fläche oder sonst auf die Gesamtfläche bezogen. Der Mittelwert der 5 betrachteten Objekt liegt bei 117 W/m<sup>2</sup>.



**Abb. 5.5:** Einkaufszentrum - Kühllast/Kälteleistung in W/m<sup>2</sup> bezogen auf zu kühlende Fläche oder Gesamtfläche, n = 14, uG = untere Grenze, oG = obere Grenze von Bereichsangaben



**Abb. 5.6:** Industriebetrieb - Kühllast/Kälteleistung in W/m<sup>2</sup> bezogen auf zu kühlende Fläche oder Gesamtfläche, n = 5

### 5.1.2 Statistische Auswertungsmethode

Auf Basis des entwickelten Fragebogens wird eine statistische Auswertungsmethode entwickelt. Mit dieser Methode soll die Auswertung der Fragebögen erleichtert und damit beschleunigt werden.

#### **Elektronischer Fragebogen**

Um die Auswertung der Fragebögen zu erleichtern, wurde der Fragebogen im Programm Microsoft Access erstellt. Dieser Fragebogen ermöglicht die elektronische Erfassung des Kältepotentials eines Gebäudes. Grund für die Auswahl von Microsoft Access ist die Eignung des Programms für den Umgang mit Datenbanken. Der elektronische Fragebogen ist im Anhang B4 dargestellt.

In elektronischer Form kann der Fragebogen noch kompakter gestaltet werden, da es möglich ist, zwischen „Kühlung vorhanden“ und „Kühlung nicht vorhanden“ zu wählen, wodurch nur der jeweils relevante Fragenpool angezeigt wird.

Zusätzlich erleichtern Pulldown-Listen die Auswahl der Antwort bei vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, wodurch die Bearbeitung effizienter gestaltet werden kann. Sollte ein Kunde mehrere Objekte besitzen, so können diese aufgrund der Eigenschaft von Microsoft Access in derselben Datei als zusätzliche Datensätze eingetragen und automatisch abgespeichert werden. Der Fragebogen kann per Email an die entsprechenden Kunden versendet werden. Für die Versendung einer Access-Datei per Email muss diese allerdings zuvor in einen ZIP-komprimierten Ordner umgewandelt werden, da Microsoft Outlook das Versenden von Access-Dateien als Anhang nicht zulässt bzw. der Empfänger keinen Anhang in Form einer Access-Datei vorfindet.

#### **Tool Fragebogenauswertung**

Dieses Tool dient direkt der Auswertung der zuvor elektronisch ausgefüllten und gesammelten Fragebögen und wurde aus diesem Grund auch in Microsoft Access ausprogrammiert. Das Tool erfüllt zum einen die Aufgabe, die Fragebögen einfach und schnell auszuwerten, zum anderen werden aus den ausgewerteten Fragebögen spezifische Kennzahlen (W/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>2</sup> und durchschnittliche Fläche je Gebäudetyp) generiert, welche für die Hochrechnung des Kältepotentials einer Region verwendet werden können.

Die Abb. 5.7 zeigt das Auswertungs Menü des Tools. Es kann zwischen der Auswertung (kühlen) und der Auswertung (heizen) gewählt werden. Die Auswertung (kühlen) fasst die Ergebnisse des Fragenpools Kühlung je Gebäudetyp zusammen und liefert entsprechende spezifische Kennzahlen, während die Auswertung (heizen) den kürzeren Fragenpool Heizung darstellt. Zusätzlich können alle Fragebögen in Microsoft Excel gesammelt in eine Tabelle ausgelesen und mittels Excel weiterverarbeitet werden. Aufgrund von Verknüpfungen des Auswertungstools mit den einzelnen Fragebögen muss bei einer Änderung des Verzeichnisses der Pfad aktualisiert werden (s. Button „Pfad aktualisieren“).

Die Kennzahlbildung bei der Auswertung (kühlen) erfolgt in Abhängigkeit von den ausgefüllten Fragen. Die spezifische Kennzahl  $W/m^2$  wird primär mit der Kühllast und der gekühlten Fläche gebildet. Sollte die Kühllast nicht bekannt und ausgefüllt sein, wird die Kälteleistung der Kältemaschinen zu der gekühlten Fläche in Relation gesetzt. Bei Nichtvorhandensein der gekühlten Fläche wird die beheizte Nutzfläche als Divisor herangezogen. Sollte aufgrund nicht ausgefüllter Fragen eine Kennzahlenbildung nicht möglich sein, dann wird dem Gebäude eine Standardkennzahl zugeschrieben (Tab. 5.1). Die spezifische Kennzahl  $kWh/m^2$  wird über die spezifische Kennzahl  $W/m^2$  und Standardjahreskühlstunden gebildet.

**Tab. 5.1:** Standardkennzahlen für das Tool Fragebogenauswertung

Gebäudetyp	$W/m^2$	$kWh/m^2$	Kühlstunden / Jahr
Büro	50	40	800
Hotel	55	55	1.000
Kaufhaus/Einkaufszentrum	70	105	1.500
Krankenhaus	60	120	2.000



**Abb. 5.7:** Auswertungs Menü der Fragebögen

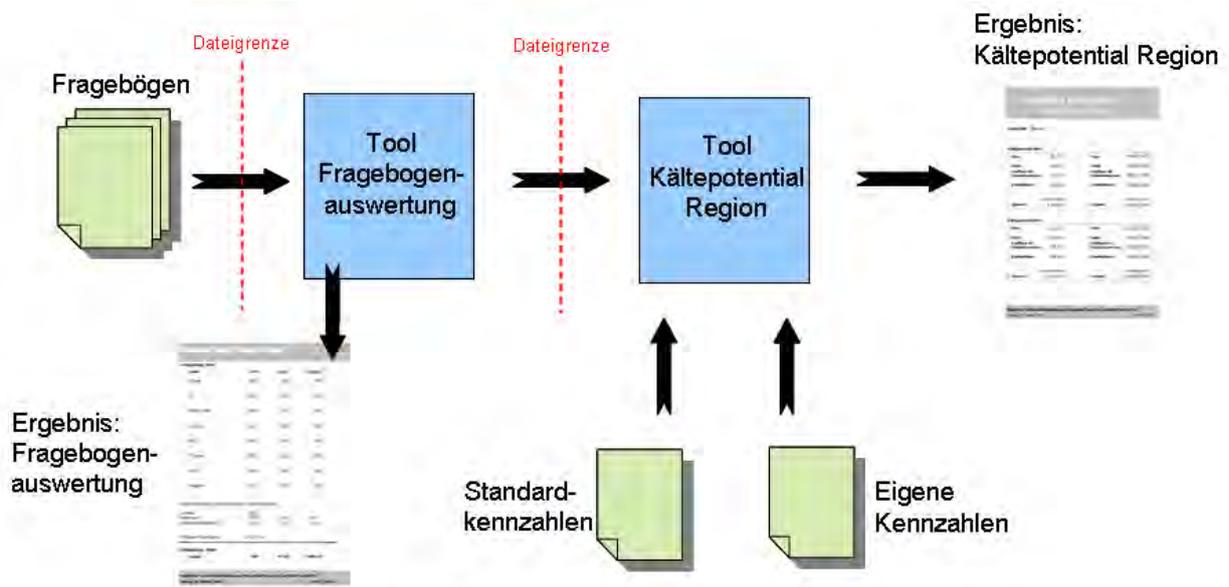
Die Kennzahlbildung bei der Auswertung (heizen) erfolgt ausschließlich über die ausgefüllten Fragen. Dabei wird die Kennzahl  $W/m^2$  vorzugsweise über die Heizlast, wenn bekannt, und die beheizte Fläche gebildet. Sollte die Heizlast nicht ausgefüllt sein, wird auf die Heizleistung der Wärmeerzeuger zurückgegriffen. Die spezifische Kennzahl  $kWh/m^2$  wird über den Gesamtenergieverbrauch pro Jahr gebildet. Bei beiden Kennzahlen wird im Falle von nichtvorhandenen Daten im Unterschied zur Auswertung (kühlen) auf keine hinterlegte Standardkennzahl zurückgegriffen.

Das Ergebnis des Tools Fragebogenauswertung wird in Form eines Access-Berichts dargestellt und kann in dieser Form ausgedruckt werden. Die Auswertung erfolgt je Gebäudetyp und beinhaltet am Ende jedes Gebäudetyps eine statistische Auswertung der Gesamtleistung (kW) und der spezifischen Kennzahlen (W/m<sup>2</sup> und kWh/m<sup>2</sup>). Bezüglich der statistischen Auswertung werden bei der Gesamtleistung die Summe, der Mittelwert und die Standardabweichung und bei den spezifischen Kennzahlen der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Zusätzlich wird der Mittelwert über die Gesamtfläche je Objekt über die gesamte Gebäudekategorie ausgewiesen. Ein Auszug aus einer fiktiven Auswertung ist im Anhang B.5 zu sehen.

### 5.1.3 Potentialtabelle und Kältepotential

Das Tool Kältepotential Region dient zur Abschätzung des Kältepotentials für eine bestimmte Region bzw. Gemeinde. Mit Hilfe des Tools soll eine erste und schnelle Abschätzung des Kältepotentials für eine Region möglich sein, um auf Basis der Ergebnisse zu entscheiden, ob weiterführende und vertiefende Recherchen sinnvoll sind. Für die Hochrechnung wurde eine Beschränkung auf die Gebäudetypen Büro, Hotel, Kaufhaus oder Einkaufszentrum und Krankenhaus durchgenommen. Die Beschränkung resultiert daraus, dass vor allem der Gebäudetyp Industrie als Sonderfall einzustufen ist und einer genaueren Untersuchung bedarf.

Die Abb. 5.8 zeigt die programmatische Struktur der Tools Fragebogenauswertung und Kältepotential Region. Daraus ist ersichtlich, dass für das Tool Kältepotential Region entweder aus der Fragebogenerhebung generierte spezifische und für eine Region typische Kennzahlen, oder Standardkennzahlen oder eigene Kennzahlen verwendet werden können. Dadurch kann das Tool Kältepotential Region auch eigenständig und vom Tool Fragebogenauswertung abgekoppelt zur Hochrechnung des Potentials herangezogen werden. Die Abb. 5.9 zeigt das Menü des Tools Kältepotential Region.



**Abb. 5.8:** Programmatische Struktur der Tools Fragebogenauswertung und Kältepotential Region

**Abb. 5.9:** Menü Tool Kältepotential Region

Als Grundlage für die Hochrechnung des Tools Kältepotential Region dient Tab. 5.2, welche den Status-Quo und die Prognose für die Klimatisierung in Österreich zeigt. Die Tabelle ist in Gebäudekategorien aufgeteilt und enthält die Anzahl der Gebäude 2005, die prognostizierte Anzahl der Gebäude 2030, die durchschnittliche Fläche je Gebäudetyp und den Anteil an Klimatisierung 2005 und prognostiziert für 2030. Für das Tool Kältepotential Region wurde das aus der Tabelle berechenbare jährliche Wachstum der Gebäudeanzahl je Gebäudetyp von 2005 auf 2030 auf die im Tool verwendete Zeitperiode von 2008 auf 2030 übertragen. Zusätzlich wurde das jährliche Wachstum je Gebäudetyp für die Hochrechnung der 2001 stattgefundenen Gebäude- und Wohnungszählung der Statistik Austria [33] auf 2008 für die untersuchten Gebäudetypen verwendet. Des Weiteren wurden die in Tab. 5.2 angeführten durchschnittlichen Flächen je Gebäudetyp für die Hinterlegung als Standardkennzahlen verwendet. Ebenso wurden entsprechend der Tab. 5.2 der Anteil an nichtklimatisierten Gebäuden sowie die relative Aufteilung innerhalb eines Gebäudetyps (z.B. Anteil an Hotel groß und Anteil an Hotel klein) in die Berechnung des Potentials übernommen.

**Tab. 5.2:** Klimatisierung in Österreich [34]

Gebäudetyp	Anzahl [Stk.]		Fläche [m <sup>2</sup> ]	2005 [%]			2030 [%]		
	2005	2030		Durchschnitt	Nicht-klimat	Teil-klimat	Voll-klimat	Nicht-klimat	Teil-klimat
Krankenhaus	427	428	3.355	70,0	20,0	10,0	30,0	40,0	30,0
Hotel groß	2.204	2.379	2.413	50,0	30,0	20,0	10,0	60,0	30,0
Hotel klein	34.257	37.096	837	80,0	15,0	5,0	40,0	40,0	20,0
Büro groß	8.295	9.826	1.992	50,0	30,0	20,0	20,0	40,0	40,0
Büro klein	26.342	30.704	335	88,0	10,0	2,0	65,0	25,0	10,0
Büro in Wohngebäude	10.404	12.416	1.062	96,0	3,0	1,0	80,0	10,0	10,0
Handel groß	10.140	10.857	529	85,0	10,0	5,0	40,0	40,0	20,0
Handel klein	23.543	25.346	378	88,0	10,0	2,0	65,0	25,0	10,0

Für die Anzahl der Gebäude je Gemeinde wurde wie schon erwähnt die 2001 stattgefundene Gebäude- und Wohnungszählung der Statistik Austria [33] verwendet. Der Anhang B.6 zeigt ein Beispiel der Gebäude- und Wohnungszählung 2001. Für das Tool wurden hierbei die Kategorien Hotel oder ähnliche Gebäude, Bürogebäude und Gebäude des Groß- und Einzelhandels verwendet. Die Anzahl der Gebäude wurde mit der jährlichen Wachstumsrate je Gebäudetyp aus Tab. 5.2 auf die Jahre 2008 und 2030 hochgerechnet.

Tab. 5.3 zeigt die im Tool hinterlegten Standardkennzahlen, welche für die Hochrechnung des Kältepotentials einer Region gemeinsam mit der Gebäudeanzahl des jeweiligen, betrachteten Gebäudetyps verwendet werden können, sofern keine Kennzahlen aus einer Fragebogenauswertung oder eigens recherchierte Kennzahlen vorhanden sind.

**Tab. 5.3:** Standardkennzahlen tlw. anlehend an [34], [35],[36] und [37]

Gebäudetyp	Fläche m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Kühlstunden/Jahr	Nichtklimatisiert %	
					2008	2030
Büro klein	335	50	40	800	88	65
Büro groß	1992				50	20
Büro in Wohngebäuden	1062				96	80
Hotel klein	837	55	55	1.000	80	40
Hotel groß	2413				50	10
Kaufhaus/Einkaufszentrum klein	378	70	105	1.500	88	65
Kaufhaus/Einkaufszentrum groß	529				85	40
Krankenhaus	10.000	60	120	2.000	0	-40

#### 5.1.4 Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Kältepotentialerhebung“ wurde eine Literaturstudie zum Thema Kältepotentialerhebung mittels Fragebogen und spezifische Kennzahlen der Klimatisierung von Gebäuden (W/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>2</sup>) durchgeführt. Im Bereich der Klimatisierung von Gebäuden ist jedoch noch wenig Literatur hinsichtlich spezifischer Kennzahlen oder Kältepotentialerhebung mittels Fragebogen zu finden. In diese Richtung zeigt sich ein klarer Bedarf an weiterführender Forschung, da der Energiebedarf für Klimatisierung zusehends an Bedeutung gewinnt.

Weiters wurde ein Fragebogen für die Erfassung des Kältepotentials eines Gebäudes generiert. Der Fragebogen ist überschaubar (1-seitig) und kann auch ohne allzu großes technisches Grundwissen beantwortet werden. Im Zuge von Aussendungen mit und an Projektpartner und Aussendungen an ausgewählte, repräsentative Objekte wurde der Fragebogen im Feldtest erprobt und die Ergebnisse bezüglich spezifischer Kennzahlen wurden mit den Ergebnissen der Literaturrecherche verbunden.

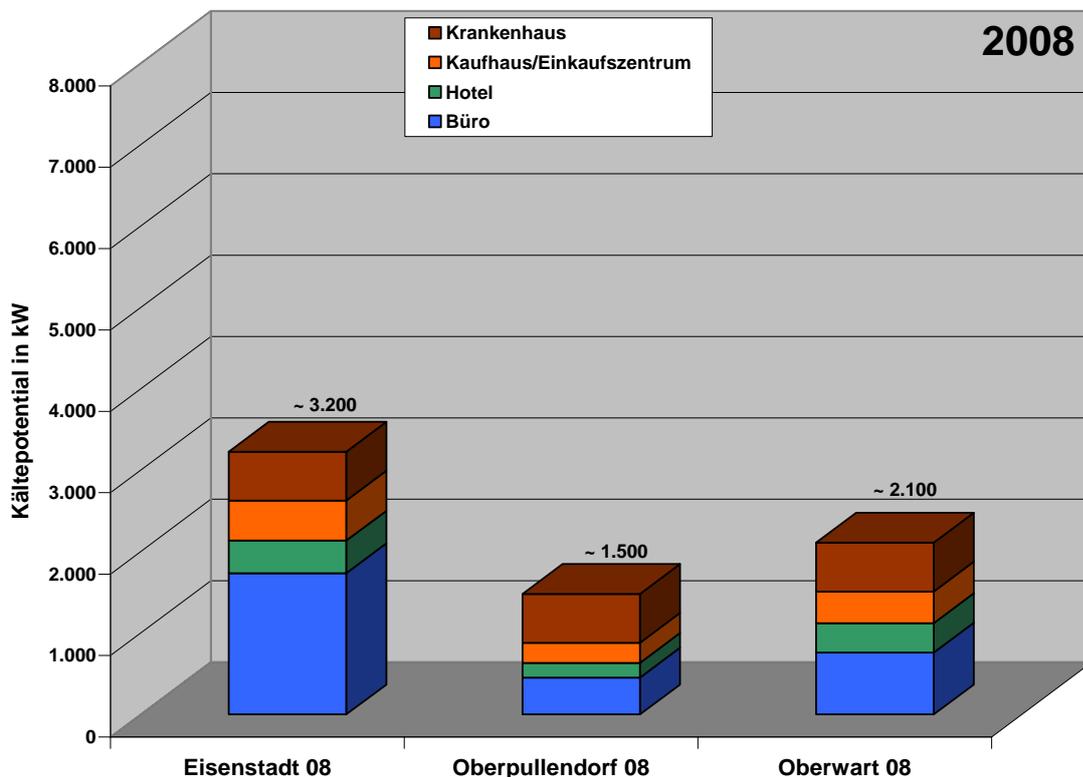
Aus den Ergebnissen des Arbeitspakets Datenerhebung mittels Literaturrecherche und Fragebogen wurden das Tool Fragebogenauswertung und das Tool Kältepotential Region mit Hilfe des Programms Microsoft Access generiert. Das Tool Fragebogenauswertung dient zur schnellen und statistischen Auswertung mehrerer ausgefüllter Fragebögen. Zum einen können damit ausgefüllte Fragebögen übersichtlich je Gebäudetyp dargestellt werden, zum anderen können mit diesem Tool für eine bestimmte Region typische spezifische Kennzahlen der Klimatisierung (W/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>2</sup>, durchschnittliche Nutzfläche je Gebäudetyp) generiert werden.

Das Tool Kältepotential Region ermöglicht die Abschätzung des Kältepotentials (kW, kWh) einer bestimmten Region für die Gebäudetypen Büro, Hotel, Kaufhaus/Einkaufszentrum und Krankenhaus. Das Kältepotential kann für 2008 und für 2030 je Gebäudetyp und in Summe berechnet werden. Bei der Berechnung kann zwischen der Verwertung spezifischer Kennzahlen aus einer konkreten Fragebogenerhebung, Standardkennzahlen oder der Eingabe eigener Kennzahlen unterschieden werden. Die Ergebnisse für die Gemeinden Eisenstadt, Güssing, Jennersdorf, Mattersburg, Neusiedl am See, Oberpullendorf, Oberwart und Rust

mittels Standardkennzahlen werden nachfolgend dargestellt. Beide Tools sollen dem jeweiligen Entscheidungsträger als Erhebungswerkzeug bei einer raschen Abschätzung des Kältepotentials einer Region dienlich sein.

Das berechnete Kältepotential mit Standardkennzahlen für die Gemeinden Eisenstadt, Oberpullendorf und Oberwart wird in Abb. 5.10 für das Jahr 2008 und in Abb. 5.11 für das Jahr 2030 dargestellt. Es wurden die Gebäudetypen Büro, Hotel, Kaufhaus/Einkaufszentrum und Krankenhaus in die Berechnung miteinbezogen.

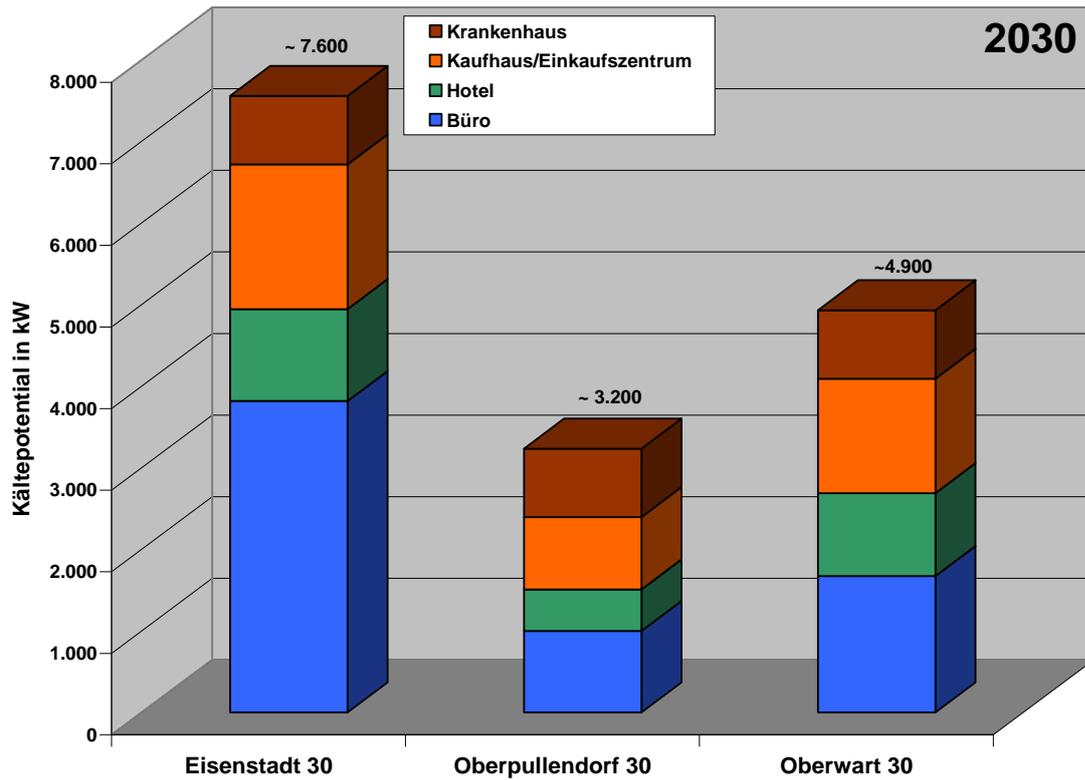
In Tab. 5.4 ist das Kältepotential für exemplarische Gemeinden in Burgenland angeführt. Aus dem Vergleich der angeführten Gemeinden zeigt sich, dass in Eisenstadt vom größten Kältepotential zum jetzigen Zeitpunkt und in Zukunft ausgegangen werden kann. Dies ist vor allem durch den hohen Anteil an Bürogebäuden und Gebäuden des Groß- und Einzelhandels in Eisenstadt bedingt.



**Abb. 5.10:** Berechnetes Kältepotential für die Gemeinden Eisenstadt, Oberpullendorf und Oberwart 2008 für die Gebäudetypen Büro, Hotel, Kaufhaus/Einkaufszentrum, Krankenhaus

**Tab. 5.4:** Kältepotential für exemplarische Gemeinden in Burgenland, gerundete Werte

Gemeinde	Kältepotential 2008 in kW	Kältepotential 2030 in kW
Eisenstadt	3.200	7.600
Güssing	1.200	2.400
Jennersdorf	700	1.900
Mattersburg	1.000	2.600
Neusiedl am See	1.200	3.300
Oberpullendorf	1.500	3.200
Oberwart	2.100	4.900
Rust	800	2.100



**Abb. 5.11:** Berechnetes Kältepotential für die Gemeinden Eisenstadt, Oberpullendorf und Oberwart 2030 für die Gebäudetypen Büro, Hotel, Kaufhaus/Einkaufszentrum, Krankenhaus

Die Gemeinde Oberwart weist ca. zwei Drittel des Kältepotentials von Eisenstadt auf. Der Anteil an Bürogebäuden ist in dieser Gemeinde deutlich geringer als in Eisenstadt. Für Oberpullendorf ist das Kältepotential etwas weniger als die Hälfte gemessen am Kältepotential von Eisenstadt. Oberpullendorf besitzt den geringsten Anteil an Bürogebäuden und Gebäuden des Groß- und Einzelhandels im Vergleich zu den Gemeinden Oberwart und Eisenstadt auf.

## 5.2 Bioenergiebetriebene KWK-Systeme und deren Erweiterung zur KWKK

Das Ziel dieses Forschungsschwerpunktes liegt in der Generierung eines Werkzeuges zur Abschätzung der technischen Machbarkeit der Systemintegration in Hinblick auf Energiebereitstellungs-, -verteilungs-, und -abgabesysteme, sowie Vorschläge zu hierzu notwendigen Adaptierungen.

### 5.2.1 Energiebereitstellungs-, -verteilungs- und -abgabesysteme

Aufgrund der steigenden Anzahl an bioenergiebetriebenen KWK-Anlagen wird im Folgenden der derzeitige Stand der Technik hinsichtlich der unterschiedlichen Prozessarten einerseits aufgezeigt und andererseits die kritischen Parameter dieser Anlagen betrachtet, um in weiterer Folge eine Entscheidungsgrundlage für eine etwaige Anlagenerweiterungen zu erhalten. Dazu wurde eine umfangreiche auf wissenschaftlich fundierte Veröffentlichungen basierende Literaturstudie bezüglich des Stands der Technik von bioenergiebetriebenen KWK-Systemen und deren Prozessen durchgeführt [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46].

#### **Erläuterungen und Rahmenbedingungen**

Unter einem Kraft-Wärme-Kopplungs-System versteht man grundsätzlich ein System, welches zur Bereitstellung von elektrischer Energie konzipiert ist, wobei aber die dabei entstehende Wärme zumindest teilweise (z.B. durch Auskoppelung - Fernwärmenetz) genutzt wird. Dadurch erhöht sich bei dieser Prozessart der Brennstoffnutzungsgrad. Für die Bezeichnung Blockheizkraftwerk gibt es mehrere Definitionen. Unter einem Blockheizkraftwerk wird in dieser Studie entgegen der VDI – Richtlinie 3985 eine KWK-Anlage ausschließlich auf Basis von Verbrennungsmotoren verstanden. Eine Einteilung von BHKWs entsprechend ihrer Leistungsgröße ist in Tabelle 5.5 ersichtlich.

Tab. 5.5: Einteilung von BHKWs [38]

Bezeichnung	Spezifizierung	KWK – Richtlinie
Mikro – BHKW	KWK – Kleinstanlage	$\leq 50 \text{ kW}_{el}$
Mini – BHKW	KWK – Kleinstanlage	$\leq 1.000 \text{ kW}_{el}$
Klein – BHKW		

#### **Biogene Brennstoffe**

Unter „Biomasse“ werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft (d.h. kohlenstoffhaltige Materie) verstanden. Die Abgrenzung der Biomasse gegenüber den fossilen Brennstoffen wird in dieser Studie beim Torf festgelegt, dies bedeutet, dass Torf nicht mehr der Biomasse zuzuordnen ist.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Biobrennstoffen. Biogene Festbrennstoffe werden als Lignozellulosepflanzen bezeichnet, da sie zu einem wesentlichen Anteil aus Zellulose, Lignin und Hemizellulose bestehen. Bei fester Biomasse unterscheidet man weiters noch zwischen der holzartigen und halmgutartigen Biomasse.

#### *Feste holzartige Biomasse*

Unter fester holzartiger Biomasse versteht man sämtliche Formen von Holzbrennstoffen wie z.B. Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz usw..

#### *Feste halmgutartige Biomasse*

Feste halmgutartige Biomasse ist der Sammelbegriff für alle festen Biomassesortimente mit Ausnahme von Holz wie z.B. Miscanthus, Schilf, Stroh usw..

### *Flüssige Biobrennstoffe*

Flüssige Biobrennstoffe sind ein Sammelbegriff für alle jene Brennstoffe, die über einen Aufbereitungsschritt in den flüssigen Zustand gebracht werden, wie z.B. Raps zu Rapsöl.

### *Gasförmige Biobrennstoffe*

Gasförmige Biobrennstoffe sind alle jene Brennstoffe, die durch Vergasung oder Vergärung aus biogenen Ausgangsmaterialien hergestellt werden.

### *Biogas*

Biogas ist ein aus der Vergärung von biogenen Materialien erzeugtes Produktgas. Hinsichtlich des Energieinhaltes ist aufgrund der Inhomogenität der Ausgangsmaterialien eine breite Streuung möglich. Üblicherweise hat Biogas einen unteren Heizwert von ca. 16 – 21 MJ/Nm<sup>3</sup> bei 20 °C.

### *Holzgas*

Holzgas wird aus Hackschnitzel durch einen vorgeschalteten Vergasungsprozess erzeugt.

### *Deponiegas*

Als Deponiegas bezeichnet man jenes durch biochemische Abbauprozesse aus organischem Material im Deponiekörper entstandene brennbare Gas.

### *Klärgas*

Als Klärgas bezeichnet man jenes durch biochemische Abbauprozesse im Faulurm der Kläranlage aus organischem Material entstandene brennbare Gas.

## **Energiebereitstellungssysteme**

Grundsätzlich gibt es mehrere Unterscheidungsmerkmale bei KWK-Systemen. In dieser Studie erfolgt die Einteilung der KWK-Systeme nach der Prozessart und der Betriebsweise.

Eine Einteilung entsprechend der Betriebsweise würde in folgende Gruppen erfolgen:

- Wärmegeführter Prozess – kritischer Parameter Wärmemenge
- Stromgeführter Prozess – kritischer Parameter elektrische Energie

Wie bereits erwähnt kann die gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme durch unterschiedliche KWK-Technologien erfolgen, welche durch ein breites Spektrum an Effizienz gekennzeichnet sind.

Prinzipiell werden folgende Prozessarten unterschieden:

- Dampfturbinenprozesse (200 bis  $\geq 2.000$  kW<sub>el</sub>)
- Gegendruckturbine
- Entnahme – Kondensationsturbine
- Dampfmotorprozess (200 bis 2.000 kW<sub>el</sub>)
- Organic-Rankine-Cycle – Prozess (200 bis 2.000 kW<sub>el</sub>)
- Stirlingmotor – Prozess (bis ca. 100 kW<sub>el</sub>)
- Gasturbinenprozess
- Mikrogasturbine
- Verbrennungsmotorprozess

In Tabelle 5.6 sind energietechnische Kennzahlen der oben angeführten KWK-Prozesse zusammengefasst.

**Tab. 5.6:** Überblick bioenergiebetriebene KWK-Systeme und deren Kennzahlen [39] [40] [41] [42] [43]

Prozessart	Leistungsbereich [42]	Wirkungsgrade [42]	Stromkennzahl/ Wirkungsgrad
Dampfturbinenprozess	0,5 – 4 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 12\% \dots 20\%$ $\eta_{th} = 42\% \dots 71\%$	$\sigma = 15\% - 30\%$ [39] $\eta_{ges} = 80\%$ [41]
Dampfturbinenprozess	4 – 44 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 18\% \dots 30\%$ $\eta_{th} = 25\% \dots 67\%$	
Dampfkolbenmotor	0,1 – 1,6 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 8\% \dots 20\%$ $\eta_{th} = 63\% \dots 79\%$	$\sigma = 11\% - 34\%$ [41] $\eta_{ges} = 78\%$ [41]
Dampfschraubenmotor	0,1 – 2 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 9\% \dots 17\%$ $\eta_{th} = 73\% \dots 77\%$	$\sigma = 14\% - 32\%$ [41] $\eta_{ges} = 82\%$ [41]
ORC	0,03 – 1,4 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 6\% \dots 17\%$ $\eta_{th} = 75\% \dots 78\%$	$\sigma = 13\% - 30\%$ [39] $\eta_{ges} = 85\%$ [41]
Stirlingmotor	0,01 – 0,2 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 7\% \dots 28\%$ $\eta_{th} = 49\% \dots 70\%$	$\sigma = 24\% - 33\%$ [41] $\eta_{ges} = 63\% - 86\%$ [41]
Vergasung Festbett	0,1 – 2 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 18\% \dots 28\%$ $\eta_{th} = 40\% \dots 62\%$	$\sigma = 25\% - 67\%$ [41] $\eta_{ges} = 75\%$ [41]
Vergasung Wirbelschicht	2 – 6 MW <sub>el</sub>	$\eta_{el} = 25\% \dots 33\%$ $\eta_{th} = 31\% \dots 50\%$	$\sigma = 33\% - 60\%$ [41] $\eta_{ges} = 75\% - 80\%$ [41]
Gasmotor (BHKW)	0,005 – 7 MW <sub>el</sub> [40]	$\eta_{el} = 25\% \dots 35\%$ [43]	$\sigma = 30\% - 80\%$ [43] $\eta_{ges} = 80\% - 95\%$ [43]
Mikrogasturbine	bis 0,25 MW <sub>el</sub> [39] 0,03– 0,5 MW <sub>el</sub> [40]	$\eta_{el} = 22\% \dots 30\%$ [39] $\zeta = 72\% \dots 89\%$ [39]	$\sigma = 40\% - 60\%$ [40]

Im Anhang C (Tab. C1 bis C4) sind Hersteller von Stirlingmotoren, Mikrogasturbinen, Dampfkolbenmotoren und Gasmotoren aufgelistet.

### **Energieverteilungssysteme**

Die Energieverteilung von der Energiebereitstellungseinheit zu den einzelnen Verbrauchern erfolgt üblicherweise mit Hilfe von Heißwassernetzen. Eine Einteilung dieser Netze ist nach mehreren Gesichtspunkten wie z.B. Anzahl der Leitungen, Netzform und Aggregatzustand des Wärmeträgermediums möglich.

Sowohl Fernwärme- als auch Nahwärmenetze dienen der Wärmeverteilung. Üblicherweise erfolgt die Unterscheidung aufgrund der Leistung des Energiebereitstellungssystems oder aufgrund der örtlichen Nähe der Energiebereitstellung und -abnahme. Typische Nahwärmanlagen haben thermische Leistungen von 50 kW<sub>th</sub> bis einige MW<sub>th</sub>. Die in dieser Studie betrachteten Energiebereitstellungssysteme sind gemäß dieser Definition den Nahwärmenetzen zuzuordnen. Die Netzvorlauftemperaturen liegen bei derartigen Netzen in der Heizperiode zwischen 90 °C und 110 °C und über die Sommermonate zwischen 70 °C und 110 °C je nach Regelstrategie oder Vertragsvereinbarung.

### *Einteilung der Energieverteilungssysteme nach der Leitungsanzahl*

Nach Einteilung der Verteilnetze entsprechend der Anzahl der Verteilleitungen unterscheidet man zwischen:

- Einleitersystem
- Zweileitersystem
- Dreileitersystem
- Vierleitersystem

Das Einleitersystem wurde fast ausschließlich in den USA und Russland zur Versorgung von Dampfheizungsanlagen verwendet. Der Dampf wurde auskondensiert und das Kondensat über eine Abwasserleitung „entsorgt“.

Beim Zweileitersystem wird der Wärmeträger ausgehend von der Energiebereitstellungseinheit über eine Vorlaufleitung dem Verbraucher und nach Wärmeabgabe über eine Rücklaufleitung wieder dem Energiebereitstellungssystem zugeführt.

Mittels zwei getrennter Vorlaufleitungen beim Dreileitersystem soll den Erfordernissen der unterschiedlichen Abnehmer Rechnung getragen werden. Nach Wärmeabgabe werden die ausgekühlten Wärmeträgermedien in einer gemeinsamen Rücklaufleitung wieder dem Energiebereitstellungssystem zugeführt. Anwendung findet dieses System in jenen Regionen oder Bereichen in denen z.B. Wohnräume und Industrieobjekte mit unterschiedlichen Anforderungen versorgt werden sollen.

Das Vierleitersystem unterscheidet sich vom Dreileitersystem nur durch die doppelte Rücklaufleitung.

### *Einteilung der Energieverteilungssysteme nach dem Wärmeträger*

Nach dem Wärmeträger unterscheidet man zwischen:

- Dampfnetzen und
- Warm- und Heißwassernetzen

Dampfnetze kommen dann zum Einsatz, wenn neben der Nutzung als Brauchwärme auch eine energetische Nutzung (Prozesswärme) für Dampfmaschinen (wie z.B. Dampfmaschinen) erfolgt. Eine Besonderheit dieser Netze ist der Dimensionsunterschied zwischen der Vor- und Rücklaufleitung aufgrund der großen Dampfvolumina.

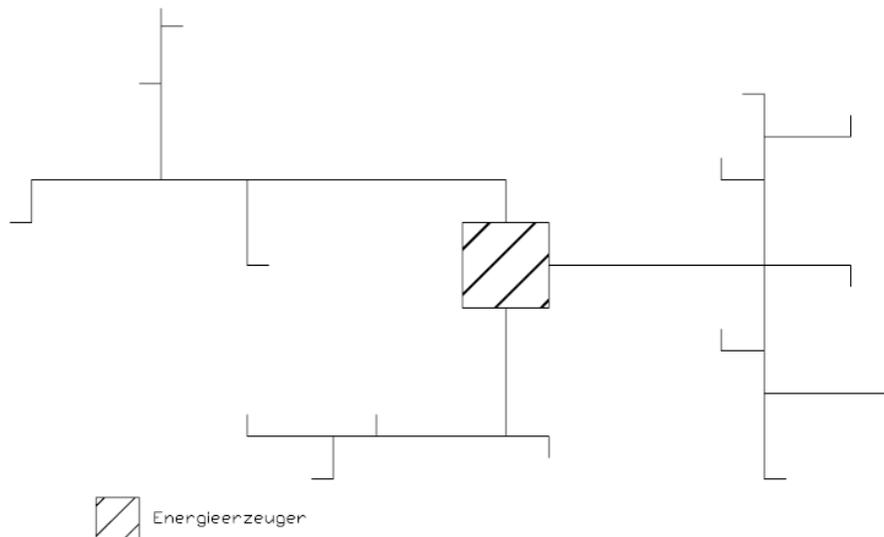
Ein wesentlicher Unterschied zu den Dampfnetzen liegt im Aggregatzustand des Wärmeträgers. Warmwassernetze werden üblicherweise bis 120 °C betrieben, während Heißwassernetze ab 120 °C bis maximal 200 °C betrieben werden, wodurch sich höhere Drücke ergeben. Heißwassernetze sind aufgrund der hohen Systemdrücke überwachungspflichtig und kommen vor allem für industrielle Zwecke zum Einsatz.

### *Netzformen*

Grundsätzlich lassen sich die Fernwärmenetze in drei Grundformen einteilen:

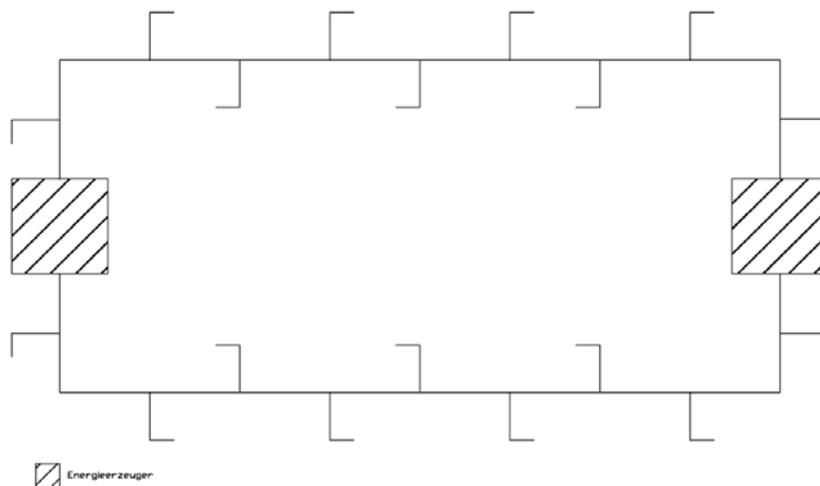
- Strahlennetz
- Ringnetz
- Maschennetz

Bei dem in Abb. 5.12 ersichtlichen Verteilsystem handelt es sich um eine so genannte Linienversorgung. Bei dieser Netzform verlaufen die Leitungen von einem Einspeisepunkt ausgehend strahlenförmig zu den Verbrauchern. Diese Art des Fernwärmenetzes wird vorwiegend bei kleineren Anlagen realisiert.



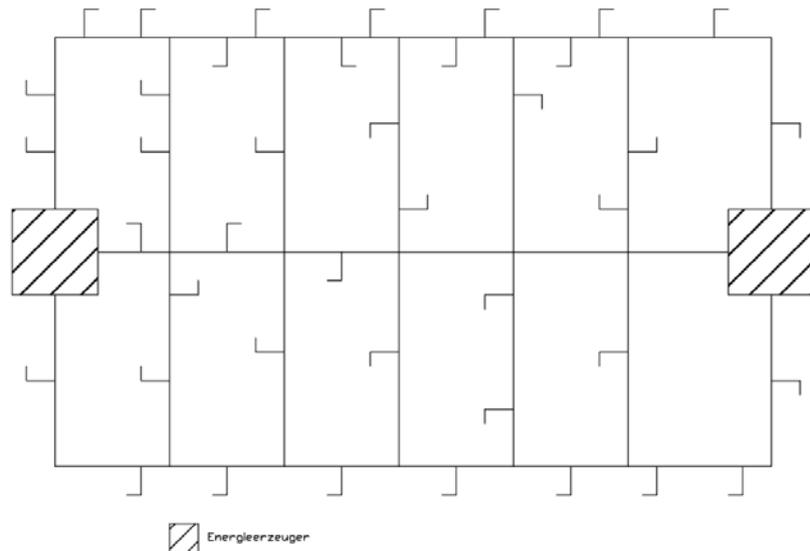
**Abb. 5.12:** Einfache Darstellung eines Strahlennetzes

Bei dem in Abb. 5.13 ersichtlichen Verteilsystem wird das gesamte Versorgungsgebiet von einem geschlossenen Ring versorgt. Jeder Abnehmer wird von beiden Richtungen mit Wärme versorgt. Diese Art des Fernwärmenetzes gewährleistet eine hohe Versorgungssicherheit und wird überwiegend bei großen Versorgungsgebieten verwendet.



**Abb. 5.13:** Einfache Darstellung eines Ringnetzes

Bei dem in Abb. 5.14 ersichtlichen Verteilsystem handelt es sich prinzipiell um eine Kombination aus einem Strahlennetz und einem Ringnetz. Dadurch erreicht man eine hohe Versorgungssicherheit, muss aber höhere Netzkosten in Kauf nehmen.



**Abb. 5.14:** Einfache Darstellung eines Maschennetzes

### *Rohrsysteme*

Für den Aufbau eines Fernwärmenetzes stehen je nach Betriebsparameter unterschiedliche Rohrsysteme zur Verfügung.

Kunststoffverbundmantelrohre (KMR) [44] werden aufgrund ihrer hohen Druck- und Temperaturbeständigkeit (bis 146 °C, 16 bar; Sonderausführungen bis 25 bar) am häufigsten eingesetzt. Diese Rohrsysteme sind als Rohrstangen in einem Nennweitenbereich von DN 15 – DN 1200 erhältlich. Aufgrund der hohen Betriebssicherheit und der „geringen“ Materialkosten hat sich dieses Rohrsystem als Standard herauskristallisiert, jedoch stehen dem günstigen Materialpreis aufwendige Verlegemaßnahmen gegenüber.

Durch moderne Verlegetechnologien im kleinen und mittleren Rohrnennweitenbereich konnte mittels Kaltverlegung der Aufwand jedoch reduziert werden. Die Verbindung der KMR erfolgt durch Schweißen. Für die Verbindung der Mantelrohre stehen spezielle Muffenverbindungen zur Verfügung. Hausanschlussleitungen können entweder durch eingeschweißte T – Formstücke oder mittels Anbohrtechnik realisiert werden. Durch diese Technologie können auch während des Betriebes Anschlüsse realisiert werden.

Diese Kunststoffverbundmantelrohre bestehen aus einem Stahlmediumrohr, welches mit einer Dämmschicht aus Polyurethan und dem Mantelmaterial Polyethylen kraftschlüssig verbunden ist.

Zur Kompensation der auftretenden Spannungen und Dehnungen sind eine aufwendige Rohrnetzstatik und gegebenenfalls Kompensationsmaßnahmen erforderlich (nicht selbstkompensierendes Rohrsystem).

Die Druck- und Temperaturbeständigkeit von flexiblen Kunststoffmediumrohren (PMR) [44] liegen bei 85 - 95 °C und 6 - 10 bar und werden sowohl als Hausanschlussleitungen, als auch als Verteilleitung in Nahwärmenetzen verwendet. Sie sind bis zu einer Nennweite von DN 110 als Rollenware (50 - 100 m) erhältlich. Diese flexiblen Kunststoffmediumrohre eignen sich aufgrund ihrer Flexibilität besonders bei komplizierten Trassenführungen.

Bei diesen flexiblen Kunststoffmediumrohren ist das Mediumrohr zumeist mit einer Dämmschicht aus semiflexiblem Polyurethan verbunden. Diese Dämmschicht ist mit dem Mantel aus Polyethylen kraftschlüssig verbunden.

Im Gegensatz zu den Kunststoffverbundmantelrohren ist bei den flexiblen Kunststoffmediumrohren ein nachträglicher Anschluss an das im Betrieb befindliche Netz zwar möglich, aber wesentlich aufwendiger. Ein Anbohren der Leitungen ist hier nicht möglich.

Ein weiterer Nachteil gegenüber dem KMR liegt im höheren Preis für Rohre und Formstücke, der überproportional mit der Rohrnennweite ansteigt.

Flexible Metallmediumrohre (MMR) [44] werden aufgrund ihrer Temperatur- und Druckbeständigkeit (120 °C – 130 °C und 16 bar – 25 bar) sowohl als Hausanschlussleitungen, als auch als Verteilleitungen in Nahwärmenetzen verwendet. Ihr Einsatz wird vor allem bei komplizierten Trassenführungen aus wirtschaftlicher Sicht interessant.

Flexible Metallmediumrohre bestehen üblicherweise aus einem geraden Kupfermediumrohr, einem gewellten Kupfer- oder Edelstahlmetallmediumrohr bzw. aus weichgeglühtem Stahl. Als Dämmschicht wird entweder semiflexibles Polyurethan oder komprimierte Glaswolle verwendet. Als Mantelmaterial fungiert ein Polyethylenrohr.

Wellrohrsysteme sind vollständig selbstkompensierend während die geraden Rohrsysteme nur eingeschränkt selbstkompensierend wirken. Wellrohrsysteme sind bis zu Rohrnennweiten von DN 150 als Rollen verfügbar, während Geradrohrsysteme nur bis DN 28 als Rollenware erhältlich sind.

MMR weisen mit Ausnahme der höheren zulässigen Netzparameter (Temperatur, Druck) die gleichen Vorteile auf wie die PMR.

Aufgrund der höheren Investitionskosten werden MMR den PMR nur vorgezogen, wenn dies aufgrund der Netzparameter erforderlich ist. Wie bei den PMR besteht auch bei den MMR das Hauptverteilnetz aus KMR.

### **Energieabgabesysteme**

#### *Begriffe*

- Fernwärme-Hausanschlussleitung oder Hausanschlussleitung  
Ist die Verbindung zwischen dem Versorgungs- bzw. Verteilnetz und der Fernwärmeübergabestation.
- (Fern)Wärmeübergabestation  
Ist das Bindeglied zwischen der Fernwärme-Hausanschlussleitung und der Hausanlage. Hier erfolgen die Regelung und die hydraulische Entkoppelung der beiden Wärmeträgermedien. Diese Einrichtung bildet auch häufig die Eigentumsgrenze zwischen Energieversorger und Abnehmer. Üblicherweise werden die Flansche des Sekundäranschlusses als Eigentumsgrenze definiert, sodass die Wärmeübergabestation selbst noch Eigentum des Energieversorgers ist.
- Hausanlage  
Ist eine Anlage, die der Wärmeenergieübertragung bzw. -verteilung im Objekt selbst dient.
- Hauszentrale  
Dient der Wärmeübertragung von der Wärmeübergabestation an die Hausanlage, welche direkt oder indirekt erfolgen kann.
- Hausstation  
Die Gesamtanlage, welche aus der Wärmeübergabestation und der Hauszentrale besteht, wird als Hausstation bezeichnet.
- Fernwärmeanschluss  
Prinzipiell unterscheidet man zwei Arten von Anschlüssen. Verbraucher können direkt oder indirekt angeschlossen werden. Je nach Art der Sekundäranlage sind unterschiedliche vorgefertigte Übergabestationen verfügbar.

- Direkte Wärmeübergabe

Hier wird die Hausanlage direkt ohne hydraulische Entkoppelung direkt vom aus dem Fernwärmenetz kommenden Wärmeträgermedium durchströmt.

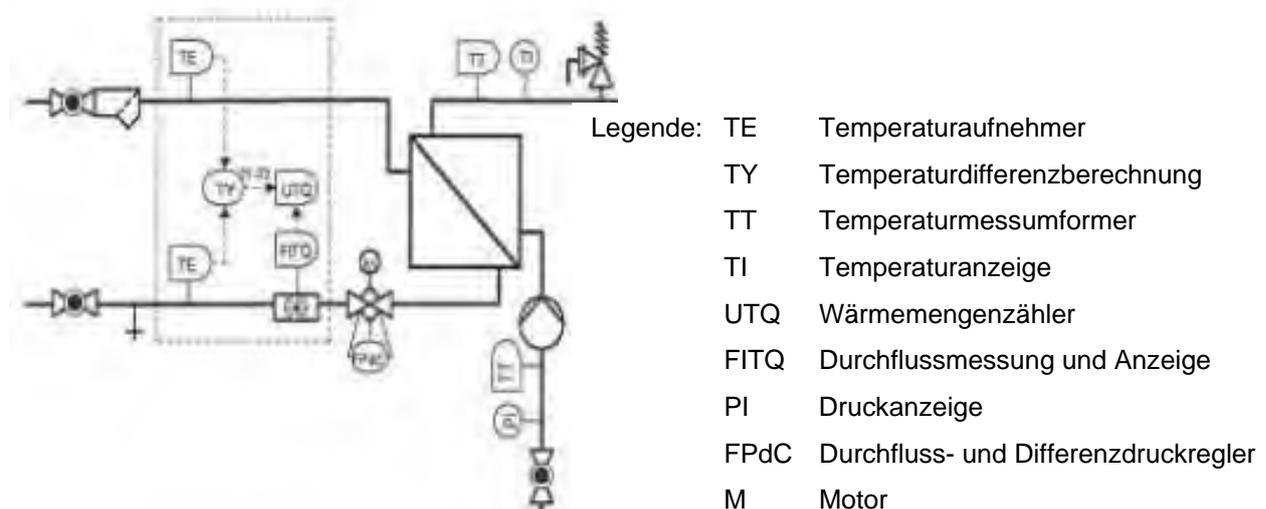
- Indirekte Wärmeübergabe

Hier erfolgt die Wärmeübertragung mittels Fernwärmeübergabestation.

Häufig werden in den technischen Anschlussbedingungen der Fernwärmenetzbetreiber auf hydraulische Schaltungen sowohl für den Primäranschluss, als auch für die Sekundäranlage verwiesen, die für einen Anschluss geeignet bzw. ungeeignet sind. Beispielsweise werden Differenzdruckregelungen mittels Überströmventil, Einspritzschaltungen oder Umlenkschaltungen mit Dreiwegeventil sowie Differenzdrucklose Verteiler mit Hauptpumpe und Vierwegmischer als nicht geeignet angeführt.

#### Abgabesysteme – FW - Übergabestationen

Die FW-Übergabestation stellt häufig nicht nur die technische Schnittstelle zwischen dem Fernwärmenetz und der Hausanlage dar, sondern auch die rechtliche Schnittstelle. Hier erfolgt die hydraulische Entkoppelung (Wärmetauscher) der beiden Systeme bei indirektem Fernwärmeanschluss. Häufig befindet sich auf der Primärseite (Fernwärmenetz) ein so genanntes Kombireglerventil (Differenzdruck- und Temperaturregler) welches eine stabile Energiebereitstellung gewährleisten soll. Ebenfalls auf der Primärseite befinden sich die messtechnischen Erfassungseinheiten (Wärmemengenzähler). Auf der Sekundärseite der FW – Übergabestation können je nach kundenspezifischen Anforderungen unterschiedliche Module wie z.B. Heizungsmodul für Radiatoren, Warmwassermodul oder Mischermodule verbaut sein. Sekundärseitig erfolgt üblicherweise eine witterungsgeführte Temperaturregelung, um einen effektiven Heizbetrieb zu gewährleisten. Das Schema einer FW – Übergabestation ist in Abb. 5.15 ersichtlich.

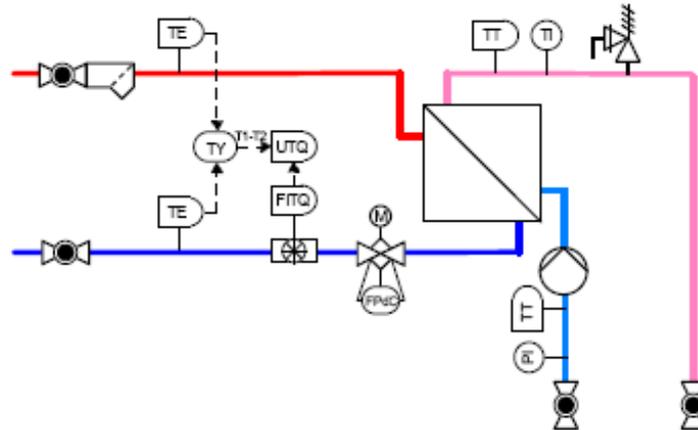


**Abb. 5.15:** Schema einer FW-Übergabestation mit Regleinrichtungen [45]

#### Hydraulische Schaltungen der FW-Übergabestationen

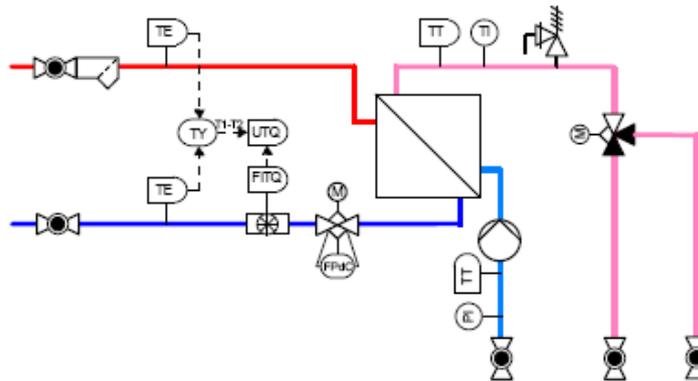
Fernwärmeübergabestationen werden in unterschiedlicher Konfiguration (modulare Bauweise) angeboten. Je nach Anwendungsbedarf des Abnehmers gibt es unterschiedliche Module wie z.B. Heizungsmodul (Radiatoren), Brauchwassermodul und Mischermodule (z.B. für Niedertemperatursystem wie Fußbodenheizungen usw.). Häufig werden diese Stationen auch als Kompaktstationen angeboten. Derartige Kompaktstationen beinhalten verrechnungstechnische Einrichtungen wie z.B. Wärmemengenzähler und entsprechende Regleinheiten zu meist als Kombiregler ausgeführt (Temperatur und Differenzdruck). Diese FW-Übergabestationen trennen hydraulisch den Energiebereitstellungskreis vom Verbraucherkreis. Die Re-

gelung erfolgt üblicherweise außertemperaturgeführt. Abb. 5.16 zeigt ein Schema einer FW-Übergabestation für einen Heizkreis.



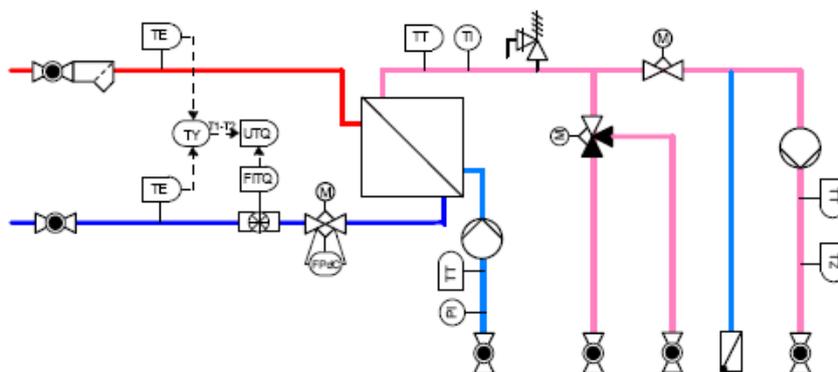
**Abb. 5.16:** Schema einer FWÜ mit einem Heizkreis [46]

In Abb. 5.17 ist das Schema einer FW-Übergabestation für einen witterungsgeführten Heizkreis und einer Brauchwassererwärmung ersichtlich.



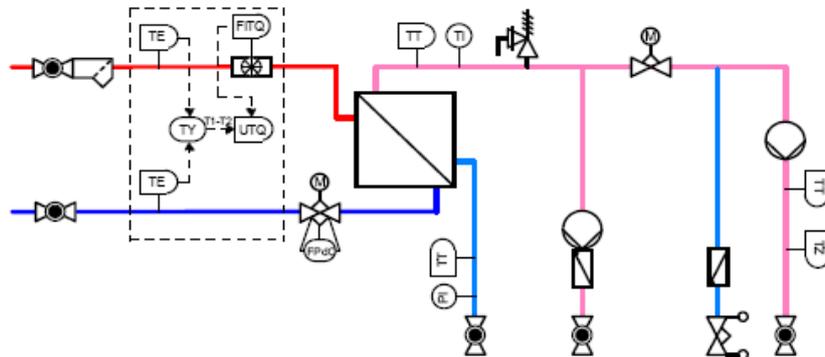
**Abb. 5.17:** Schema einer FWÜ mit Führungsheizkreis und Brauchwasserbereitung [46]

Die Abb. 5.18 zeigt das Schema einer FW-Übergabestation mit einem witterungsgeführten Führungsheizkreis, Brauchwassererwärmung und einem Mischerkreis (der als Einspritzschaltung ausgeführt ist) beispielsweise zum Betrieb einer Fußbodenheizung.



**Abb. 5.18:** Schema einer FWÜ mit Führungsheizkreis, Brauchwasserbereitung und Mischerkreis [46]

Die Abb. 5.19 zeigt das Schema einer FW-Übergabestation mit einem witterungsgeführten Führungsheizkreis und einem untergeordneten Mischerkreis (der wiederum als Einspritzregelung ausgeführt ist).



**Abb. 5.19:** Schema einer FWÜ mit einem witterungsgeführten Führungsheizkreis und einem Mischerkreis [46]

Im Hinblick auf eine Nutzung der Fernwärmeübergabestation über die Sommermonate zum Antrieb einer Sorptionskältemaschine stellt die witterungsgeführte Regelung der Sekundärvorlauftemperaturen ein ernstes Problem dar. Um zum Beispiel den Betrieb einer Absorptionswärmepumpe zu gewährleisten sollte die Vorlauftemperatur der Sekundäranlage einerseits „hohe“ Temperaturen (mind. 75°C) annehmen und andererseits relativ konstant gehalten werden. Daher ist eine Adaptierung der FW-Übergabestationen auf jeden Fall erforderlich. Einen weiteren wesentlichen Gesichtspunkt stellt die hydraulische Einbindung einer thermischen Kältemaschine (Sorptionskältemaschine) in den Sekundärkreis dar.

## 5.2.2 Ist – Zustand der KWK-Systeme

In diesem Kapitel soll ein Überblick über den IST-Zustand der zu betrachtenden KWK-Systeme vermittelt werden.

### **KWK-System Oberpullendorf**

#### *Energiebereitstellung*

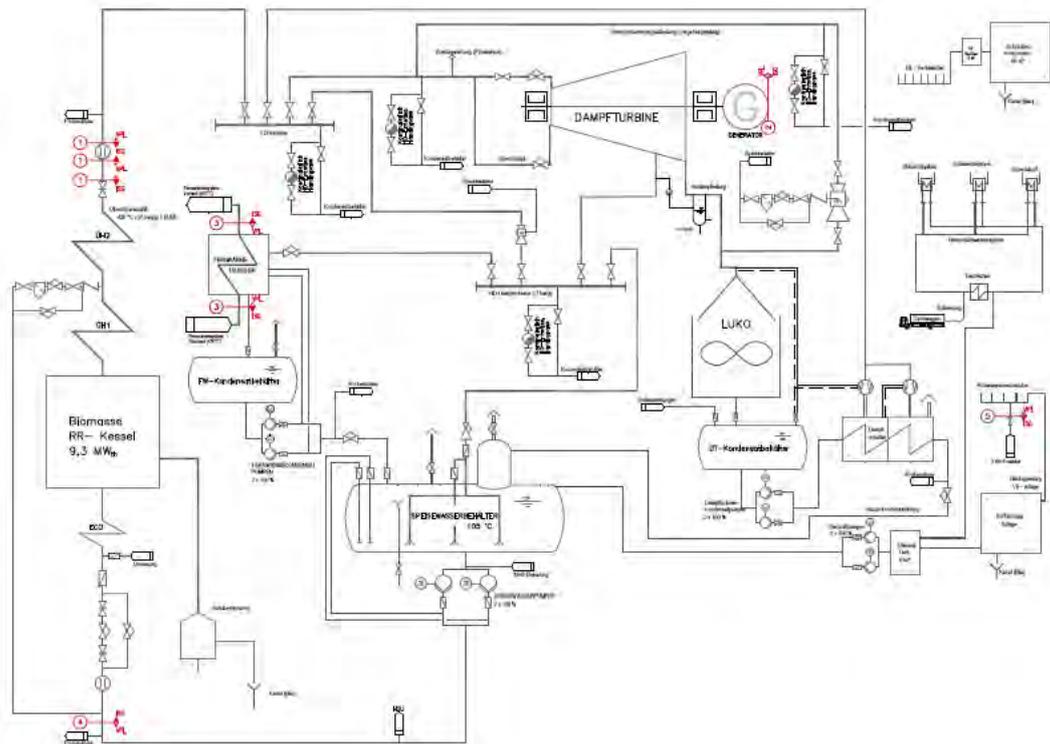
Bei diesem Biomasse-Kraftwerk handelt es sich um einen klassischen Dampfturbinenprozess mit einer Brennstoffwärmeleistung von 9,3 MW<sub>th</sub>. Im Detail handelt es sich um eine Entnahme-Kondensationsturbine mit zwei Anzapfungen mit Entnahmedrücken von 13,64 bar (HD-Schiene) und 1,76 bar (ND-Schiene). Dieser Prozess wird stromgeführt so betrieben, dass 2,15 MW<sub>el</sub> bereitgestellt werden. Davon werden 2 MW<sub>el</sub> ins Leitungsnetz der BEWAG eingespeist und nach dem Ökostromgesetz vergütet. Neben dem Biomassekessel ist bei diesem Kraftwerk ein 3 MW<sub>th</sub> Gaskessel installiert, um Lastspitzen abzudecken und Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.

In Abb. 5.20 ist das Schema der Biomasse-KWK-Anlage Oberpullendorf ersichtlich.

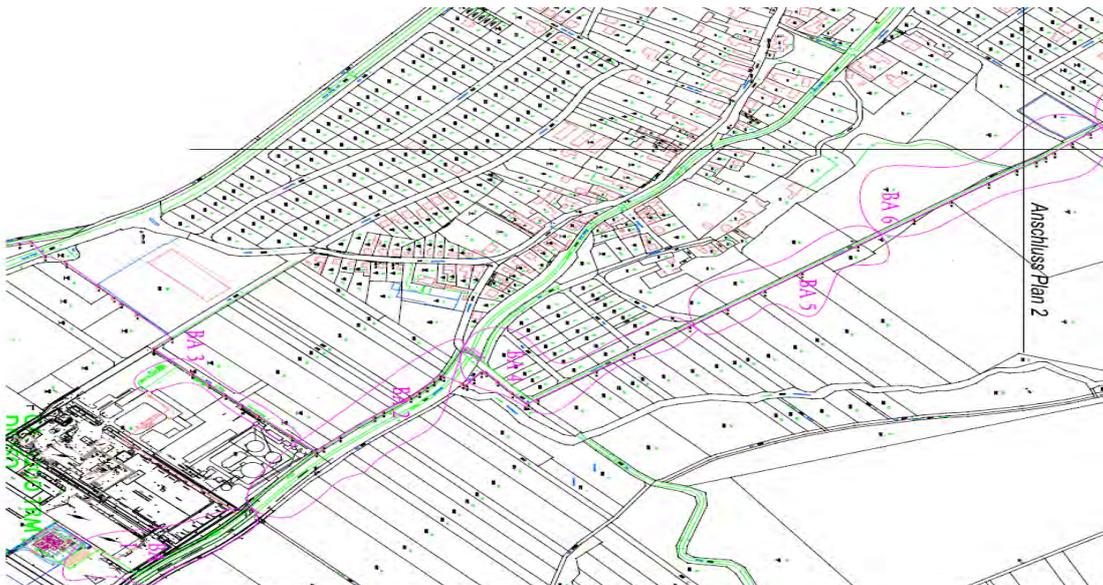
#### *Energieverteilung*

Die Länge des Fernwärmenetzes dieses Biomassekraftwerks beträgt 3.500 m und versorgt zwei Großabnehmer. Das Fernwärmenetz ist als strahlenförmiges Verteilnetz im Zweileitersystem ausgeführt. Die Systemtemperaturen des Fernwärmenetzes sind mit 105 °C/75 °C festgelegt, die sowohl im Winter, als auch im Sommer aufgrund der Abnehmerstruktur konstant gehalten werden.

Die Abb. 5.21 zeigt eine Teilübersicht der Trassenführung des Oberpullendorfer Fernwärmenetzes.



**Abb. 5.20:** Anlagenschema Biomassekraftwerk Oberpullendorf [47]

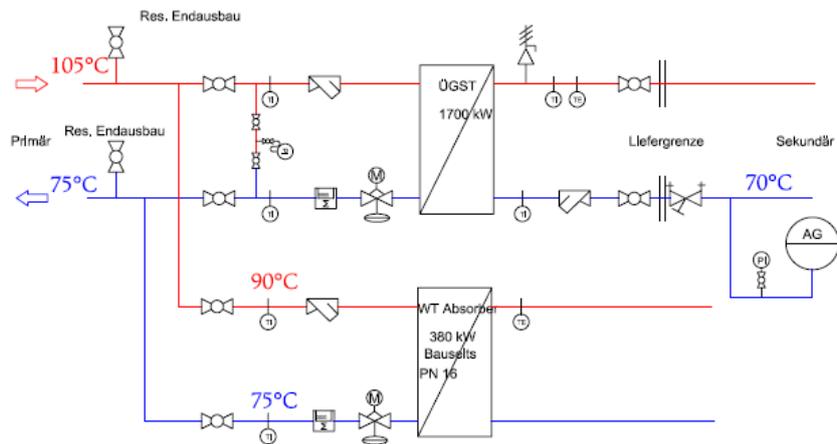


**Abb. 5.21:** Trassenführung Oberpullendorf [48]

### Energieabgabe

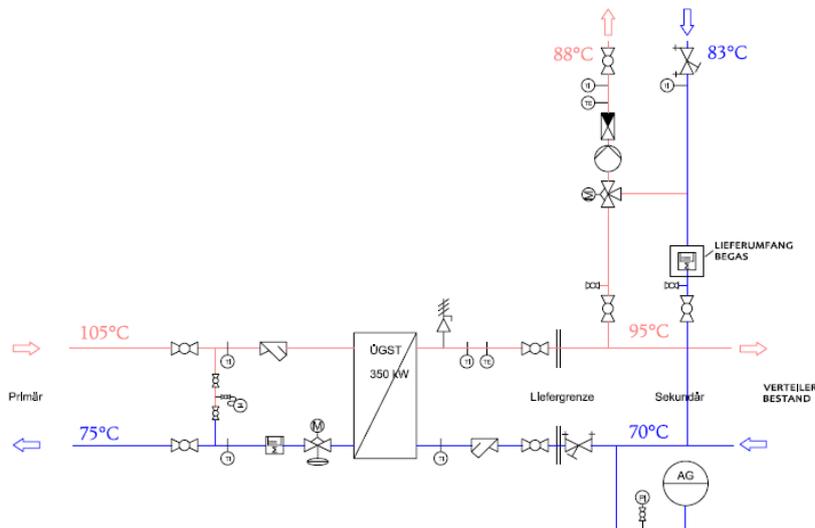
Die Abnehmer sind mittels indirekten Fernwärmeanschlusses (Fernwärmeübergabestation) in das Fernwärmenetz eingebunden. Als Wärmeabnehmer treten in diesem Fernwärmenetz die Umweltdienst Burgenland GmbH und das Krankenhaus Oberpullendorf auf. Der Großabnehmer Krankenhaus Oberpullendorf hat zusätzlich zu diesem indirekten Fernwärmeanschluss noch einen direkten Anschluss vorgesehen, um eine Absorptionskältemaschine (AbKM) mit den Netzvorlauftemperaturen betreiben zu können, um damit den COP (Coefficient of Performance) der AbKM durch höhere Vorlauftemperaturen zu verbessern.

Die Abb. 5.22 zeigt ein Schema der geplanten Einbindung der AbKM ins Fernwärmenetz. Diese AbKM soll die Kälteversorgung des KH Oberpullendorf sicherstellen. Bei dieser Einbindung handelt es sich um eine parallele (Vor- und Rücklauf) primärseitige Einbindung mittels Drosselschaltung.



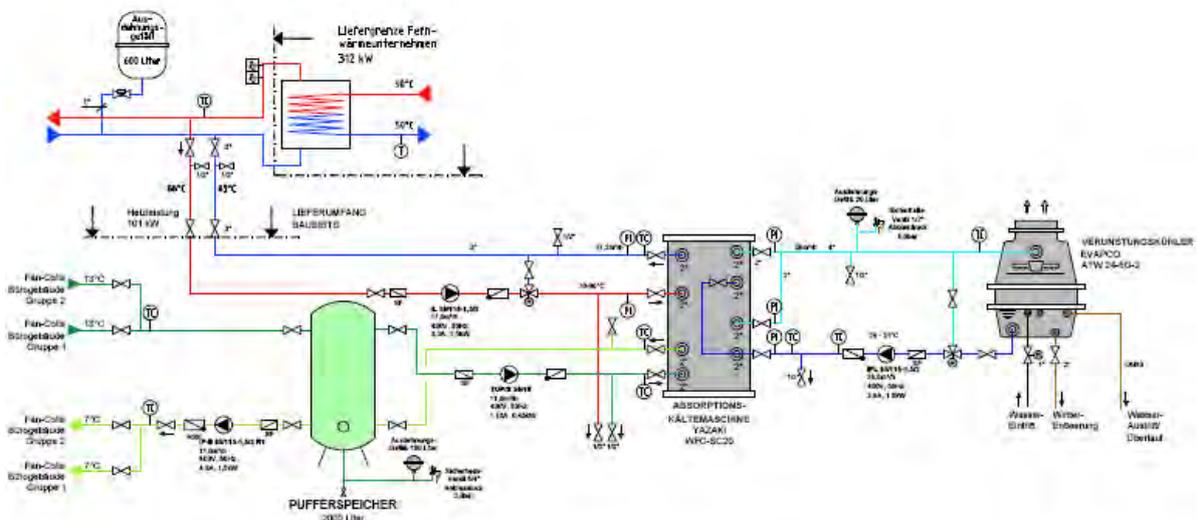
**Abb. 5.22:** Einbindungsschema primäre Systemintegration KH Oberpullendorf [48]

Die Abb. 5.23 zeigt die geplante sekundärseitige parallele Einbindung einer AbKM in die Hausanlage des Abnehmers mittels Beimischschaltung.



**Abb. 5.23:** Einbindungsschema sekundäre Systemintegration [48]

In Abb. 5.24 ist die sekundärseitige Einbindung einer 70 kW<sub>Kälte</sub> AbKM zur Klimatisierung des Verwaltungsgebäudes der UDB GmbH ersichtlich.



**Abb. 5.24:** Einbindungsschema UDB GmbH [48]

## **KWK-System Oberwart**

### *Energiebereitstellung*

Bei diesem Biomassekraftwerk handelt es sich um einen Kombinationsprozess mit einer Brennstoffwärmeleistung von  $9 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Der Brennstoff (Hackgut) wird in einem Wirbelschichtvergaser zu Holzgas umgewandelt. Dieses Produktgas wird entsprechend aufbereitet und einem Gasmotor zur Verstromung zugeführt. Die Abwärme des Gasmotors wird als Antriebsenergie für einen nachgeschalteten ORC-Prozess verwendet. Die Fernwärmeauskoppelung erfolgt im Arbeitsmittelkreis dieses Prozesses. Dieser Kombinationsprozess, in weiterer Folge als GMORC bezeichnet, wird ebenfalls stromgeführt betrieben, so dass  $2,4 \text{ MW}_{\text{el}}$  bereitgestellt werden. Die maximale Wärmeauskoppelung liegt bei diesem System bei ca.  $3,5 \text{ MW}_{\text{th}}$ .

### *Energieverteilung*

Die Systemtemperaturen des Fernwärmenetzes sind mit  $95 \text{ °C}/50 \text{ °C}$  festgelegt. Auch bei diesem Kraftwerk werden die Systemtemperaturen aufgrund der Verbraucherstruktur im Sommer beibehalten.

Die Länge des Fernwärmenetzes dieses Biomassekraftwerks beträgt  $5.300 \text{ m}$  und soll drei Großabnehmer versorgen. Das Fernwärmenetz ist ebenfalls als strahlenförmiges Verteilnetz im Zweileitersystem ausgeführt.

Die Abb. 5.25 zeigt eine Teilübersicht der Trassenführung des Oberwarter Fernwärmenetzes.



**Abb. 5.25:** Ortsnetz Oberwart [48]

### *Energieabgabe*

Die Abnehmer werden ausschließlich mittels indirekten Fernwärmenschlusses in das Fernwärmenetz eingebunden. Als Abnehmer treten in diesem Versorgungsnetz das Krankenhaus Oberwart, ein Einkaufszentrum und eventuell die Molkerei Oberwart auf.

Die Abb. 5.26 zeigt ein Schema der geplanten Einbindung der AbKM ins Fernwärmenetz. Diese AbKM soll die Kälteversorgung des KH Oberwart sicherstellen. Bei dieser Einbindung handelt es sich um eine parallele (Vor- und Rücklauf) sekundärseitige Einbindung mittels Drosselschaltung.

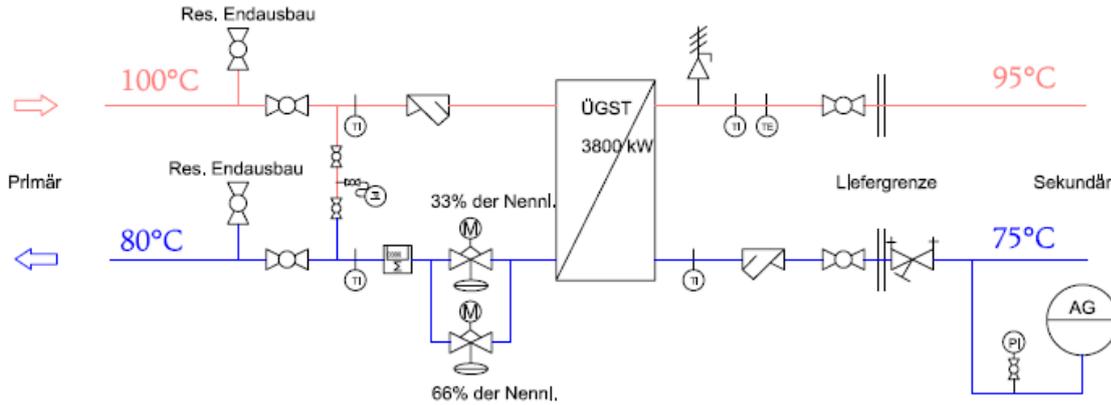


Abb. 5.26: Einbindungsschema KH Oberwart [48]

## KWK-System Eisenstadt

### Energiebereitstellung

Bei diesem Kraftwerk handelt es sich wie bei dem Biomassekraftwerk Oberpullendorf um einen klassischen Dampfturbinenprozess mit einer Brennstoffwärmeleistung von  $9,3 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Im Detail handelt es sich um eine Entnahme – Kondensationsturbine mit zwei Anzapfungen mit Entnahmedrücken von 13,64 bar (HD-Schiene) und 1,76 bar (ND-Schiene). Der Frischdampfzustand bei diesem Kraftwerk wurde mit  $430 \text{ °C}$  bei 27 bar ausgelegt. Dieses bioenergiebetriebene KWK – System wurde auf  $9,3 \text{ MW}_{\text{th}}$  Brennstoffwärmeleistung ausgelegt und stellt in diesem Lastpunkt  $2,318 \text{ MW}_{\text{el,Brutto}}$  und  $580 \text{ kW}_{\text{th}}$  zur Verfügung. Dieser Prozess wird stromgeführt betrieben, sodass  $2,15 \text{ MW}_{\text{el}}$  bereitgestellt werden können. Davon werden  $2 \text{ MW}_{\text{el}}$  ins das Leitungsnetz der BEWAG eingespeist und nach dem Ökostromgesetz vergütet. Neben dem Biomassekessel ist bei diesem Kraftwerk ein  $2 \text{ MW}_{\text{th}}$  Gaskessel installiert, um Lastspitzen abdecken und Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.

Die Abb. 5.27 zeigt einen Ausschnitt aus dem Kraftwerksdetailschema des KWK-Systems in Eisenstadt.

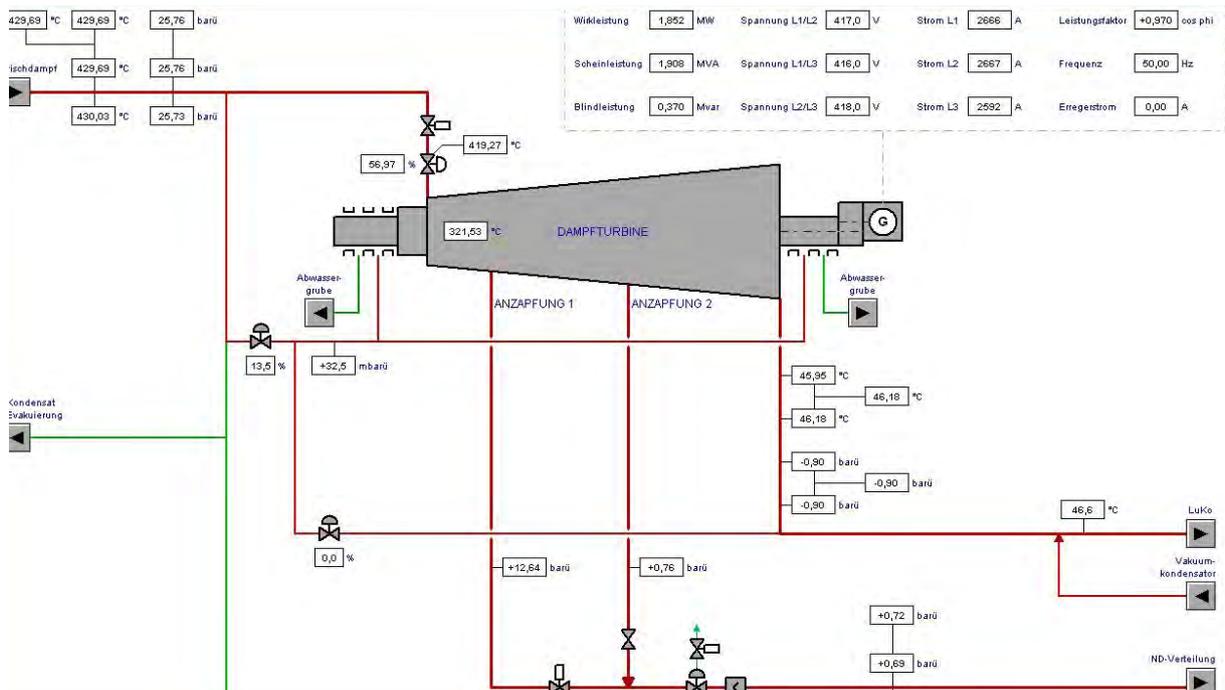


Abb. 5.27: Ausschnitt aus dem Anlagenschema Eisenstadt [48]

Aus Redundanz- und Engpassgründen wurde bei diesem Kraftwerk ein Gaskessel mit einer Brennstoffwärmeleistung von 2 MW<sub>th</sub> installiert, der Ausfälle und Lastspitzen im Fernwärmenetz ausgleichen soll. Ein Schema der Einbindung dieses Ersatzsystems ist in Abb. 5.28 ersichtlich.

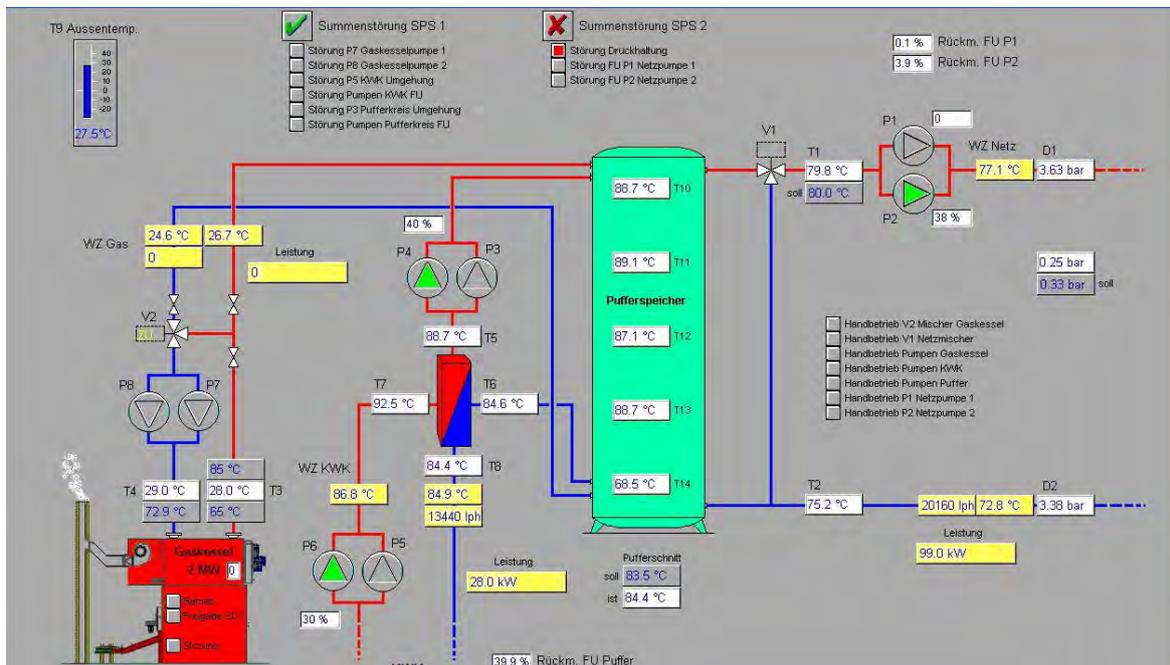


Abb. 5.28: Ausschnitt aus dem Anlagenschema Eisenstadt [48]

### Energieverteilung

Die Länge des Fernwärmenetzes dieses Biomassekraftwerks beträgt ca. 3.300 m und versorgt in der ersten Ausbaustufe ca. 6 größere Abnehmer, wie z.B. das Verwaltungsgebäude der Wirtschaftskammer. Das Fernwärmenetz ist als strahlenförmiges Verteilnetz im Zweileitersystem ausgeführt. Die Systemtemperaturen des Fernwärmenetzes sind außentemperaturgeführt. Im Winter wird das Fernwärmenetz mit den Systemtemperaturen 105 °C/75 °C und im Sommer mit 85 °C/55 °C betrieben.

Die Abb. 5.29 zeigt einen Ausschnitt aus dem Lageplan des Eisenstädter Fernwärmenetzes.

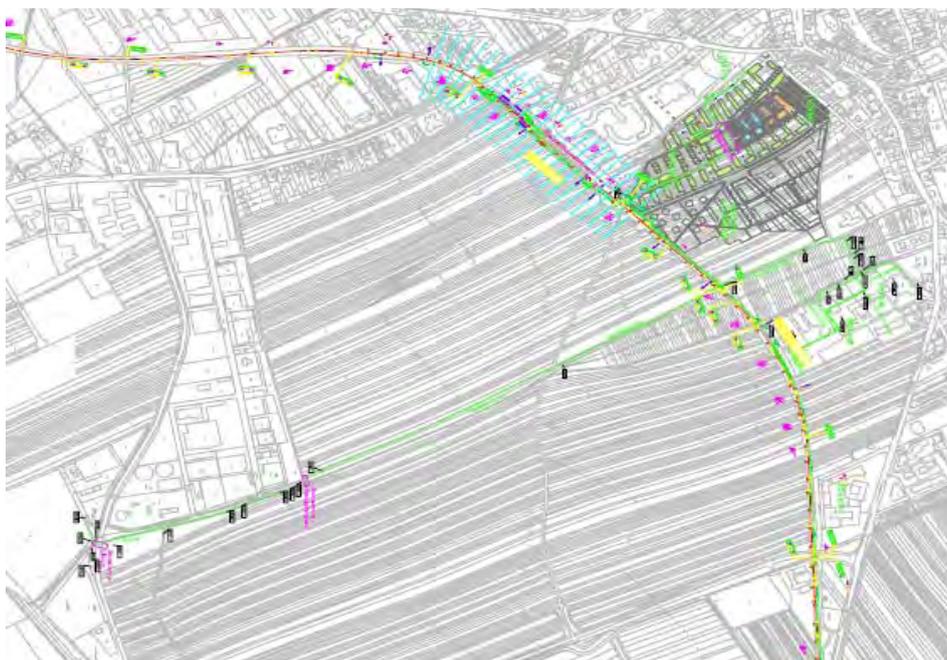


Abb. 5.29: Ortsnetz Eisenstadt [48]

## Energieabgabe

Die Abnehmer sind mittels indirekten Fernwärmeanschlusses (Fernwärmeübergabestation) in das Fernwärmenetz eingebunden. Als Wärmeabnehmer treten in diesem Fernwärmenetz ein Pflegeheim und ein Wohnbau mit 55 Wohneinheiten der Siedlungsgenossenschaft Neue Eisenstädter sowie eine Wohnhausanlage der Wohnbaugenossenschaft B-Süd, ein Kindergarten, eine Kläranlage und das Verwaltungsgebäude der Wirtschaftskammer Österreich auf. Da es sich bei der Abnehmerstruktur des Biomassekraftwerks Eisenstadt fast ausschließlich um Kleinabnehmer handelt, werden hier zur Wärmeübergabe so genannte Kompaktstationen verwendet. Ein Schema einer derartigen Kompaktstation mit einem Führungsheizkreis und einem Brauchwassermodul ist in Abb. 5.30 ersichtlich.

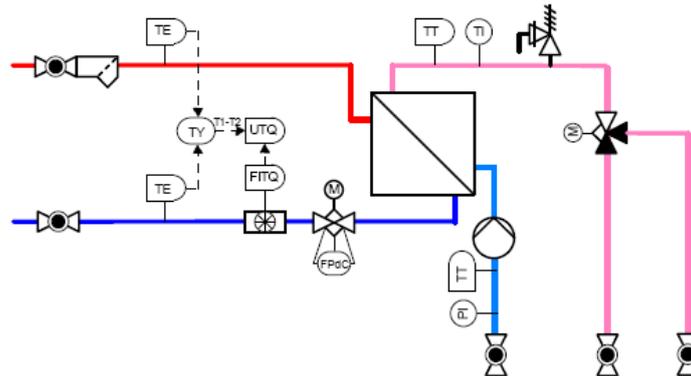


Abb. 5.30: Mögliche Kompaktstation [46]

## Kritische Parameter der bioenergiebetriebenen KWK-Systeme

In Tab. 5.7 sind die kritischen Parameter mit den zutreffenden Zahlenwerten der zu betrachtenden KWK-Systeme zu sehen. Die verbal angeführten Parameter sind für alle zu betrachtenden Anlagenkonzepte hinsichtlich der Erweiterung des KWK-Systems als kritisch zu betrachten.

Tab. 5.7: Kritische Parameter der betrachteten KWK-Systeme

Biomassekraftwerk	Parameter	Wertebereich	
Biomassekraftwerk Oberpullendorf	max. Wärmeauskoppelung	3 MW <sub>th</sub>	
	Rücklauftemperatur HEIKO	Sommer	75°C
		Winter	75°C
	elektrische Leistung	2,15 MW <sub>el, Brutto</sub>	
Biomassekraftwerk Oberwart	max. Wärmeauskoppelung	3,5 MW <sub>th</sub>	
	Rücklauftemperatur HEIKO	Sommer	50°C
		Winter	50°C
	elektrische Leistung	2,4 MW <sub>el, Brutto</sub>	
Biomassekraftwerk Eisenstadt	max. Wärmeauskoppelung	580 kW <sub>th</sub> + 2 MW <sub>th</sub>	
	Rücklauftemperatur HEIKO	Sommer	55°C
		Winter	75°C
	elektrische Leistung	2,318 MW <sub>el, Brutto</sub>	

Legende: HEIKO...Heizkondensator

### 5.2.3 Sorptionstechnik

In diesem Kapitel wird auf Grundlage wissenschaftlich fundierter Veröffentlichungen der derzeitige Stand der Technik hinsichtlich thermisch betriebener Sorptionskältemaschinen, deren unterschiedliche Prozesse und deren Anforderungen an das Energiebereitstellungssystem dargestellt.

Grundsätzlich unterscheidet man bei Kälteprozessen zwischen mechanisch betriebenen Maschinen und thermisch betriebenen Maschinen. Die Sorptionsprozesse zur Kältebereitstellung werden den thermischen Kaltdampfprozessen zugeordnet. Hinsichtlich der verwendeten Arbeitsmittel und Sorptionsmittel unterscheidet man zwischen Adsorptions- und Absorptionsprozessen.

Zur Beschreibung der Effizienz des Prozess wird der so genannte Coefficient of Performance (COP) herangezogen.

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_H + P_{el}} \quad (1)$$

Üblicherweise ist die benötigte elektrische Energie bei Absorptionskälteprozessen vernachlässigbar gering. Damit vereinfacht sich die Gleichung zu

$$\zeta = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_H} \quad (2)$$

und wird auch als Wärmeverhältnis bezeichnet.

#### **Kenndaten von Sorptionskältemaschinen**

Die Tab. 5.8 liefert einen Überblick über die relevanten Kenndaten von Sorptionskältemaschinen (Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen), wobei eine Unterscheidung hinsichtlich des eingesetzten Stoffpaares und des Leistungsbereichs durchgeführt wurde (siehe auch Anhang D).

**Tab. 5.8:** Kenndaten von Sorptionskältemaschinen (lt. Herstellerunterlagen, [49], [50])

Prozessart	Leistungsbereich [kW]	Stoffpaar	Heiztemperatur [°C]	Kaltwassertemperatur [°C]	Kühlwassertemperatur [°C]	COP
Absorption	4,5 – 10	H <sub>2</sub> O/LiBr	75 – 120	6 – 7	27 – 35	0,42 – 0,78
	15 – 11.630		80 – 135	6 – 10	24 – 34	0,6 – 0,75 < 1,2 (zweistufig)
	5 – 18,4	NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O	ab 78	-45 - +3	ab 24	0,65 – 0,7
	100 – 10.000		90 – 180	-50 - +2	25 – 34	0,35 – 0,55
Adsorption	5,5 – 7,5	Silicagel/H <sub>2</sub> O	65 – 90	8 – 15	20 – 35	0,5 – 0,6
	50 – 500		50 – 100	ab 3	25 - 32	0,5 – 0,7

#### **Kritische Parameter**

Als kritische Parameter sind einerseits Faktoren des Versorgungsnetzes (Pumpenleistung, Vorlauf- und Rücklauftemperaturen) und die limitierenden Faktoren der Fernwärmeübergabestationen (Volumenstrombegrenzung, Rücklauf Temperaturbegrenzung, Druckverluste, hydraulische Schaltungen usw.) und andererseits die für den Betrieb der AbKM erforderlichen Faktoren (Vorlauftemperaturen, Volumenströme usw.) zu betrachten.

Die Art der Einbindung und die Auswahl der Absorptionskältemaschine werden von diesen Parametern und Faktoren maßgeblich beeinflusst.

Um eine Vorselektion der Sorptionskältemaschinen treffen zu können, ist es erforderlich die kritischen (limitierenden) Faktoren des jeweiligen Anlagentyps zu erheben und mit den vor-

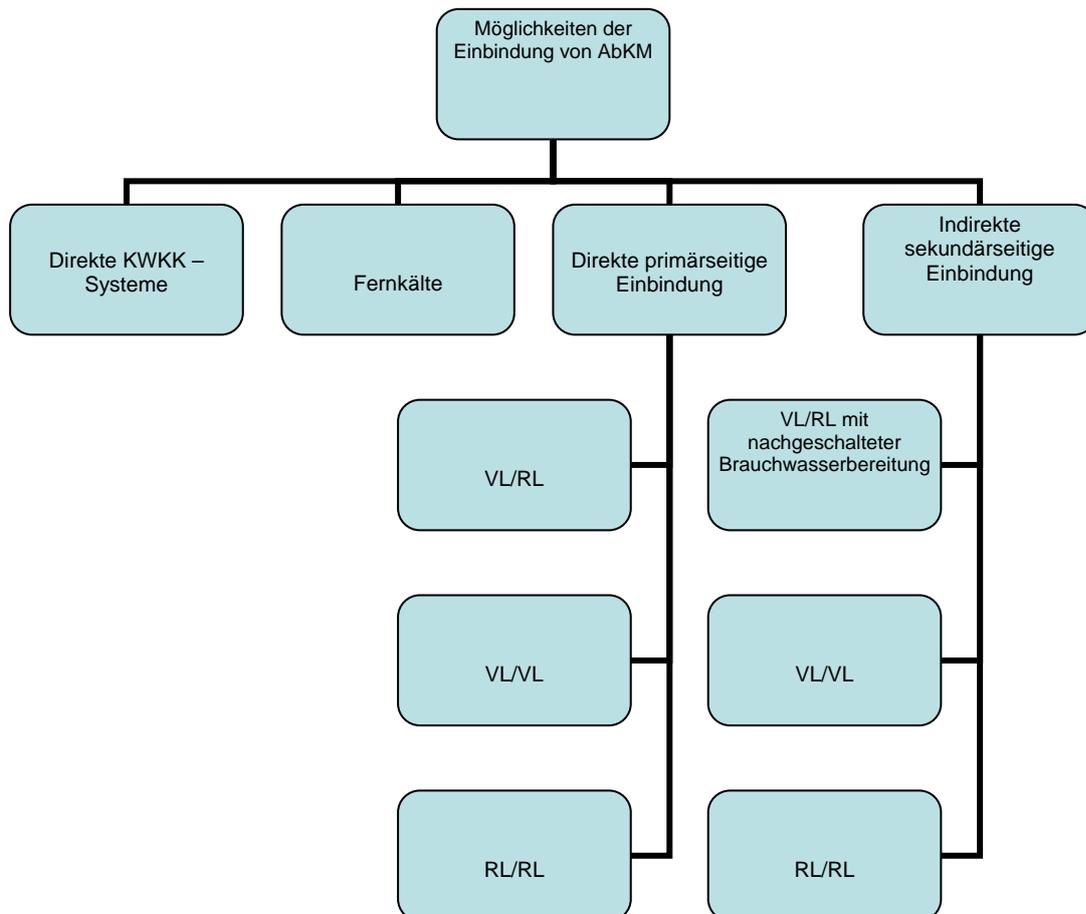
herrschenden Rahmenbedingungen abzustimmen. In Tab.5.9 sind die für die Auswahl der Sorptionskältemaschine erforderlichen Parameter aufgelistet.

**Tab. 5.9:** Kritische Parameter

Anlagenart		Anlagenparameter		
		Austreiber-temperatur	Kaltwasser-temperatur	Kühlwasser-temperatur
Absorptions- kälteanlage	single	80°C – 110°C	ab 4°C ab – 60°C	ab 24°C
	double	130°C – 160°C	ab 4°C ab – 60°C	
Adsorptionskälteanlage		60°C – 100°C	ab 3°C	ab 25°C
Desiccant Evaporative Cooling		ab 45°C	ab 16°C	keine Rückkühlung erforderlich

### 5.2.4 Systemintegration und Schnittstellenoptimierung

Grundsätzlich sind mehrere Varianten zur Einbindung von Absorptionskältemaschinen in Nah- und Fernwärmenetzen möglich. Eine Einteilung der unterschiedlichen Einbindungsmöglichkeiten ist in Abb. 5.31 ersichtlich.



**Abb. 5.31:** Überblick der Einbindungsmöglichkeiten

Legende: VL...Vorlauf  
RL...Rücklauf

### **Direkte KWKK-Systeme**

Bei dieser Variante befindet sich die eigentliche Kältezentrale im Kraftwerk selbst. Das mit Kälte zu versorgende Objekt (zumeist Großabnehmer) befindet sich im unmittelbaren Nahbereich des KWKK-Systems.

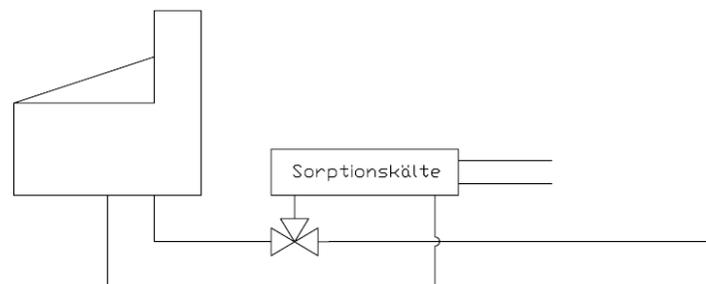
### **Fernkälte**

Auch bei dieser Variante erfolgt die Kältebereitstellung durch eine Kälteanlage im Kraftwerk selbst. Im Gegensatz zu den direkten KWKK-Systemen befinden sich die zu versorgenden Objekte nicht im unmittelbaren Nahbereich des Kraftwerks. Es wird zusätzlich zum Fernwärmenetz ein Kältenetz aufgebaut.

### **Direkte primärseitige Einbindung (dezentrale Nahkälte)**

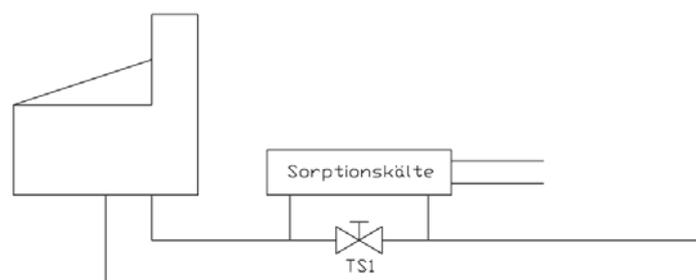
Bei diesem System wird die AbKM direkt mit dem Fernwärmewasser zur Desorption versorgt. In Abhängigkeit der Rahmenbedingungen (Vorlauftemperatur, Rücklaufemperaturbegrenzung usw.) stehen verschiedene Einbindungsvarianten zur Verfügung.

Die Standard – Einbindungsvariante stellt die VL/RL – Einbindung dar. Nachteilig wirkt sich hier jedoch die Rücklaufemperaturanhebung (aufgrund der geringen Temperaturspreizung dieser Systeme) aus. Eine schematische Darstellung dieser Einbindungsart ist in Abb. 5.32 ersichtlich.



**Abb. 5.32:** Schema der primärseitigen Einbindung VL/RL

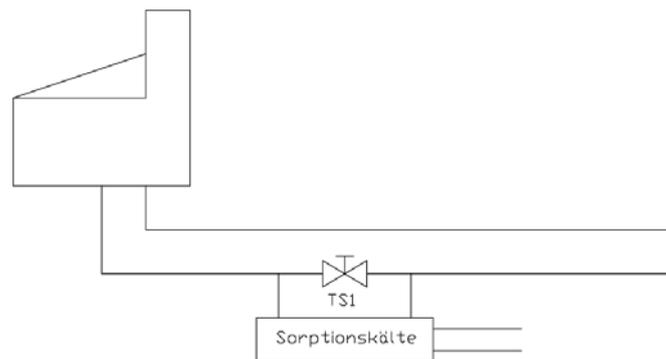
Die zweite Variante (VL/VL) vermeidet eine Anhebung der Netzurücklaufemperatur und trägt durch die Auskühlung des Netzvorlaufs zur Reduktion der Leitungsverluste bei. Aufgrund der in Abb. 5.33 ersichtlichen hydraulischen Einbindung ist diese Variante mit zusätzlichem Regel- und Pumpaufwand verbunden. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu ermöglichen muss in die Teilstrecke, gekennzeichnet mit TS1, ein zusätzlicher Strömungswiderstand eingebaut werden, um einen hydraulischen Abgleich und damit eine gute Regelbarkeit zu gewährleisten. Dieser Umstand wirkt sich nachteilig auf die erforderliche Pumpenergie aus.



**Abb. 5.33:** Schema der primärseitigen Einbindung VL/VL

Die dritte Variante (RL/RL) findet nur dann Anwendung, wenn die Netzurücklaufemperatur noch ein zum Betrieb von thermischen Kälteanlagen ausreichendes Temperaturniveau aufweist. Der Vorteil dieser Einbindungsvariante stellt die weitere Auskühlung der Netzurücklauf-

temperaturen dar und führt damit zur Erhöhung der Systemeffizienz. Ebenso wie bei der zweiten Variante ist bedingt durch die hydraulische Einbindung ein zusätzlicher Regel- und Pumpaufwand gegeben. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu ermöglichen muss in die Teilstrecke, gekennzeichnet mit TS1, ein zusätzlicher Strömungswiderstand eingebaut werden, um einen hydraulischen Abgleich und damit eine gute Regelbarkeit zu gewährleisten. Auch hier wirkt sich dieser Umstand nachteilig auf die erforderliche Pumpenergie aus. Bei dieser Variante ist durch ein temperaturgeregeltes Durchflussventil zwischen VL und RL dafür zu sorgen, dass die Minimaltemperatur zum Betrieb der AbKM sichergestellt wird. Die Abb. 5.34 zeigt die schematische Einbindung der AbKM in das Verteilnetz.

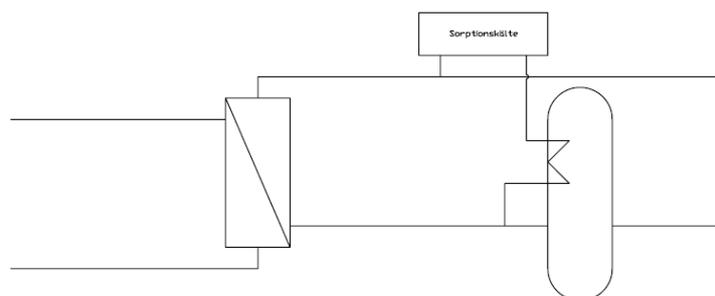


**Abb. 5.34:** Schema der primärseitigen Einbindung RL/RL

#### **Indirekte sekundärseitige Einbindung (dezentrale Versorgung)**

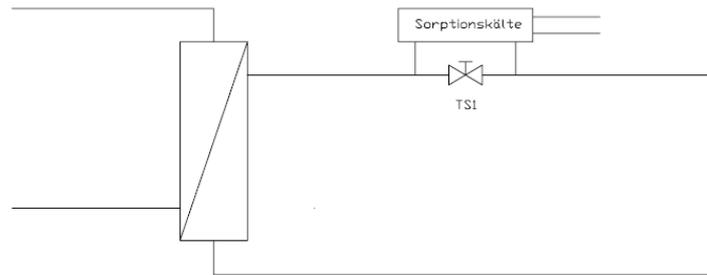
Bei der sekundärseitigen Einbindung befindet sich die Sorptionskälteanlage im Regelfall im Besitz des Abnehmers (Ausnahme z.B. Anlagen-Contracting). Die Kältemaschine selbst wird nicht mehr vom Primärwasser (Netzwasser) durchsetzt. Beide Systeme sind durch eine Fernwärmeübergabestation hydraulisch getrennt. Aufgrund der zumeist durch den Fernwärmenetzbetreiber vorgeschriebenen technischen Anschlussbedingungen muss eine bestimmte Rücklauftemperatur eingehalten werden bzw. sind einige hydraulische Schaltungen auch sekundärseitig nicht zulässig. Bei der Einbindung einer thermisch betriebenen Kältemaschine stellt die Übertragungsleistung bzw. der maximal zulässige Massenstrom die limitierenden Faktoren hinsichtlich der maximalen Kälteleistung dar.

Bei der ersten Schaltung (VL/RL mit nachgeschalteter Brauchwassererwärmung) handelt es sich um einen eigenen Vorschlag, der folgende kritische Parameter vermeiden soll. Durch die nachgeschaltete Brauchwasserbereitung soll ein Anstieg der Rücklauftemperatur vermieden werden. Als weiterer Vorteil dieser Kombinationsschaltung ist die Einsparung eines eigenen Brauchwassermoduls im Kompaktmodul zu nennen. Nachteilig bei dieser Variante wirken sich die zusätzlichen Apparaturen (Regelventile usw.) aus. In Abb. 5.35 ist das Einbindungsschema ersichtlich.



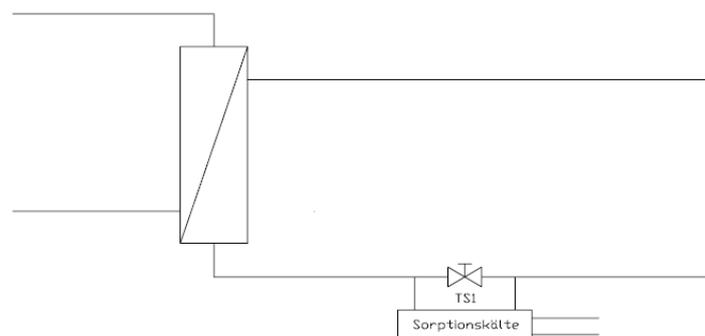
**Abb. 5.35:** Schema der sekundärseitigen Einbindung inkl. Warmwasserbereitung

Die zweite Variante der sekundärseitigen Einbindung (VL/VL) vermeidet eine Anhebung der Rücklauf­temperatur. Durch die zusätzliche Spreizung der AbKM sinkt die Vorlauf­temperatur für die nachfolgenden Verbraucher und damit auch die Leitungsverluste bei der sekundären Verteilung. *Es ist darauf zu achten, dass auch dem ungünstigsten Verbraucher noch die benötigte Vorlauf­temperatur zur Verfügung steht!* In Abb. 5.36 ist das Schema für die sekundärseitige VL/VL – Einbindung ersichtlich. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu ermöglichen muss in die Teilstrecke, gekennzeichnet mit TS1, ein zusätzlicher Strömungswiderstand eingebaut werden, um einen hydraulischen Abgleich und damit eine gute Regelbarkeit zu gewährleisten. Auch hier wirkt sich der Einbau eines zusätzlichen Strömungswiderstandes nachteilig auf die erforderliche Pumpenergie aus.



**Abb. 5.36:** Schema der sekundärseitigen Einbindung VL/VL

Wie auch bei der primärseitigen Einbindung der AbKM findet auch bei der sekundärseitigen Einbindung die RL/RL – Variante nur dann Anwendung, wenn das Temperaturniveau des Rücklaufs noch einen Betrieb der AbKM zulässt. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu ermöglichen muss in die Teilstrecke, gekennzeichnet mit TS1, ein zusätzlicher Strömungswiderstand eingebaut werden, um einen hydraulischen Abgleich und damit eine gute Regelbarkeit zu gewährleisten. Dies bedingt wiederum einen höheren Pumpenenergieeinsatz. Auch bei der sekundären Einbindung ist durch ein temperaturgeregeltes Durchflussventil zwischen VL und RL dafür zu sorgen, dass die Minimaltemperatur für den Betrieb der AbKM sichergestellt wird. In Abb. 5.37 ist ein Schema der sekundärseitigen RL/RL – Einbindung ersichtlich.



**Abb. 5.37:** Schema der sekundärseitigen Einbindung RL/RL

Bei den meisten dieser Einbindungsmöglichkeiten ist die Implementierung einer hydraulischen Schaltung vorzusehen, wobei darauf zu achten ist, dass nur diejenigen Schaltungen verwendet werden, die durch den Fernwärmebetreiber zugelassen sind. Es darf durch diese hydraulische Schaltung zu keiner Rücklauf­temperatur­anhebung kommen. Bei der Verwendung von hydraulischen Schaltungen ist auf die jeweiligen technischen Rahmenbedingungen des Fernwärmeversorgers Rücksicht zu nehmen. In den technischen Richtlinien des jeweiligen Fernwärmeversorgers sind zumeist jene hydraulischen Schaltungen, die nicht geeignet sind, dezidiert angeführt. Zum Beispiel sind all jene Schaltungen, die zu einer Anhebung der Rücklauf­temperatur führen, von den Fernwärmeversorgern ausgeschlossen (Umlenkschaltung mittels Dreiwegeventil, Einspritzschaltung mittels Dreiwegeventil, Vierwegmischer usw.).

Die Tab. 5.10 gibt einen Überblick über die nicht gestatteten hydraulischen Schaltungen von Abnehmeranlagen.

**Tab. 5.10:** Nicht gestattete hydraulische Schaltungen von Abnehmeranlagen [47]

Hydraulische Schaltung	Definition
Druckdifferenzregelung mittels Überströmventil	ÖNORM H 5142 – Bild 17
Umlenkschaltung mittels Dreiwegeventil	ÖNORM H 5142 – Bild 21
Einspritzschaltung mittels Dreiwegeventil	ÖNORM H 5142 – Bild 22
Vierwegemischer	ÖNORM H 5142 – Bild 26
Differenzdrucklose Verteiler mit Hauptpumpe	ÖNORM H 5142 – Bild 28
<b>Des weiteren sind Kurzschlüsse jeglicher Art nicht gestattet</b>	

### **Vor- und Nachteile der Einbindungsmöglichkeiten**

Die Tab. 5.11 zeigt die Vor- und Nachteile der oben angeführten Einbindungsmöglichkeiten auf.

**Tab. 5.11:** Überblick über die Vor- und Nachteile der Einbindungsvarianten

Einbindungsvariante		Vorteile	Nachteile
Primärseitige Einbindung	VL/RL	Hohe Vorlauftemperatur (keine zusätzliche Grädigkeit)	Rücklauftemperaturenanhebung aufgrund der geringen Spreizung der AbKM
	VL/VL	Hohe Vorlauftemperatur (keine zusätzliche Grädigkeit)	Temperaturniveau ungünstiger Verbraucher
		Auskühlung der Wärmenetzes im Vorlauf (Senkung der Netzverluste)	Zusätzlicher Strömungswiderstand (höhere Pumpaufwand)
	RL/RL	Zusätzliche Auskühlung des Fernwärmenetzes	Temperaturniveau im Rücklauf
Zusätzlicher Strömungswiderstand (höhere Pumpkosten)			
Sekundärseitige Einbindung	VL/RL	Rücklauftemperaturenanhebung durch Warmwasserbereitung vermieden	Zusätzliche Grädigkeit (niedrigeres Temperaturniveau)
	VL/VL	Absenkung der VL-Temperatur (geringere Verteilverluste)	Zusätzlicher Strömungswiderstand (höherer Pumpaufwand)
			Temperaturniveau ungünstigster Verbraucher
	RL/RL	Zusätzliche Auskühlung im Rücklauf	Temperaturniveau im Rücklauf
Zusätzlicher Strömungswiderstand (höherer Pumpaufwand)			

In der Tab. 5.12 sind die für diese Einbindungsvarianten erforderlichen Maßnahmen ersichtlich.

**Tab. 5.12:** Einbindungsvarianten und notwendige Maßnahmen

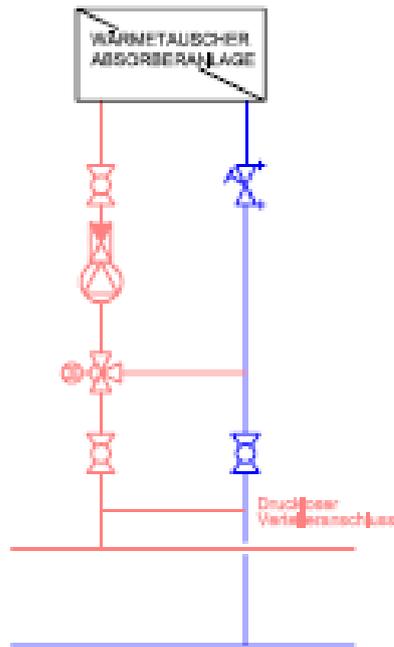
Einbindungsvariante		Maßnahmen
Primärseitige Einbindung	VL/RL	Einschweißen der primärseitigen Abgänge
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM
	VL/VL	Einschweißen der primärseitigen Abgänge im VL
		Strangreguliertventil zwischen den Primär – VL - Abgängen
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM
	RL/RL	Einschweißen der primärseitigen Abgänge im RL
		Strangreguliertventil zwischen den Primär – RL - Abgängen
		3 – Wegeventil (zwischen VL und RL) zur Gewährleistung eines ausreichenden Temperaturniveaus im Rücklauf
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM
Sekundärseitige Einbindung	VL/RL	Einschweißen der sekundärseitigen Abgänge
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM inkl. der Warmwasserbereitung zur Senkung der Rücklauftemperatur
	VL/VL	Einschweißen der sekundärseitigen Abgänge im VL
		Strangreguliertventil zwischen den Sekundär – VL - Abgängen
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM
	RL/RL	Einschweißen der sekundärseitigen Abgänge im RL
		Strangreguliertventil zwischen den Sekundär – RL - Abgängen
		3 – Wegeventil (zwischen VL und RL) zur Gewährleistung eines ausreichenden Temperaturniveaus im Rücklauf
		Aufbau der Pumpengruppe und der Einbauten
		Installation der AbKM

### **Hydraulische Schaltungen**

Die Beimischschaltung („druckloser“ Verteiler notwendig) wird immer dann verwendet wenn die Wärmequellentemperatur schwankt oder die Wärmequelle zu hohe Vorlauftemperaturen liefert. Mit dieser hydraulischen Schaltung wird eine Regelung der Sekundär-Vorlauftemperatur möglich.

Das Merkmal dieser Schaltung liegt darin, dass der Volumenstrom im Wärmeerzeugerkreis variabel ist und der Volumenstrom im Verbraucherkreis immer konstant bleibt.

Die Abb. 5.38 zeigt das Prinzipschema einer Beimischschaltung auf einem druckbehafteten Verteiler.

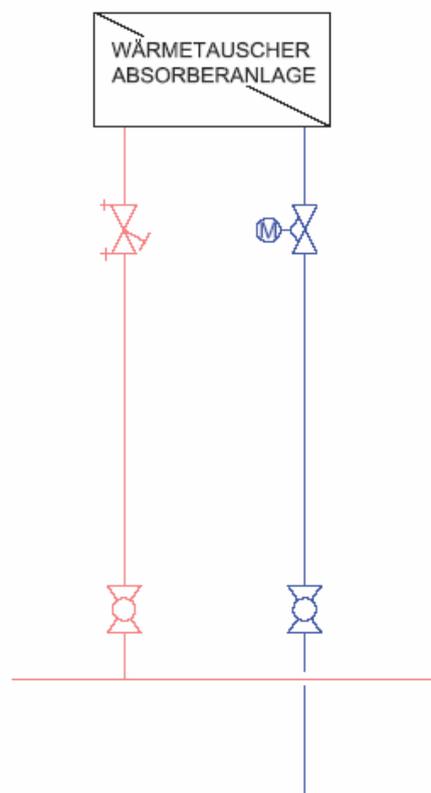


**Abb. 5.38:** Prinzipschema einer Beimischschaltung auf druckbehaftetem Verteiler

Die Drosselschaltung wird immer dann verwendet, wenn die Wärmequelle (Fernwärmeunternehmen) möglichst tiefe Temperatur am Rücklauf fordert.

Das Merkmal dieser Schaltung liegt darin, dass die notwendige Leistung des Abnehmers durch Volumenstromregelung erzielt wird.

Um konstante Druckverhältnisse im Abnahmesystem zu gewährleisten ist es unter Umständen notwendig einen Differenzdruckregler einzuplanen. In Abb. 5.39 ist ein Schema einer Drosselschaltung zu sehen.



**Abb. 5.39:** Prinzipschema einer Drosselschaltung

## Übergabestationen

Das Ergebnis der durchgeführten Marktanalyse durch das Technische Büro Riebenbauer zeigt, dass es auf dem haustechnischen Industriemarkt Kompaktabgabestationen in Leistungsbereichen von ca. 15 kW bis 500 kW gibt (Tab. 5.13).

Kompaktstationen werden fertig montiert - steckerfertig geliefert und müssen nur primär- und sekundärseitig an die Energienetze angeschlossen werden bzw. in die sekundärseitige Regelung eingebunden werden.

Beispielhaft werden hier die Produkte eines Herstellers genannt was jedoch nicht zu bedeuten hat, dass anderer Fabrikate nicht den gleichen Anforderungen entsprechen.

**Tab. 5.13:** Technische Daten der verfügbaren FWÜ-Stationen [46]

Umformer-type	Leistung [kW]	Primär [DN]	Sekundär [DN]	V [l/h]	Temperatur [°C]	Druck [PN]
FW – TM 100	15	20	20/ 25	430	95/65	16
FW – TM 120	30	20	20/25	860	95/65	16
FW – TM 123	40	20	20/25	1.150	95/65	16
FW – HZG 2,5	80	25	32	2.290	95/65	16
FW – HZG 3,5	120	32	40	3.430	95/65	16
FW – HZG 6	200	40	50	5.720	95/65	16
FW – HZG 10	300	50	65	8.570	95/65	16
FW – HZG 15	500	65	80	14.290	95/65	16

## Kälteabgabesysteme

Folgende Raumkühlungssysteme werden entsprechend dem Stand der Technik am häufigsten angeboten.

- **Kühldeckensysteme, Kühlsegel- balkensysteme**

Durchschnittlich notwendige Vorlauftemperatur: 15 °C

Durchschnittlich notwendige Rücklauftemperatur: 18 °C

Einsatzgebiete: Bürobauten  
anspruchsvolle Wohnbauten  
öffentliche Gebäude

- **Fan Coil Systeme**

Durchschnittlich notwendige Vorlauftemperatur: 6 – 12 °C

Durchschnittlich notwendige Rücklauftemperatur: 12 – 18 °C

Einsatzgebiete: Bürobauten  
anspruchsvolle Wohnbauten  
öffentliche Gebäude  
Industriebauten  
Technikräume

- **Luftkühlsysteme**

Durchschnittlich notwendige Vorlauftemperatur: 6-12°C  
 Durchschnittlich notwendige Rücklauftemperatur: 12-18°C

Einsatzgebiete: Bürobauten  
 anspruchsvolle Wohnbauten  
 öffentliche Gebäude  
 Industriebauten  
 Technikräume

- **Klimaschrankkühlsysteme**

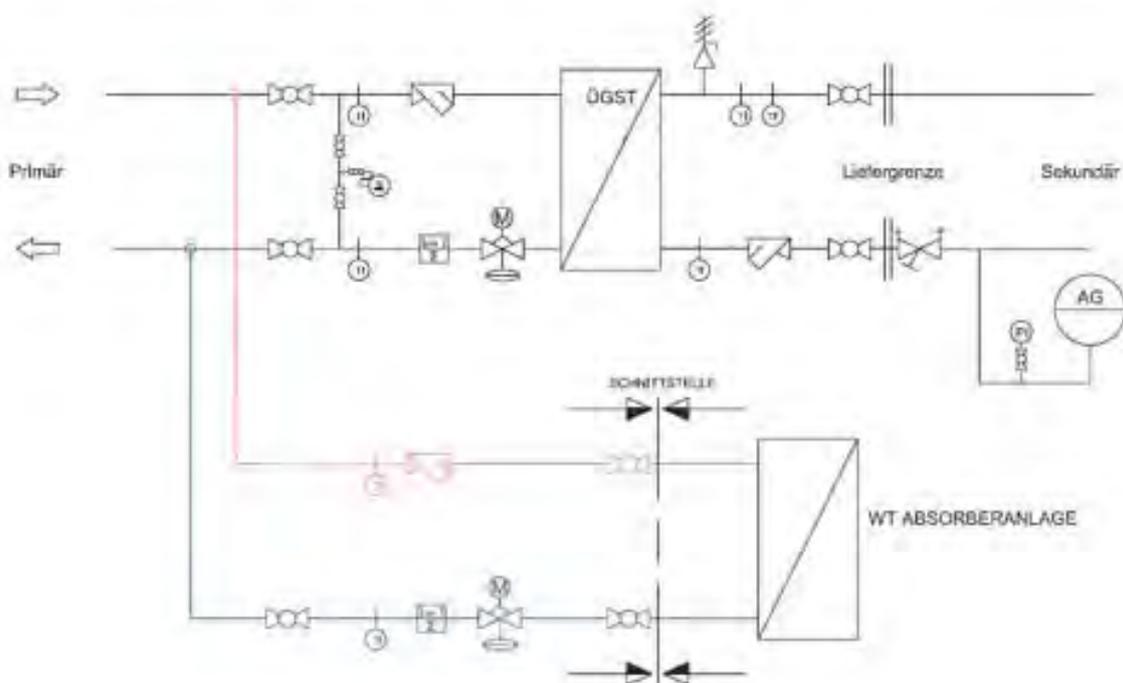
Durchschnittlich notwendige Vorlauftemperatur: 12 °C  
 Durchschnittlich notwendige Rücklauftemperatur: 18 °C

Einsatzgebiete: Industriebauten  
 Technikbauten

### 5.2.5 Arten der Systemintegration der KWK-Systeme

#### **Biomassekraftwerk Oberpullendorf**

Abb. 5.40 zeigt die umgesetzte Einbindungsvariante der Absorptionskältemaschine beim Betrachtungsobjekt Krankenhaus Oberpullendorf inklusive der hydraulischen Einrichtungen.



**Abb. 5.40:** Einbindung des Absorbers beim Betrachtungsobjekt KH Oberpullendorf

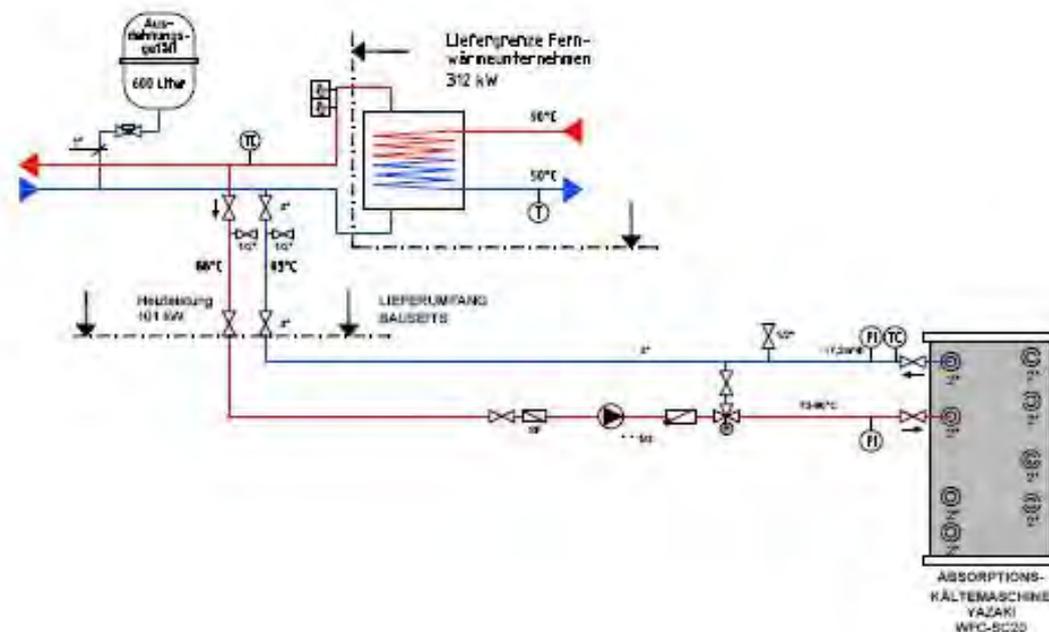
Die Tab. 5.14 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile der umgesetzten Systemintegration.

**Tab. 5.14:** Überblick über die Vor- und Nachteile der Systemintegration

Vorteil		Nachteil	
Kunde	EVU	Kunde	EVU
Keine Grädigkeit der FWÜ und damit höhere Vorlauftemperaturen	Motivation zum Einsatz von AbKM (neues Geschäftsfeld)	Eindringen von Netzwasser bei Beschädigung (direkter Anschluss)	Steigende Leitungsverluste durch geringere Spreizung
Höhere Anlageneffizienz	Zusätzliche Contractingmodelle möglich	Netzschwankungen nicht regelbar	Haftung bei direktem Anschluss
<b>Eigentumsgrenze und Haftung berücksichtigen</b>			

Bei dieser Systemintegration handelt es sich um eine direkte primärseitige VL/RL – Einbindung mittels Drosselschaltung. Der Vorteil aus Sicht des Kälteanlagenbetreibers liegt in den hohen Vorlauftemperaturen des Heizwasserkreises. Durch die Drosselschaltung soll die Rücklauftemperaturanhebung reduziert werden (Leistungsregelung durch Massenstromregelung). Als Liefergrenze fungieren die bauseitigen Absperrvorrichtungen. Bei dieser Einbindungsvariante hat der Energieversorger den Nachteil, dass es durch die anlagenbedingte geringe Spreizung zwischen Fernwärmeverlauf und Fernwärmerücklauf zu einer Verschlechterung der Gesamteffizienz kommt.

In Abb. 5.41 ist die umgesetzte Einbindungsvariante der Absorptionskältemaschine beim Betrachtungsobjekt UDB GmbH inklusive der hydraulischen Einrichtungen ersichtlich.



**Abb. 5.41:** Einbindung des Absorbers beim Betrachtungsobjekt UDB GmbH [51]

Die Tab. 5.15 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile der umgesetzten Systemintegration.

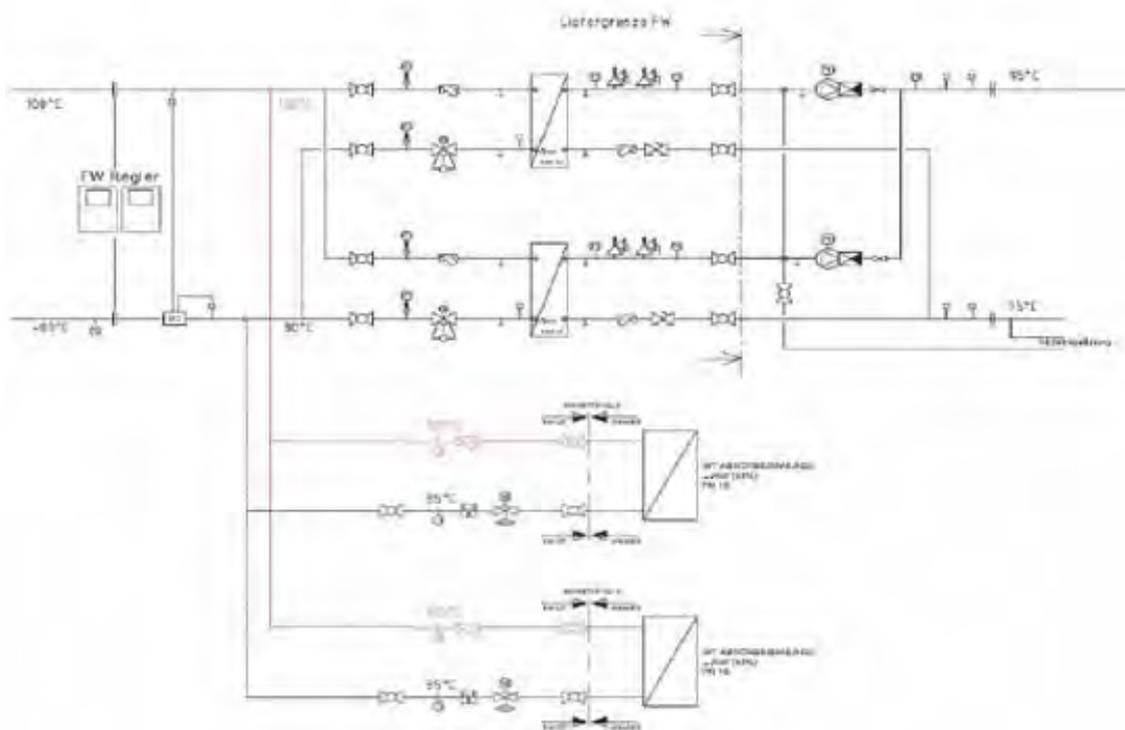
Bei dieser Systemintegration handelt es sich um eine direkte primärseitige VL/RL – Einbindung mittels Beimischschaltung. Der Vorteil aus Sicht des Kälteanlagenbetreibers liegt in den hohen Vorlauftemperaturen des Heizwasserkreises und der Regelbarkeit der Vorlauftemperatur. Durch die Beimischschaltung kann die Vorlauftemperatur der AbKM konstant gehalten werden. Als Liefergrenze fungieren die bauseitigen Absperrvorrichtungen. Bei dieser Einbindungsvariante hat der Energieversorger den Nachteil, dass es durch die anlagenbedingte geringe Spreizung zwischen Fernwärmeverlauf und Fernwärmerücklauf zu einer Verschlechterung der Gesamteffizienz kommt.

**Tab. 5.15:** Überblick über die Vor- und Nachteile der Systemintegration

Vorteil		Nachteil	
Kunde	EVU	Kunde	EVU
Keine Grädigkeit der FWÜ und damit höhere Vorlauftemperaturen	Motivation zum Einsatz von AbKM (neues Geschäftsfeld)	Eindringen von Netzwasser bei Beschädigung (direkter Anschluss)	Steigende Leitungsverluste durch geringere Spreizung
Höhere Anlageneffizienz	Zusätzliche Contractingmodelle möglich	Netzschwankungen nicht regelbar	Haftung bei direktem Anschluss
Regelbarkeit der Vorlauftemperatur			
<b>Eigentumsgrenze und Haftung berücksichtigen</b>			

### **Biomassekraftwerk Oberwart**

In Abb. 5.42 ist die umgesetzte Einbindungsvariante der Absorptionskältemaschine beim Betrachtungsobjekt Krankenhaus Oberwart inklusive der hydraulischen Einrichtungen ersichtlich.



**Abb. 5.42:** Einbindung des Absorbers beim Betrachtungsobjekt KH Oberwart

Die Tab. 5.16 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile der umgesetzten Systemintegration.

Bei dieser Systemintegration handelt es sich wiederum um eine direkte primärseitige VL/RL – Einbindung mittels Drosselschaltung. Der Vorteil aus Sicht des Kälteanlagenbetreibers liegt in den hohen Vorlauftemperaturen des Heizwasserkreises und der damit verbundenen Steigerung der Anlageneffizienz. Durch die Drosselschaltung soll die Rücklauftemperaturenherabsetzung reduziert werden (Leistungsregelung durch Massenstromregelung). Als Liefergrenze fungieren die bauseitigen Absperrvorrichtungen. Bei dieser Einbindungsvariante hat der Energieversorger den Nachteil, dass es durch die anlagenbedingte geringe Spreizung zwischen Fernwärmeverlauf und Fernwärmerücklauf zu einer Verschlechterung der Gesamteffizienz kommt.

**Tab. 5.16:** Überblick über die Vor- und Nachteile der Systemintegration

Vorteil		Nachteil	
Kunde	EVU	Kunde	EVU
Keine Grädigkeit der FWÜ und damit höhere Vorlauf-temperaturen	Motivation zum Einsatz von AbKM (neues Geschäftsfeld)	Eindringen von Netzwasser bei Beschädigung (direkter Anschluss)	Steigende Leitungsverluste durch geringere Spreizung
Höhere Anlageneffizienz	Zusätzliche Contractingmodelle möglich	Netzschwankungen nicht regelbar	Haftung bei direktem Anschluss
<b>Eigentumsgrenze und Haftung berücksichtigen</b>			

Beim Großabnehmer Molkerei, die wahrscheinlich in den Nahbereich des Biomassekraftwerks übersiedeln wird, wäre ebenfalls eine primäre Einbindung empfehlenswert, wobei sich die VL/VL – Einbindung zur Senkung der Netzverluste anbieten würde.

### ***Biomassekraftwerk Eisenstadt***

Beim Biomassekraftwerk Eisenstadt sind noch keine Umsetzungen erfolgt. Da die Wärmeabnehmer bei diesem Biomassekraftwerk im kleinen Leistungsbereich angesiedelt sind, wären hier die sekundären Einbindungsvarianten anzuwenden. Bei den sekundären Systemintegrationen ist auf die max. Leistung der Fernwärmeübergabestation bzw. auf den maximalen Volumenstrom zu achten.

### 5.3 Bewertung der bioenergiebetriebenen KWKK-Systeme

Das Ziel dieses Forschungsschwerpunktes besteht in der Erstellung von Bewertungsmodellen zur Abschätzung der energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der geplanten Anlagenerweiterung.

Für eine aussagekräftige Bewertung eines KWKK-Systems ist es notwendig das Gesamtsystem mit den dort vorherrschenden technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich der energetischen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte zu untersuchen. Dazu werden Modellansätze zur Bewertung und Analyse solcher Systeme entwickelt und exemplarisch an den zu untersuchenden bioenergiebetriebenen KWKK-Systemen angewandt.

Im Vorfeld wurde eine Literaturrecherche auf Basis von wissenschaftlich fundierten Veröffentlichungen zum Themengebiet Bewertungssysteme und Bewertungsmodelle der derzeitige Entwicklungsstand aufgezeigt (z.B.: [52]).

Mit Hilfe eines computergestützten Bewertungsprogramms, welches allgemeingültige Kraftwerksdaten in Abhängigkeit einiger Eingabeparameter generiert, soll neben der zeitaufwendigen Bewertung auch die Datengenerierungsphase verkürzt bzw. erleichtert werden.

#### 5.3.1 Bewertungsmodelle

##### *Technische Machbarkeit*

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Überprüfung der technischen Umsetzbarkeit anhand der im Kapitel 5.2 identifizierten kritischen Parameter erläutert.

Das Temperaturniveau der Wärmeversorgung wurde als ein wesentliches Kriterium identifiziert. Dieses ist ausschlaggebend, ob und welche Art der Sorptionskältemaschine zum Einsatz gelangen kann. Wie bereits beschrieben, gibt es 3 Arten von Sorptionskältemaschinen die Absorptionskältemaschine, die Adsorptionskältemaschine und die DEC – Anlage (offener Adsorptionskälteprozess), die sich einerseits durch physikalische Vorgänge und andererseits durch das erforderliche Temperaturniveau der Wärmequelle sowie durch die Art der Kältebereitstellung (Kaltwassersatz oder Lüftungssystem) unterscheiden. In der durchgeführten Betrachtung wurden zur Überprüfung der technischen Umsetzbarkeit die identifizierten kritischen Parameter der Absorptionskältemaschinen auf Basis  $H_2O/LiBr$  als Untersuchungskriterium herangezogen, da es sich bei diesem System einerseits um das hinsichtlich Wärmeversorgung anspruchsvollere System handelt und andererseits dieses System in Wärmenetzen am häufigsten eingesetzt wird. Zur Berechnung des COPs der AbKM wurde eine Funktion unter der Annahme generiert, dass die Rückkühltemperatur  $27\text{ °C}/32\text{ °C}$  und die Kaltwassertemperatur  $7\text{ °C}/13\text{ °C}$  beträgt. Als Berechnungsparameter wurde die Austreiber-temperatur verwendet, welche in erster Näherung aus Vorlauf-temperatur der Wärmequelle abzüglich der Wärmetauschergrädigkeit (Annahme 5 K) berechnet werden kann. Aus diesen Daten kann anschließend die erforderliche Desorptionsleistung berechnet werden.

Neben dem Temperaturniveau der Wärmequelle stellt bei bereits vorhandenen Hausanschlüssen die installierte Wärmeleistung der Fernwärmeübergabestation (FWÜ) einen limitierenden Faktor dar. Hier ist zu überprüfen, ob die bereits existierende FWÜ den zusätzlichen Wärmebedarf der Absorptionskältemaschine decken kann. Kann der Wärmebedarf nicht gedeckt werden muss eine Adaptierung vorgenommen werden, die entweder die Installation einer zusätzlichen FWÜ oder den Ersatz der existierenden FWÜ bedingt. Weiters ist in diesem Zusammenhang zu prüfen, ob für die erforderliche Wärmeleistung noch Standardübergabestationen verfügbar oder ob aufgrund des Leistungsbereichs bereits Sonderanfertigungen erforderlich sind.

Neben der anlagentechnischen Konzeption stellt die hydraulische Einbindung ein wichtiges Entscheidungskriterium dar. Hier ist zu überprüfen, ob eine primärseitige Einbindung seitens Fernwärmeversorger gestattet ist und welche Temperaturniveaus (Vor- und Rücklauf) vor-

liegen. Mit dem Bewertungstool werden aufgrund dieser Parameter und des vorhandenen Typs der Fernwärmeübergabestation mögliche hydraulische Einbindungsschemen ausgewählt, wobei die zu setzenden Maßnahmen verbal ausgeführt sind. Darüber hinaus ist das verwendete Rohrleitungsmaterial zu berücksichtigen, welches Auswirkungen auf die Komplexität einer nachträglichen Erweiterung des Fernwärmenetzes mit sich bringt. Kunststoffverbundmantelrohre (KMR) sind aufgrund ihrer hohen Druck- und Temperaturbeständigkeit, ihrer hohen Betriebssicherheit und der geringen Materialkosten die am häufigsten eingesetzten Fernwärmeleitungen im Neubau. Dieses Rohrleitungsmaterial hat sich als Standardsystem durchgesetzt. Die langjährigen Erfahrungen mit diesem System haben viele innovative Ansätze hervorgebracht, die zur Kostenreduktion beitragen und preiswerte Möglichkeiten zur Netzerweiterung während des Betriebs (Anbohrtechnik) eröffnen [53].

In weiterer Folge werden die Details zu den in Frage kommenden Rohrleitungsmaterialien etwas genauer durchleuchtet.

#### *Kunststoffverbundmantelrohr (KMR) [53]*

KMR bestehen aus einem Stahlmediumrohr, das mit einer Dämmschicht aus Polyurethan (PUR) und einem Mantel aus Polyethylen (PE) kraftschlüssig verbunden ist. Dieses Rohrsystem ist nicht selbstkompensierend, was bedeutet, dass im Betrieb Dehnungen und Spannungen auftreten und gegebenenfalls Kompensationsmaßnahmen gesetzt werden müssen. Durch F&E – Maßnahmen konnte die Verlegung von kleinen und mittleren Rohrnennweiten sowie der Planungsaufwand erleichtert werden. Üblicherweise werden KMR kaltverlegt, womit die Dehnung des Stahlmediumrohrs über die Streckgrenze hinaus bei der Inbetriebnahme toleriert wird (früher wurde das KMR vor der Einsandung entweder vorgewärmt oder mit Kompensatoren ausgestattet). Die Verbindung der Rohrteilstücke erfolgt durch Schweißen, während die Verbindung des Mantelrohrs durch spezielle Muffenverbindungen erfolgt. Hausanschlussleitungen können entweder durch eingeschweißte T – Formstücke oder mittels Anbohrtechnik realisiert werden. Letzteres ermöglicht auch die Erweiterung des Netzes während des Betriebs.

Nachteile hinsichtlich KMR ergeben sich bei komplizierter Trassenführung, die zu einer Verteuerung der Verlegungskosten führen. Demgegenüber stehen der günstige Materialpreis und die langjährigen Erfahrungen mit diesem System.

#### *Flexible Kunststoffmediumrohre (PMR) [53]*

Bei PMR ist das Mediumrohr (vernetztes Polyethylen PEX oder Polybuten PB) meist mit einer Dämmschicht aus semiflexiblem PUR umgeben, welches wiederum kraftschlüssig von einem Mantel aus PE eingehüllt wird.

PMR lassen sich aufgrund der erhältlichen Nennweiten (bis DN 110) sowohl als Hausanschlussleitungen, aber auch als Verteilleitung (bei niedrigen Netztemperaturen) verwenden. Werden die Dauerbetriebsparameter hinsichtlich Temperatur an der Temperaturobergrenze (ca. 95 °C) gewählt, so ist mit einer Verkürzung der Lebensdauer zu rechnen.

Diese Rohrleitungsmaterialien eignen sich aufgrund ihrer Flexibilität besonders bei komplizierter Trassenführung.

Hinsichtlich der nachträglichen Erweiterung des Netzes ist anzumerken, dass diese während des Netzbetriebs generell möglich, aber mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden ist.

#### *Flexible Metallmediumrohre (MMR) [53]*

MMR sind aus einem geraden Kupfermediumrohr oder einem gewelltem Mediumrohr aus Kupfer-, weichgeglühtem Stahl- bzw. Edelstahl – Mediumrohr aufgebaut. Dieses Mediumrohr ist mit einem semiflexiblen Polyurethan oder komprimierter Glaswolle als Dämmmaterial und einem PE – Rohr ummantelt. Dieses Rohrleitungsmaterial ist aufgrund der Wellenstruktur vollständig selbstkompensierend. MMR können sowohl als Hausanschlussleitung als auch als Verteilleitung in Nahwärmenetzen eingesetzt werden. Bei komplizierter Trassenführung können sich aufgrund der Flexibilität Kostenvorteile ergeben.

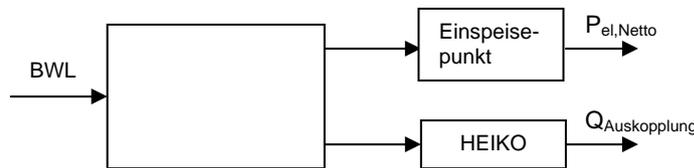
MMR weisen die gleichen Vorteile wie die PMR auf, jedoch mit dem Unterschied, dass hinsichtlich der Netzparameter fast keine Einschränkungen gegeben sind. Im Vergleich zu PMR sind MMR jedoch teurer. Aufgrund dieser Tatsache werden MMR nur dort eingesetzt, wo die höhere Temperatur- und Druckbeständigkeit erforderlich ist.

Über die Dimension der Rohrleitungsmaterialien, dem Rohrleistungsmaterial selbst, der Wärmeträgertemperatur und der benötigten Wärmeleistung wird die erforderliche Pumpenleistung ohne Berücksichtigung der Hausanschlussleitungen abgeschätzt.

### KWKK – Modell

In diesem Kapitel werden die für die Bewertung herangezogenen Modelle hinsichtlich Rahmenbedingungen und Systemgrenzen beschrieben. Grundsätzlich unterscheiden sich die Modelle anhand der einbezogenen Teilsysteme wie Energiebereitstellung, Energieverteilung und Energieabnahme. Zur Bewertung der KWK – Anlage wird nur die Energiebereitstellung berücksichtigt, wobei die Systemgrenze die KWK – eigenen Abgabesysteme (Einspeisepunkt für elektrische Energie und Heizkondensator für thermische Energie) darstellen.

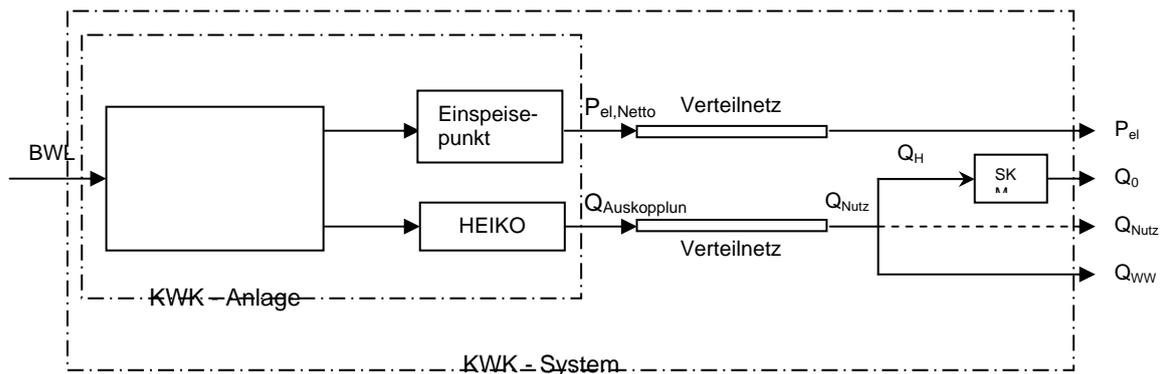
Das in Abb. 5.43 ersichtliche Modell stellt das Schema der KWK – Anlage dar, wobei die Brennstoffwärmeleistung (BWL) die Eingangsgröße,  $P_{el,Netto}$  und  $Q_{Auskopplung}$  die Ausgangsgrößen darstellen.



**Abb. 5.43:** Schema KWK - Anlage

- Legende:
- BWL . . . Brennstoffwärmeleistung
  - $P_{el,Netto}$  . . . elektrische Nettoleistung
  - $Q_{Auskopplung}$  . . . max. Wärmeabkopplung
  - HEIKO . . . Heizkondensator

Das zweite betrachtete System inkludiert neben dem Energiebereitstellungssystem auch die Verteilung und Abgabe (Abb. 5.44).



**Abb. 5.44:** Schema KWK - System

- Legende:
- $Q_{Nutz}$  . . . gemessene Abnahmeleistung
  - $Q_0$  . . . Kälteleistung
  - $Q_H$  . . . Austreiberleistung
  - $Q_{WW}$  . . . Leistung für Warmwasserbereitung
  - $P_{el}$  . . . elektrische Leistung

Abb. 5.44 zeigt eine schematische Darstellung des zweiten Bewertungssystems welches die Netzverluste in die Bewertung mit einbezieht. Die Verteilverluste des elektrischen Versorgungs-

ungsnetzes wurden konstant mit 2 % angenommen. Die strichlierte Linie mit dem Outputenergiestrom  $\dot{Q}_{\text{Nutz}}$  stellt die Nutzenergie des Abnehmers in der Heizperiode (Winter) dar.

### **Energetische Bewertung**

Ausgehend von den technischen Input – Daten wie Brennstoffwärmeleistung, Wärmeauskopplung, min. und max. Wärmeleistung ( $\dot{Q}_{\text{Nutz}}$ ), Volllaststunden usw. werden Rückschlüsse auf das Anlagenverhalten gezogen, wobei einerseits als Bilanzgrenze die KWK – Anlage (bis Heizkondensator bzw. elektr. Einspeisepunkt) und andererseits das KWK – System (Energiebereitstellung, Verteilung, Abnahme) herangezogen wird.

Für die energetische Analyse werden folgende energietechnische Kennzahlen herangezogen.

- Wirkungsgrad

Verhältnis von abgegebener Nutzleistung zu aufgewendeter Brennstoffwärmeleistung

- Elektrischer Wirkungsgrad

$$\eta_{\text{el}} = \frac{P_{(\text{Netto}),\text{el}}}{\dot{m} \cdot H_{\text{U}}} \quad (3)$$

$\dot{m}$  . . . Massenstrom Brennstoff

$H_{\text{U}}$  . . . unterer Heizwert Brennstoff

- Thermischer Wirkungsgrad

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Auskopplung},(\text{Nutz})}}{\dot{m} \cdot H_{\text{U}}} \quad (4)$$

Gesamtwirkungsgrad oder Brennstoffausnutzungsgrad

$$\eta_{\text{ges}} = \frac{P_{(\text{Netto}),\text{el}} + \dot{Q}_{\text{Auskopplung},(\text{Nutz})}}{\dot{m} \cdot H_{\text{U}}} \quad (5)$$

Gesamtwirkungsgrad KWKK – System inkl. Verteilung

$$\eta_{\text{KWKK}} = \frac{P_{(\text{Netto}),\text{el}} + \dot{Q}_{\text{Auskopplung},(\text{Nutz})} + \dot{Q}_0}{\dot{m} \cdot H_{\text{U}} + P_{\text{Pumpe}}} \quad (6)$$

Als weitere Energiekennzahl wurde ein thermischer Auslastungsgrad  $\psi$  definiert.

- Thermischer Auslastungsgrad

Dieser gibt das Verhältnis zwischen der gemessenen Abnehmerleistung und der max. ausgekoppelten Wärmeleistung an.

$$\psi = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutz}}}{\dot{Q}_{\text{Auskopplung}}} \quad (7)$$

- Nutzungsgrad

Verhältnis von bereitgestellter Nutzenergie zur aufgewendeten Energie über einen definierten Betrachtungszeitraum. Im Betrachtungszeitraum auftretende Verluste wie z.B. Stillstandsverluste werden mitberücksichtigt.

- Jahresnutzungsgrad: Betrachtungszeitraum 1 Jahr

$$a = \frac{Q_{\text{Nutz}}}{\text{BWE}} \quad (8)$$

BWE . . . Brennstoffwärmeenergie

Betrachtet wurden der elektrische, thermische und der Gesamtnutzungsgrad der KWK - Anlage und der Gesamtnutzungsgrad des KWK - Systems (inkl. Verteilverluste) sowie des KWKK - Systems (inkl. Verteilverluste und Kälteenergiebedarf).

- Stromkennzahl

Verhältnis der elektrischen Nutzleistung zur maximalen Wärmeauskoppelung bei maximaler Brennstoffwärmeleistung

$$\sigma = \frac{P_{(\text{Netto}),\text{el}}}{\dot{Q}_{\text{Auskopplung}}} \quad (9)$$

Mittels exergetischer Betrachtungen können Aussagen über die Qualität der in einem Kraftwerk erzeugten Leistungen getroffen werden. Definitionsgemäß ist die Exergie die Fähigkeit eines Systems Arbeit zu verrichten, wenn sie in das thermodynamische Gleichgewicht mit der Umgebung gebracht wird. Die Exergie stellt demnach einen Potentialunterschied dar. Die Berechnung des Exergieinhalts erfolgt für den Wärme- bzw. für den Kälteprozess nach folgenden Gleichungen.

- Wärmeprozess

$$E_W = \left(1 - \frac{T_U}{T_W}\right) \cdot Q_W \quad (10)$$

$E_W$  . . . Exergieinhalt der Wärme

$T_U$  . . . Umgebungstemperatur [K]

$T_W$  . . . Temperaturniveau der Wärmeversorgung [K]

Bei der Berechnung des Exergieinhalts der Wärmeversorgung wurde als Temperaturniveau das arithmetische Mittel aus Vorlauf- und Rücklauf-temperatur herangezogen.

- Kälteprozess

$$E_0 = \left(\frac{T_U}{T_K} - 1\right) \cdot Q_K \quad (11)$$

$E_0$  . . . Exergieinhalt der Kälte

$T_U$  . . . Umgebungstemperatur [K]

$T_K$  . . . Temperaturniveau der Kälteversorgung [K]

Bei der Berechnung des Exergieinhalts der Kälteversorgung wurde als Temperaturniveau wiederum das arithmetische Mittel aus Vorlauf- und Rücklauf-temperatur herangezogen.

- Exergetischer elektrischer Wirkungsgrad

$$\zeta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{E}_{Br}} \quad (12)$$

$$\dot{E}_{Br} = \dot{m} \cdot H_U \quad \dots \text{ Exergieinhalt Brennstoff}$$

- Exergetischer Gesamtwirkungsgrad – KWK – Anlage

$$\zeta_{ges} = \frac{P_{el} + \dot{E}_{Nutz}}{\dot{E}_{Br}} \quad (13)$$

- Exergetischer Gesamtwirkungsgrad – KWKK - System

$$\zeta_{KWKK} = \frac{P_{el} + \dot{E}_{Nutz} + \dot{E}_0}{\dot{E}_{Br} + \dot{E}_{Pumpe}} \quad (14)$$

Um eine derartige Bewertung durchführen zu können müssen einheitliche Input - Parameter verwendet werden. So handelt es sich bei den einzugebenden Wärmeleistungen hinsichtlich Wärmeabgabe um die beim Abnehmer abgegebenen tatsächlichen Wärmeleistungen ab Übergabestation exklusive der Netzverluste. Die Netzverluste selbst stellen ebenfalls einen wichtigen Eingabeparameter dar, um die ab Werk bereitzustellende Wärmeleistung sowie die noch verfügbare Wärmeleistung bestimmen zu können.

Die elektrische Abgabeleistung bezieht sich ebenfalls auf die Netto - Leistung, die in das Stromverteilnetz eingespeist wird (Schnittstelle Einspeisepunkt).

In der Praxis hat sich gezeigt, dass viele Biomasse – KWK – Systeme als Redundanz- oder Spitzenlastsystem eine Zusatzfeuerung (zumeist fossile Brennstoffe) besitzen, um etwaige Anlagenausfälle oder Lastspitzen kompensieren zu können. In dem erstellten Bewertungstool wurde auch diese Variante in Betracht gezogen und eine Möglichkeit zur Implementierung einer Zusatzfeuerung geschaffen.

Um eine aussagekräftige Bewertung der KWK – Anlage bzw. des KWKK – Systems durchführen zu können wurden unterschiedliche Bewertungsstrategien angewandt. Zur Bewertung des IST – Zustandes wurden die Wirkungsgrade der KWK – Anlage mit den angegebenen Nennpunktparametern bestimmt und jenen der geplanten Erweiterung verglichen. Formeltechnisch bedeutet dies folgendes:

$$\eta_{KWK} = \frac{P_{el,Netto} + \dot{Q}_{Nutz}}{BWL + P_{Pumpe}} \quad (15)$$

$$\eta_{KWKK} = \frac{P_{el,Netto} + \dot{Q}_{Nutz} + \dot{Q}_{WW} + \dot{Q}_0}{BWL + P_{Pumpe}} \quad (16)$$

Hier ist darauf hinzuweisen, dass für die Berechnung des KWK – Systemwirkungsgrades  $P_{el}$  die elektrische Nettoleistung der KWK – Anlage,  $\dot{Q}_{Nutz}$  die abgegebene Wärmeleistung im Nennpunkt der Anlage,  $BWL$  die erforderliche Brennstoffwärmeleistung und  $P_{Pumpe}$  die Pumpenleistung darstellt. Für die Berechnung des KWKK – Systemwirkungsgrades müssen zusätzliche Parameter wie  $\dot{Q}_{WW}$  und  $\dot{Q}_0$ , welche einerseits den zusätzlichen Warmwasserbedarf und andererseits den Kältebedarf der geplanten Kälteabnehmer in der Bewertungsperiode (Sommer) berücksichtigen. Als weitere Kennzahl, welche die Auswirkungen der geplanten Erweiterung darstellen soll, wurde der thermische Auslastungsgrad herangezogen.

Definiert wurde dieser Parameter als Verhältnis der tatsächlich genutzten Wärmeleistung ( $Q_{\text{Nutz}}$ ) zur ausgekoppelten Wärmeleistung. Im Falle des KWKK – Systems wird die zusätzliche thermische Wärmeleistung, die zur Desorption der Absorptionskältemaschine benötigt wird, der Bestandwärmeleistung (min. Wärmeleistung) hinzugerechnet. Als Ergänzung zur energetischen Betrachtung wird weiters eine exergetische Bewertung der Anlage durchgeführt.

Da es sich bei dieser Betrachtung (Wirkungsgrade) um Momentanwerte handelt, welche für eine Bewertung des System nicht aussagekräftig sind, wurde als weiterer Schritt eine Bewertung des Sommerverhaltens des Systems durchgeführt. Hierbei wurden folgende Annahmen getroffen.

Die angegebenen Volllaststunden des KWK – Systems wurden gleichmäßig auf die Sommer- und Winterperiode verteilt. Dies bedeutet, dass die Hälfte der Volllaststunden in den Sommermonaten und die andere Hälfte in den Wintermonaten anfällt. Weiters wurde angenommen, dass während der gesamten Kühlperiode die min. Wärmeleistung erforderlich ist. Unter diesen getroffenen Annahmen wurde anschließend die Berechnung der Sommernutzungsgrade für das KWK – und KWKK – System durchgeführt um Aussagen über die energetischen Auswirkungen der geplanten Anlagenerweiterung treffen zu können.

$$a_{\text{KWK}} = \frac{W_{\text{el}} + Q_{\text{Nutz}}}{\text{BWE} + W_{\text{Pumpe}}} \quad (17)$$

$$a_{\text{KWKK}} = \frac{W_{\text{el}} + Q_{\text{Nutz}} + Q_{\text{WW}} + Q_0}{\text{BWE} + W_{\text{Pumpe}}} \quad (18)$$

$a$  . . . Nutzungsgrad

$Q_{\text{Nutz}}$  . . . Wärmeenergie

$\text{BWE}$  . . . Brennstoffwärmeenergie

$Q_{\text{WW}}$  . . . Energie Warmwasserbereitung

$Q_0$  . . . Kälteenergie

$W_{\text{el}}$  . . . elektrische Energie

$W_{\text{Pumpe}}$  . . . elektrische Pumpenergie

Für die Bewertung der Auswirkungen der geplanten Anlagenerweiterung wurde die Sommerperiode deshalb herangezogen, da hier die Auswirkungen der zusätzlichen Versorgung mit Kälte deutlicher erkennbar sind. Auch hier wird zusätzlich zur energetischen Betrachtung eine exergetische Bewertung durchgeführt.

Diese Bewertungsmethode berücksichtigt sämtliche zusätzliche Verluste (wie Bereitstellungs-, Verteilverluste usw.), die bei der Bewertung mittels Wirkungsgraden unberücksichtigt bleiben. Zur Durchführung dieser Bewertung sind reale Daten bezüglich Gesamtwärmeabnahme, Volllaststunden usw. erforderlich.

Als abschließende energetische Bewertung wird eine Analyse der Jahresnutzungsgrade durchgeführt. Hier werden mit Hilfe der angegebenen Jahresenergiemengen und der Volllaststunden die Nutzungsgradberechnungen durchgeführt. Neben der energetischen Betrachtung wird auch hier eine exergetische Bewertung der beiden Systeme durchgeführt.

Zusammenfassend setzt sich die energetische Bewertung aus einer Analyse der Momentanwerte des Kraftwerks und einer Analyse des Gesamtsystems (Kraftwerk, Verteilung, Abnahme) für die Kühl- und die Heizperiode zusammen. Zusätzlich zur energetischen Betrachtung wird jeweils eine exergetische Bewertung durchgeführt.

## **Ökologische Bewertung**

Die ökologische Bewertung wurde ebenso wie die energetische Bewertung unter der Annahme ausgeführt, dass ein stationärer Betrieb der KWK – Anlage vorliegt. Weiters wurde die Annahme getroffen, dass die Verbrennung der Biomasse als CO<sub>2</sub> – neutral betrachtet werden kann und lediglich die fossilen CO<sub>2</sub> – Emissionen aus der Vorkette der Brennstoffbereitstellung anzusetzen sind.

Für holzartige Biomasse wurde ein spezifischer Emissionsfaktor von 0,058 t CO<sub>2</sub>/MWh<sub>Brennstoff</sub> [54] und bei halmgutartiger Biomasse ein spezifischer Emissionsfaktor von 0,029 t CO<sub>2</sub>/MWh<sub>Brennstoff</sub> [54] in die Berechnung einbezogen. Neben den Emissionen der KWK – Anlage werden durch die etwaig vorhandene Zusatzfeuerung ebenfalls Emissionen freigesetzt, welche ebenso mit einem spezifischen Emissionsfaktor zu belasten sind. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei der Zusatzfeuerung in den meisten Fällen um eine mit fossilen Brennstoffen befeuerte Anlage handelt (zumeist Gaskessel), wurde der spezifische Emissionsfaktor für Erdgas inkl. der Vorkette in der Höhe von 0,2485 t CO<sub>2</sub>/MWh<sub>Erdgas</sub> [54] hinterlegt.

Zur Erhöhung der Flexibilität hinsichtlich der Brennstoffbereitstellung wurde im Bewertungstool die Möglichkeit geschaffen die Primärbrennstoffwärmeleistung (eigentliche KWK – Anlage) mit bis zu max. zwei unterschiedlichen Brennstoffen bereitzustellen. Dazu ist die Brennstoffaufteilung prozentuell abzuschätzen und als Input – Parameter einzugeben.

Hinsichtlich der spezifischen Emissionsfaktoren wurde zur Erhöhung der Flexibilität neben den oben genannten Emissionsfaktoren eine Eingabemöglichkeit geschaffen, um eigene Emissionsfaktoren z.B. für andere Brennstoffe usw. einsetzen zu können.

Als Berechnungsergebnisse werden die spezifischen CO<sub>2</sub> – Belastungen der einzelnen Energieoutputströme (Wärme, Strom und Kälte) entsprechend ihrer Aufteilung ausgegeben.

Im Hinblick auf die Kältebereitstellung wurde als Ergänzung ein Vergleich zwischen der Kältebereitstellung mittels Kompressionskältemaschine (Annahme: COP von 3,0) und einer thermischen AbKM durchgeführt. In beiden Fällen wird die benötigte Antriebsenergie (Strom bzw. Wärme) aus der Biomasse – KWK – Anlage bezogen. Als zusätzliches Feature können weitere Vergleich durch Eingabe eigener Emissionsfaktoren (z.B. UCTE – Mix) für die elektrische Energie durchgeführt werden.

## **Ökonomische Bewertung**

Für den ersten Teil der ökonomischen Bewertung werden zusätzlich zu dem bisher angegebenen Input – Daten die jeweiligen spezifischen Brennstoffkosten der KWK – Anlage und des Zusatzfeuerungssystems benötigt, um die Gestehungskosten der einzelnen Energieströme berechnen zu können. Die Gestehungskosten werden auf Basis der im Zuge der energetischen Bewertung ermittelten Daten (Nutzungsgrade etc.) sowohl für den IST – Zustand als auch für den Plan – Zustand errechnet. Die in diesem Bewertungsschritt ermittelten Gestehungskosten erlauben erste Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der geplanten Erweiterung bzw. geben erste Anhaltspunkte über Richtpreise für den Energieverkauf.

Als ergänzendes Feature wird eine Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechnung in Anlehnung an die VDI 2067 durchgeführt. Zu diesem Zweck müssen die realen Verkaufspreise der einzelnen Energieformen, der gewünschte Betrachtungszeit, der kalkulatorische Zinssatz, die jährlichen Preissteigerungsfaktoren für Wärme, Strom und Betriebskosten bekannt sein. Nach Eingabe dieser Daten erfolgt der Vergleich der IST – KWK – Anlage mit der Plan – KWKK – Anlage, wobei der IST – Zustand als Baseline herangezogen wird und lediglich die zusätzlichen Investitionskosten (AbKM, Rückkühlwerk) in Rechnung gestellt werden.

Als Ergebnis dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erhält man die jährlichen spezifischen Gewinnannuitäten der einzelnen Varianten. Da eine Amortisationsrechnung nicht Bestandteil der Annuitätenmethode ist, aber eine Grundlage für die Berechnung dieser darstellt, wird in einem weiteren Schritt die Amortisationszeit auf Basis der berechneten Annuitäten durchgeführt.

Hinsichtlich der in die Kalkulation einbezogenen Investitionskosten ist anzumerken, dass die Kosten für das zusätzliche Rohrleitungsmaterial, die Adaptierung des Fernwärmenetzes (Anbohrtechnik usw.) sowie die erforderlichen Erdbewegungskosten nicht miteinbezogen wurden. Ebenso wurden etwaige bauliche Maßnahmen im Bereich der FWÜ und die sekundärseitige Verteilung und Hydraulik kostenmäßig nicht berücksichtigt.

Mit einer abschließenden Sensitivitätsanalyse hinsichtlich Brennstoffkosten, Kältepreis und Kältevolllaststunden wurden die Auswirkungen dieser Parameter auf die Wirtschaftlichkeit bzw. Amortisationszeit untersucht.

### 5.3.2 Bewertungstool

In diesem Kapitel werden der Aufbau und die Funktionsweise des erstellten Tools näher erläutert. Ein wesentliches Augenmerk wird hier auf die Eingabeparameter und deren Verarbeitung gelegt.

#### Programmstart

Nach Öffnen des Programms liegt die in Abb. 5.45 ersichtliche Arbeitsmappe vor.

Nach Betätigung des Start – Buttons wird das im Hintergrund laufende VBA – Programm aktiviert und es wird die in Abb. 5.46 ersichtliche Userform angezeigt.

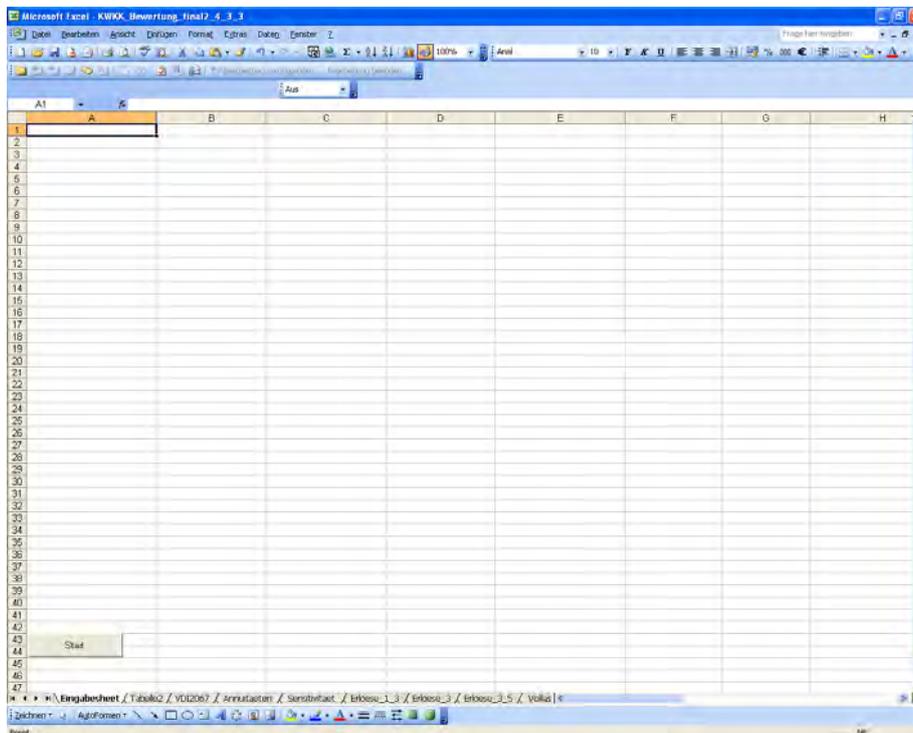


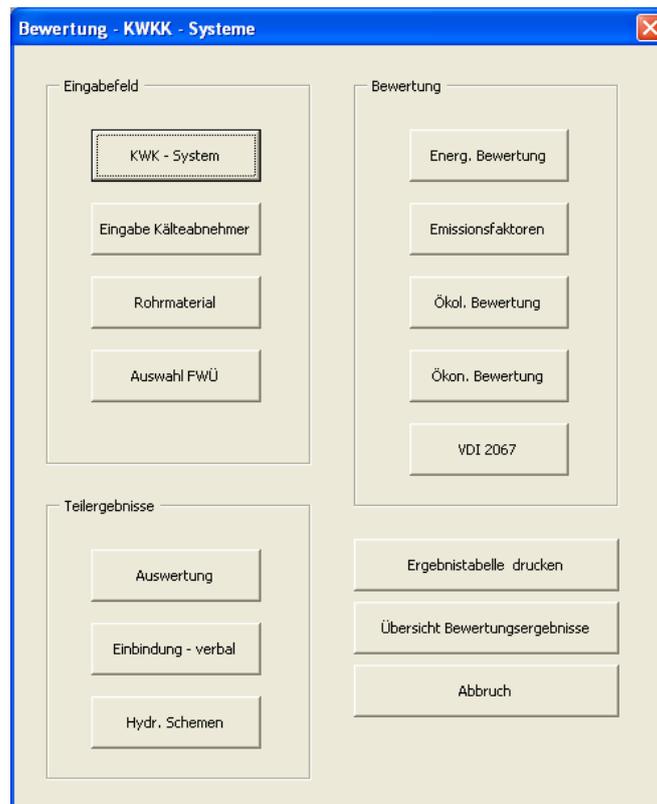
Abb. 5.45: Startfenster

Bei der in Abb. 5.46 ersichtlichen Abfrage ist der Pfad des Bildmaterialverzeichnisses anzugeben. Die Eingabe ist so gestaltet, dass der Pfad des Verzeichnisses aus dem Arbeitsplatz-explorer herauskopiert werden kann.



Abb. 5.46: Eingabe Zugriffsverzeichnis für Bilddateien

Nach Eingabe und Bestätigung des Pfades gelangt man zu der in Abb. 5.47 ersichtlichen Userform.



**Abb. 5.47:** Programmennü

Diese Userform stellt das Hauptmenü des Programms dar und ist in die Abschnitte Eingabefeld, Teilergebnisse und Bewertung aufgeteilt. Diese Abschnitte sind in der oben genannten Reihenfolge zu durchlaufen. Nach vollständigem Durchlauf der Bewertung gibt es die Möglichkeit die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (in Anlehnung an die VDI 2067) mittels „Ergebnistabelle drucken“ auszudrucken. Mit dem Betätigen des Buttons „Übersicht Bewertungsergebnisse“ werden die Ergebnisse in Tabellenform im Ausgabesheet angezeigt.

Der Abbruch – Button ermöglicht hier den Abbruch des Programms und kann jederzeit betätigt werden.

### **Eingabefeld**

Betätigt man im Eingabefeld den KWK – System – Button so wird das Menü ausgeblendet und es erscheint die Eingabemaske zur Erfassung der KWK – System – Inputdaten, welches in Abb. 5.48 ersichtlich ist.

**Abb. 5.48:** KWK – System – Inputdaten

Diese Eingabemaske ist wiederum unterteilt in folgende Abschnitte:

- „Parameter KWK – System“ mit den Unterpunkten
  - Brennstoffwärmeleistung
  - therm. Leistung ohne Zusatzfeuerung
  - Elektrische Leistung
  - Brennstoffwärmeleistung Zusatzfeuerung
  - min. Wärmeleistung (IST – Zustand) und
  - max. Wärmeleistung (IST – Zustand)
- „Abgabesystem“
  - Kälteabnehmer
  - Fernwärmeübergabestation
- „Netzparameter“
  - Netztemperaturen
    - Sommer
    - Winter

- Netzlänge
- Netzverluste
- Anzahl der Wärmeabnehmer IST - Zustand
- Primäre Einbindung

In weiterer Folge werden diese Eingabeparameter näher erläutert.

Eingabeparameter „Parameter KWK – System“:

Bei der „**Brennstoffwärmeleistung**“ handelt es sich ausschließlich um jene der KWK – Anlage ohne die Brennstoffwärmeleistung einer etwaigen Zusatzfeuerung. Die Leistungsangabe erfolgt in Kilowatt [kW].

Bei der „**therm. Leistung ohne Zusatzfeuerung**“ handelt es sich um jene Wärmeauskoppelung in Kilowatt [kW], die sich beim Betrieb der KWK – Anlage im Nennpunkt ergibt, ohne jene Wärmeleistung, die durch die Zusatzfeuerung ausgekoppelt wird.

Bei der „**Elektrischen Leistung**“ handelt es sich um die elektrische Netto – Leistung der KWK – Anlage in Kilowatt [kW], die in das Stromverteilnetz eines EVUs eingespeist wird.

Die Eingabe „**Brennstoffwärmeleistung Zusatzfeuerung**“ berücksichtigt die Wärmeleistung des Spitzenlast- bzw. Redundanzsystems. Die Angabe erfolgt wiederum in Kilowatt [kW].

Durch die „**min. Wärmeleistung**“ wird jene Wärmeleistung in Kilowatt [kW] erhoben, die die Bandlast des Systems in der gegenwärtigen Auslastung (ohne Kälteabnehmer) darstellt.

Durch die „**max. Wärmeleistung**“ wird jene Wärmeleistung in Kilowatt [kW] erhoben, die die Spitzenlast des Systems in der gegenwärtigen Auslastung (ohne Kälteabnehmer) darstellt.

Eingabeparameter „Abgabesystem“:

Bei der „**Anzahl der Kälteabnehmer**“ wird erhoben wie viele Kälteabnehmer an das Fernwärmenetz angeschlossen werden sollen um die entsprechende Anzahl der weiteren Abfrageparameter generieren zu können.

Eine weitere Abfrage betrifft die „**Fernwärmeübergabestation**“. Hier wird abgeklärt ob zumindest bereits ein „trockener“ Fernwärmeanschluss besteht.

Eingabeparameter „Netzparameter“:

Hier werden die „**Netztemperaturen**“ (Systemtemperaturen) für den Sommer und Winterfall in Grad Celsius [°C] erfasst.

Zur Berücksichtigung der Druckverluste im Netz wird als weiterer Netzparameter die „**Netzlänge**“ in Meter [m] erfasst.

Hinsichtlich der Wärmeverluste des Fernwärmenetzes ist als weiterer Parameter die „**Netzverluste**“ in Prozent [%] erfasst.

Um eine Berücksichtigung der durch die FWÜ verursachten Druckverluste zu gewährleisten wird die „**Anzahl der Wärmeabnehmer IST – Zustand**“ als weiterer Parameter erfasst.

Als letzter Eingabepunkt wird die Abfrage durchgeführt, ob eine „**primäre Einbindung**“ der thermischen Kältemaschine seitens des Energieversorgers möglich ist.

Nach der Eingabe der o.a. Parameter gelangt man durch Betätigen des Buttons „Bestätigen“ wieder zum Hauptmenü. Der zweite Menüpunkt bezieht sich auf die zu projektierenden Kälteabnehmer. Nach Betätigen des Buttons „Eingabe Kälteabnehmer“ gelangt man zu einer weiteren Eingabemaske, welche in Abb. 5.49 ersichtlich ist.

The screenshot shows a software window titled "Abnehmerparameter - Kälte". Inside, there is a section for "Eingabeparameter Kältesystem" and a sub-section for "Kälteabnehmer 1". This sub-section contains four input fields: "Kälteleistung" (with a value of 1 and unit kW), "Kaltwassertemperatur" (with unit °C), "Wärmebedarf Sommer" (with unit kW), and "Leistung der installierten FWÜ" (with unit kW). To the right of these fields are two buttons: "Bestätigen" and "Abbruch".

**Abb. 5.49:** Kälteabnehmererhebung

Mit dieser Eingabemaske werden die „Parameter des Kältesystems“ erfasst. Diese Abfrage wird für jeden Kälteabnehmer (entsprechend der angegebenen Anzahl) durchgeführt. Erfasst werden hier die jeweilige Kälteleistung in Kilowatt [kW], die gewünschte Kaltwassertemperatur (Vorlauftemperatur), der Wärmebedarf im Sommerfall in Kilowatt [kW] (z.B. Warmwasserbedarf usw.) und die Leistung der installierten Fernwärmeübergabestation in Kilowatt [kW], wenn diese bereits vorhanden ist. Wird bei der Erhebung der Basisdaten die Existenz einer FWÜ ausgeschlossen, so kommt es zu keiner Abfrage dieser Eingabeparameter.

Durch Bestätigung der Eingabe kommt man zum nächsten Kälteabnehmer bzw. nach Eingabe der Parameter des letzten Kälteabnehmers wird wieder das Hauptmenü angezeigt. Zum nächsten Eingabeschritt kommt man durch Betätigen des „Rohrmaterialien“ - Buttons. Das Eingabefenster „Rohrmaterialien“ ist in Abb. 5.50 ersichtlich.

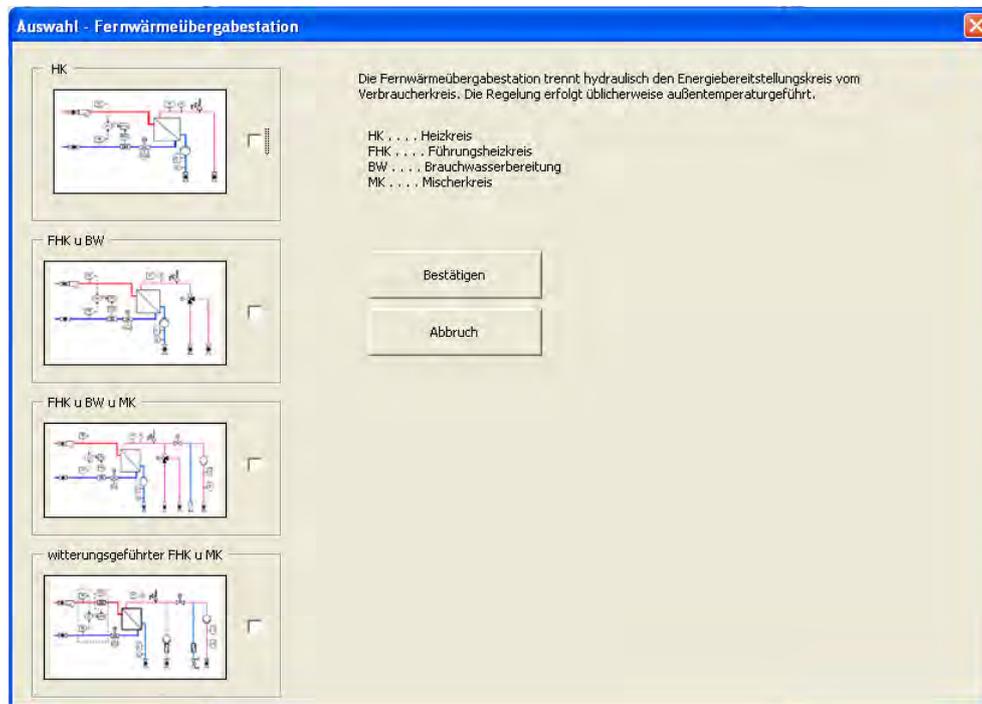
The screenshot shows a software window titled "Eingabe - Rohrmaterial". It contains a section for "Verteilung Abnehmer 1" with five input fields: "Rohrmaterial Hauptleitung" (dropdown menu), "DN" (text field), "Rohrmaterial Hausanschlussleitung" (dropdown menu), "DN" (text field), and "Wanderhebung Rohrmaterial" (dropdown menu). To the right of these fields are three buttons: "Bestätigen", "Abbruch", and "Hinweis".

**Abb. 5.50:** Eingabefenster "Rohrmaterialien"

Bei dieser Eingabemaske werden die Rohrnetzmaterialien hinsichtlich Rohrleitungsmaterial und Dimension, sowohl für die Hauptleitung als auch für die Hausanschlussleitung erfasst. Das Mediumrohrmaterial wird getrennt erfasst und dient zur Ermittlung der Rohrreibungszahl in Abhängigkeit der Netzparameter. Diese ist zur Abschätzung der Pumpenleistung erforderlich.

Auch diese Eingabe ist für jeden Kälteabnehmer durchzuführen. Durch Betätigen des Buttons „Hinweis“ erhält man Informationen bezüglich der auswählbaren Rohrleitungsmaterialien.

Nach Eingabe dieser Parameter gelangt man wieder zum Hauptmenü. Zur Auswahl der Fernwärmeübergabestationen, welche in Abb. 5.51 ersichtlich ist, gelangt man durch Betätigen des „Auswahl FWÜ“ - Buttons.



**Abb. 5.51:** Auswahl der FWÜ

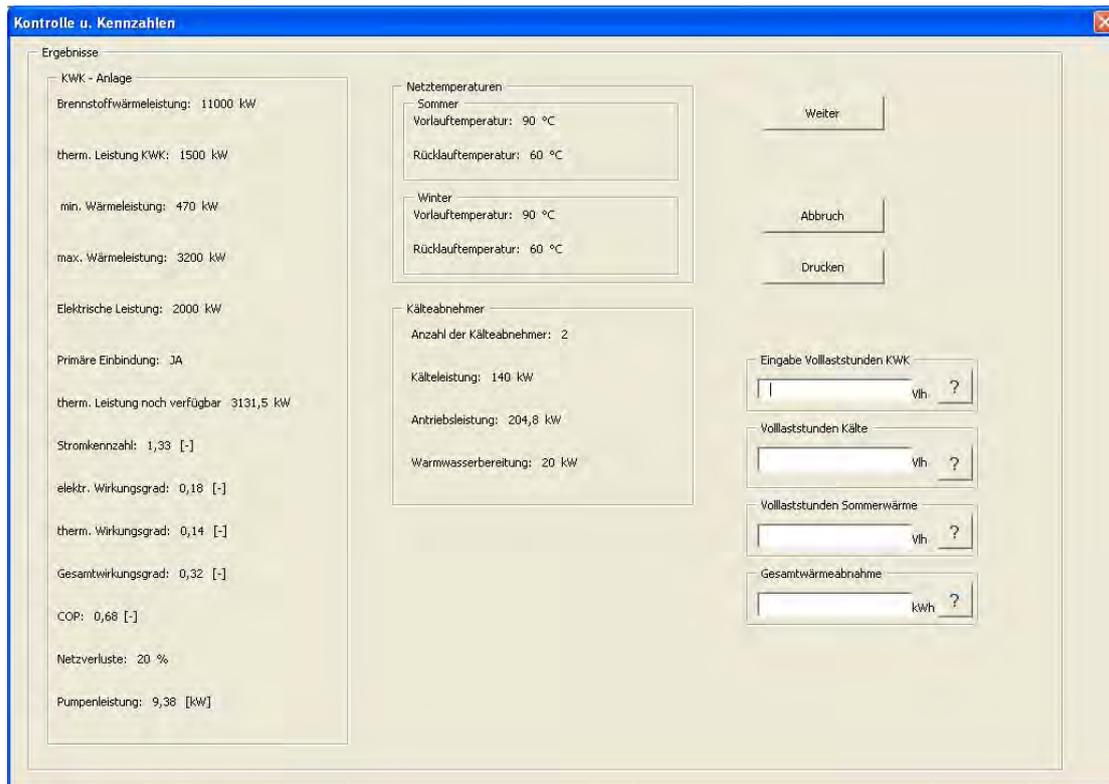
Hierbei kann aus vier unterschiedlichen Varianten ausgewählt werden. Die Auswahl der Fernwärmeübergabestationen erfolgt wiederum für jeden angegebenen Kälteabnehmer.

### **Teilergebnisse**

Nach Abschluss der Eingabe gelangt man zum Hauptmenü und kann hier durch den Button „Auswertung“ eine Zwischenauswertung des IST – Zustandes durchführen. Diese ist in Abb. 5.52 ersichtlich.

In dieser Userform werden neben den eingegebenen Daten bereits erste energietechnische Kennzahlen berechnet. So wird beispielsweise der COP der Kältemaschine als Funktionen der Temperaturniveaus bestimmt. Weiters erfolgt eine erste Kontrolle ob die geplante Versorgung der Kälteabnehmer bilanzmäßig überhaupt möglich ist. Der entsprechende Parameter wird als „Wärmeleistung noch verfügbar“ bezeichnet und setzt sich aus der min. Wärmeleistung (da eine Betrachtung des Sommerfalls durchgeführt wird), der Antriebsleistung der AbKM und dem Wärmebedarf für z.B. Warmwasserbereitung unter Berücksichtigung der primärseitigen Verteilverluste zusammen. Die hier ersichtliche Bewertung beruht auf den Nenndaten der Anlage und spiegelt das Anlagenverhalten auf Basis von Momentanwerten wieder. Da diese für die Beurteilung einer Anlage nicht repräsentativ sind wird durch eine Abfrage weiterer Parameter eine weiterführende Bewertung durchgeführt.

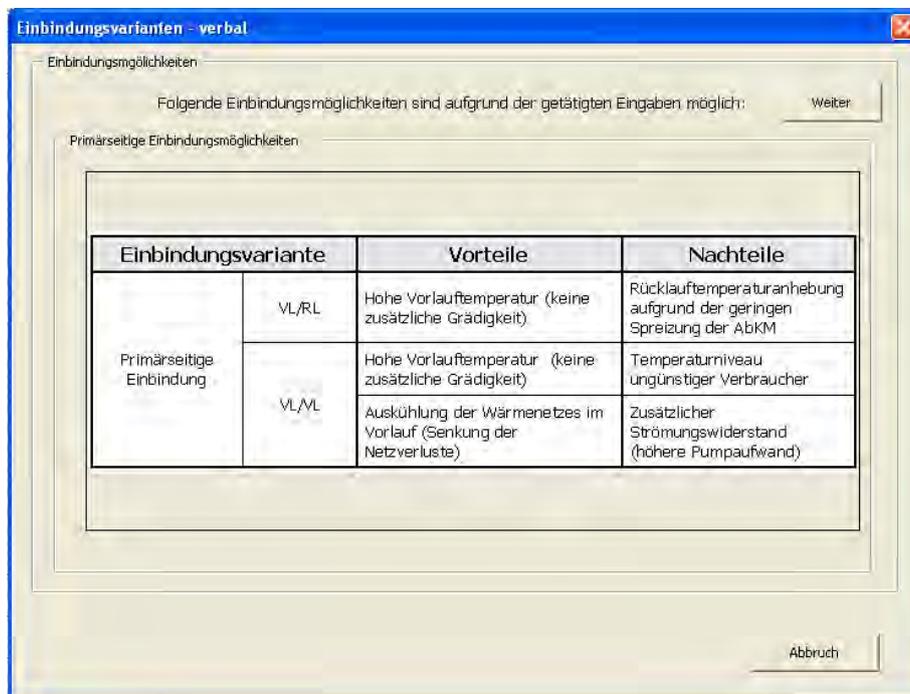
Um eine Bewertung der KWK – Anlage bzw. des KWKK – Systems durchführen zu können, ist es erforderlich die Volllaststunden der einzelnen Energieströme zu kennen. In den in Abb. 5.52 ersichtlichen Eingabefeldern sind die Volllaststunden der KWK – Anlage, der Kälteabnahme, sowie der Sommerwärme (Warmwasserbereitung usw.) einzugeben. Darüber hinaus wird die Jahreswärmeabnahme des Systems, also jene Wärmemenge, die den Endverbrauchern in Rechnung gestellt wird, in kWh abgefragt.



**Abb. 5.52:** Teilergebnisse

### Integration der Kälteversorgung

Nach Eingabe der vorherigen Parameter gelangt man zu einem weiteren in Abb. 5.53 ersichtlichen Auswertungsfenster.

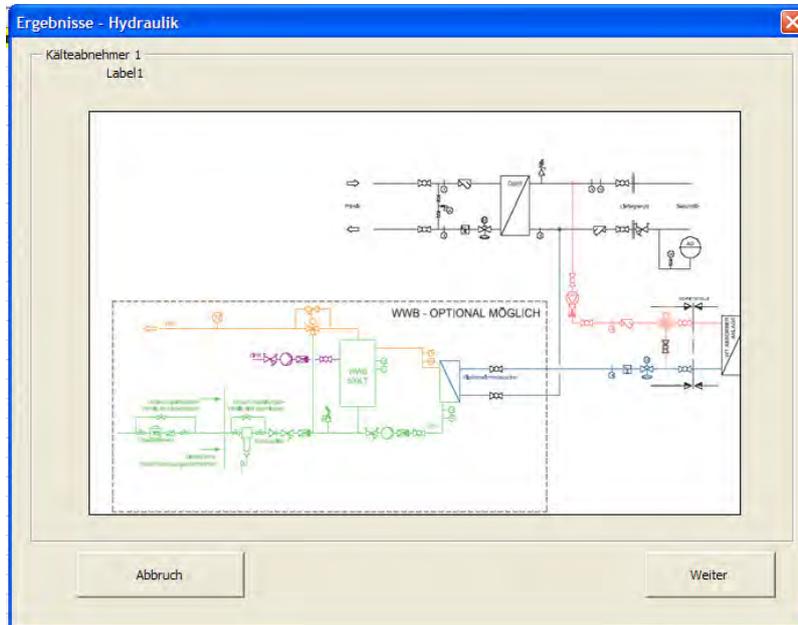


**Abb. 5.53:** Integration der Kälteversorgung

Hier erfolgt eine verbale Beschreibung der möglichen Einbindungsarten, welche auf Basis der eingegebenen Parameter abgeleitet wurden. Abb. 5.53 zeigt die verbale Beschreibung der primärseitigen Einbindung, wobei aufgrund der eingegebenen Parameter die Variante

RL/RL ausgeschlossen wurde. Durch Betätigung des „Weiter“ – Buttons erhält man die sekundärseitigen Einbindungsmöglichkeiten und deren Beschreibung.

Zudem kann durch Betätigen des „Hydr. Schemen“ – Buttons eine schematische Darstellung der hydraulischen Einbindungsmöglichkeiten angezeigt werden. Ein Beispiel für diese schematische Darstellung ist in Abb. 5.54 ersichtlich.



**Abb. 5.54:** Schematische Darstellung einer hydraulischen Einbindung

Abb. 5.54 zeigt eine Schaltung mit optionaler Warmwasserbereitung, die aufgrund der geringen Temperaturspreizung der AbKM zur Einhaltung der geforderten Rücklauf­temperatur eventuell erforderlich ist. Die Anzeige dieser Variante ist an die Auswahl der Fernwärme­übergabestation gekoppelt. Wurde bereits eine FWÜ mit Brauchwasserbereitung ausge­wählt, wird diese Einbindungsvariante nicht berücksichtigt. Alle möglichen Einbindungs­varianten werden hier in Abhängigkeit der Eingabeparameter für jeden Kälteabnehmer dar­gestellt.

Nach der Darstellung der Teilergebnisse erfolgt die Bewertung und der Vergleich des IST – Zustandes mit dem geplanten SOLL – Zustand.

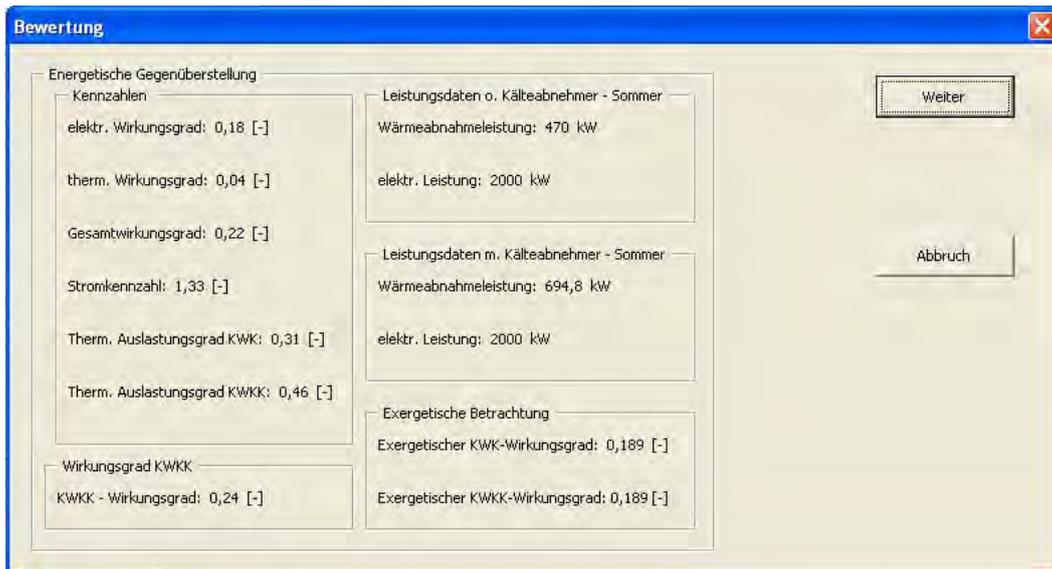
### **Bewertung**

Im Hauptmenü gelangt man durch Betätigen des ersten Menüpunkts der Gruppe „Bewertung“ zur energetischen und exergetischen Bewertung der Anlage bzw. des Systems.

In Abb. 5.55 ist eine Gegenüberstellung des IST – Zustandes mit dem geplanten SOLL – Zustand ersichtlich.

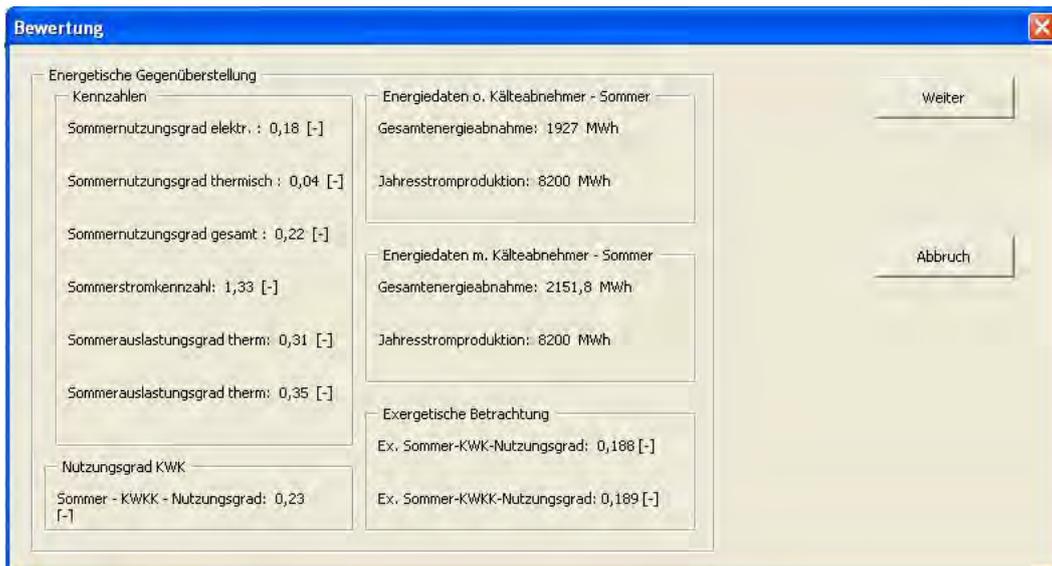
Als Maß für die thermische Güte der Erweiterung wurde der thermische Auslastungsgrad definiert, wobei der IST – Zustand mit „Therm. Auslastungsgrad KWK“ und der SOLL – Zustand mit „Therm. Auslastungsgrad KWKK“ bezeichnet wird.

Neben der Berechnung der Wirkungsgrade bei Nennlast erfolgt eine exergetische Betrachtung des Gesamtsystems (KWK – Anlage und Verteilung) im IST– und SOLL – Zustand.



**Abb. 5.55:** Energetische Bewertung (Wirkungsgrade)

Da ein Wirkungsgrad nur eine Momentaufnahme darstellt und damit nur wenig Aussagekraft besitzt, werden die entsprechenden Nutzungsgrade ermittelt und gegenübergestellt. Als Betrachtungszeitraum wird hier die Hälfte der Jahresvolllaststunden der KWK – Anlage angesetzt. Eine Darstellung der sich ergebenden Sommernutzungsgrade ist in Abb. 5.56 ersichtlich.



**Abb. 5.56:** Energetische Bewertung (Sommernutzungsgrade)

Abschließend wird ein Vergleich mittels Jahresnutzungsgrade bzw. über die Jahresenergie-mengen der beiden Kraftwerksausführungen durchgeführt. Ein Beispiel der sich ergebenden Jahresbewertung ist in Abb. 5.57 dargestellt.

Energetische Gegenüberstellung	
Kernzahlen	
Jahresnutzungsgrad elektr. :	0,18 [-]
Jahresnutzungsgrad thermisch :	0,07 [-]
Jahresnutzungsgrad gesamt :	0,25 [-]
Jahresstromkennzahl:	1,33 [-]
Jahresauslastungsgrad therm:	0,49 [-]
Jahresauslastungsgrad therm:	0,51 [-]
Nutzungsgrad KWK	
KWKK - Nutzungsgrad:	0,25 [-]
Energiedaten o. Kälteabnehmer	
Gesamtenergieabnahme:	6000 MWh
Jahresstromproduktion:	16400 MWh
Energiedaten m. Kälteabnehmer	
Gesamtenergieabnahme:	6224,8 MWh
Jahresstromproduktion:	16400 MWh
Exergetische Betrachtung	
Exergetischer KWK-Nutzungsgrad:	0,192 [-]
Exergetischer KWKK-Nutzungsgrad:	0,192 [-]

**Abb. 5.57:** Energetische Bewertung (Jahresnutzungsgrade)

### Ökologische Bewertung

Um eine Berechnung hinsichtlich der CO<sub>2</sub> – Belastung der einzelnen Energieströme durchführen zu können, benötigt man weitere Inputdaten wie z.B. spezifische Emissionsfaktoren. Bei diesem Softwaretool sind für ausgewählte Brennstoffe wie Holz, Biogas und Erdgas bereits spezifische Emissionsfaktoren hinterlegt. Durch Aktivierung des „Vorgabe“ – Feldes kann durch Auswahl des Brennstoffes auf diese zugegriffen werden.

Sollten diese Emissionsfaktoren mit jenen der realen Anlage nicht übereinstimmen, können durch Aktivierung des „Eigene Emissionsfaktoren“ – Feldes Emissionsfaktoren aus anderen Quellen oder selbst generierte Emissionsfaktoren eingegeben werden. Die entsprechende Eingabemaske ist in Abb. 5.58 ersichtlich.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Aktivierung der jeweiligen Emissionsfaktoreneingaben durch Ankreuzen von „Aktivierung Vorgabe“ oder von „Aktivierung Eigene Emissionsfaktoren“. Nach Auswahl des entsprechenden Energieträgers bzw. nach Eingabe der eigenen Emissionsfaktoren erfolgt die Berechnung der Emissionen. Bei den hinterlegten Emissionsfaktoren ist darauf hinzuweisen, dass die Verbrennung der biogenen Energieträger als CO<sub>2</sub> – neutral betrachtet und nur das CO<sub>2,fossil</sub> der Bereitstellungskette berücksichtigt wird. Beim Energieträger Erdgas werden sowohl die bei der Verbrennung entstehenden CO<sub>2</sub> – Emissionen als auch jene der Vorkette mitberücksichtigt. Wird die Brennstoffwärmeleistung des KWK – Systems mit einem Primärenergieträger bereitgestellt, so ist im Eingabefeld Brennstoffaufteilung unter Anteil Brennstoff 1 die Zahl 100 einzugeben. Setzt sich jedoch die Brennstoffwärmeleistung aus mehreren Primärenergieträgern zusammen, ist die Aufteilung der einzelnen Brennstoffe abzuschätzen.

Diese Abfrage stellt sowohl für die ökologische Bewertung als auch für die ökonomische Bewertung den entsprechenden Aufteilungsschlüssel dar.

In Abb. 5.59 ist die Darstellung der Ergebnisse einer durchgeführten Berechnung ersichtlich.

**Eingabe Emissionsfaktoren**

**Emissionsfaktoren**

**Vorgabe**

Aktivierung Vorgabe

kg/kWh

kg/kWh

kg/kWh

**Eigene Emissionsfaktoren**

Aktivierung Eigene Emissionsfaktoren

**Brennstoff 1**

kg/kWh

kWh/kg

**Brennstoff 2**

kg/kWh

kWh/kg

**Brennstoff 3**

kg/kWh

kWh/kg

**Brennstoffaufteilung**

Anteil Brennstoff 1  %

Anteil Brennstoff 2  %

**Brennstoffzusammensetzung**

Anteil Brennstoff 1  %

Anteil Brennstoff 2  %

**Volllaststunden Zusatzfeuerung**

v/h  v/h

Bestätigung

Abbruch

**Abb. 5.58:** Eingabemaske Emissionsfaktoren

**Ökologische Bewertung**

**Ergebnisse der ökologischen Betrachtung**

**Gesamtemission CO<sub>2</sub>**

Gesamtemission KWK: 3248 t CO<sub>2</sub>/a

**Teilemissionen**

Fernwärme: 0,16 t CO<sub>2</sub>/MWh ohne Kälteabnehmer

Fernwärme: 0,16 t CO<sub>2</sub>/MWh mit Kälteabnehmer

Kälte: 0,23 t CO<sub>2</sub>/MWh

Strom: 0,22 t CO<sub>2</sub>/MWh

**CO<sub>2</sub>-Emissionen Kälteversorgung**

Kälte aus Strom: 0,07 t CO<sub>2</sub>/MWh

Kälte aus Wärme: 0,23 t CO<sub>2</sub>/MWh

**CO<sub>2</sub>-Bilanz AbKM gegenüber KKM**

-0,16 t CO<sub>2</sub>/MWh Vorteil elektr. betriebene Kältemaschine!

**Systemvergleich**

Hier haben Sie die Möglichkeit einen Vergleich mit anderen Emissionsfaktoren für Strom durchzuführen!

t CO<sub>2</sub>/MWh

Weiter

Systemvergleich

Drucken

Abbruch

**Abb. 5.59:** Berechnungsergebnisse Emissionen

Als Ergebnis dieser Bewertung erhält man die CO<sub>2</sub> – Belastung der einzelnen Energieoutputströme in t CO<sub>2</sub>/MWh<sub>Output</sub> sowie die Gesamt – CO<sub>2</sub> – Emissionen der KWK – Anlage inklusive der CO<sub>2</sub> – Emissionen einer etwaigen Zusatzfeuerung.

Ein weiteres Bilanzierungsergebnis stellt der Emissionsvergleich einer Kompressionskältemaschine und einer thermischen Kältemaschine dar, die in beiden Fällen die für Kältebereitstellung erforderliche Antriebsenergie aus dem betrachteten Kraftwerk beziehen. Dieser Vergleich gibt Auskunft über die ökologischen Auswirkungen der einzelnen Kältebereitstellungssysteme.

Um dem User die Möglichkeit zu geben die thermische Kälteanlage mit einer Kompressionskältemaschine, deren Antriebsenergie aus anderen Quellen stammt, zu vergleichen, gibt es unter Systemvergleich die Möglichkeit weitere spezifische Emissionsfaktoren für die elektrische Nutzenergie einzugeben. Dieser Systemvergleich kann beliebig oft durchgeführt werden.

Nach Abschluss der ökologischen Betrachtung wird der letzte wesentliche Schritt zur Gesamtbewertung der geplanten Erweiterung durchgeführt.

### Ökonomische Bewertung

Auf Basis der bisher ermittelten oder eingegebenen Parameter und den spezifischen Brennstoffkosten erfolgt die Ermittlung der Gestehungskosten der einzelnen Energieoutputströme. Die erforderlichen spezifischen Brennstoffkosten (sowohl der KWK – Anlage, als auch der Zusatzfeuerung) sind in die in Abb. 5.60 ersichtlichen Eingabemaske einzugeben. Sollte die Brennstoffwärmeleistung aus mehreren Primärenergieträgern bereitgestellt werden, so erfolgt die Berechnung der Mischbrennstoffkosten auf Basis der bei der Berechnung der CO<sub>2</sub> – Emissionen angegebenen Brennstoffanteile.

**Abb. 5.60:** Eingabemaske Brennstoffkosten

Nach Eingabe der geforderten Parameter und Durchführung der Berechnung erhält man die Gesamtbrennstoffkosten der KWK – Anlage ohne Zusatzfeuerung in €/a, die Gestehungskosten der einzelnen Energieoutputströme in €/MWh<sub>Output</sub> und die Gesamtbrennstoffkosten der Zusatzfeuerung in €/a. Ein Beispiel für die Darstellung der berechneten Kosten ist in Abb. 5.61 ersichtlich.

**Eingabe - Ökonomische Parameter**

Energiepreiserfassung	Kosten
Energiepreis 1: 10 €/MWh	Energiekosten: 560000 €/a
Energiepreis 2: 10 €/MWh	Fernwärmekosten: 0,113 €/MWh
Energiepreis Zusatzfeuerung: 20 €/MWh	Fernwärmekosten: 0,113 €/MWh
	Kältekosten: 0,161 €/MWh
	Stromkosten: 38,462 €/MWh
	Kältekosten: 13,082 €/MWh
	Kosten Zusatzf.: 20000 €/a

Buttons: Weiter, Drucken, Abbruch

**Abb. 5.61:** Berechnung der Gestehungskosten

Die durchgeführte Berechnung gibt erste Auskünfte über die anzusetzenden Mindestverkaufspreise auf Basis der berechneten Energiegestehungskosten. Über die Wirtschaftlichkeit der geplanten Anlagenerweiterung können jedoch noch keine Auskünfte gegeben werden. Dieses Ergebnis wird im Anschluss in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067 durchgeführt. Für die Durchführung dieses Wirtschaftlichkeitsvergleichs bedarf es jedoch noch der Eingabe weiterer Parameter, wie Energieverkaufspreise, Betrachtungszeitraum, jährliche Preissteigerungsfaktoren und kalkulatorischer Zinssatz. In Abb. 5.62 ist die entsprechende Userform mit den Eingabeparametern ersichtlich.

**Energieverkaufspreise**

Energieverkaufspreise	Preissteigerungen - Wärmepreis für Sensitivitätsanalyse
Kältepreis: 1 €/MWh	Wärmepreis: 1 %/a
Wärmepreis: 1 €/MWh	Wärmepreis: 1 %/a
Strompreis: 1 €/MWh	Wärmepreis: 1 %/a

**Basisdaten VDI 2067**

Nutzungsdauer: 1 a
kalkulatorischer Zinssatz: 1 %

Buttons: Weiter, Abbruch

**Abb. 5.62:** Eingabemaske VDI 2067

Nach Eingabe der geforderten Daten erhält man als Ergebnis dieser Berechnung das in Abb. 5.63 ersichtliche Excel – Tabellenblatt.

	Einheit	KWK	KWKK	Amortisation
<b>24</b>				
<b>25</b>	<b>Kapitalgebundene Kosten</b>			
<b>26</b>	<b>Investitionskosten</b>			
27	Investitionskosten gesamt	[EUR]	203,868	203,868
28				
<b>29</b>	<b>Annuität d. kapitalgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>19,244</b>
<b>30</b>	<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>			
<b>31</b>	<b>Erlöse</b>			
32	Erlöse aus Kälteverkauf	[EUR/a]	42,000	42,000
33	Erlöse aus Wärmeverkauf	[EUR/a]	991,000	1,000
34	Erlöse aus Stromverkauf	[EUR/a]	588,000	0
35	Annuität der Erlöse	[EUR/a]	1,985,778	2,039,890
36				
<b>37</b>	<b>Brennstoffkosten</b>			
38	Brennstoff 1	[EUR/a]	280,000	280,000
39	Brennstoff 2	[EUR/a]	280,000	280,000
40	Zusatzbrennstoff	[EUR/a]	40,000	40,000
41	Annuität Brennstoffkosten	[EUR/a]	755,049	755,049
42				
<b>43</b>	<b>Annuität d. verbrauchsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>-1,230,730</b>	<b>-1,284,841</b>
<b>44</b>	<b>Betriebsgebundene Kosten</b>			
45	Wartungskosten	[EUR/a]	2,000	2,000
46				
<b>47</b>	<b>Annuität d. betriebsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>2,204</b>
<b>48</b>	<b>Sonstige Kosten</b>			
49	Versicherungskosten	[EUR/a]	0	0
50				
<b>51</b>	<b>Annuität d. sonstigen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>52</b>	<b>Gesamtergebnis</b>			
53	Gesamtannuität	[EUR/a]	-1,230,730	-1,263,394
54	Spez. Gesamtannuität	[EUR/kWh]	-0,043955	-0,045121
<b>55</b>	<b>Amortisationszeit</b>	<b>[a]</b>		<b>6,2</b>

Abb. 5.63: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei der Durchführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067 werden neben den Wartungs- und Energiekosten (elektrische Hilfsenergie) der Absorptionskältemaschine auch jene der Rückkühleinheiten berücksichtigt. Die elektrische Hilfs- bzw. Antriebsenergie dieser Einrichtungen werden von der Stromproduktion in Abzug gebracht und schmälern damit die Erlöse aus dem Stromverkauf. Neben der Berechnung der Annuitäten und der Amortisationszeit der geplanten Investition wird - wie in Abb. 5.64 ersichtlich - eine Sensitivitätsanalyse mit Preissteigerungsfaktoren durchgeführt. Eine weitere Sensitivitätsbetrachtung wird durch Variation der Kälte – Volllaststunden (Abb. 5.65) und des angesetzten Kälteverkaufspreises (Abb. 5.66) durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalysen sind in den Abb. 5.64 bis 5.66 exemplarisch dargestellt.

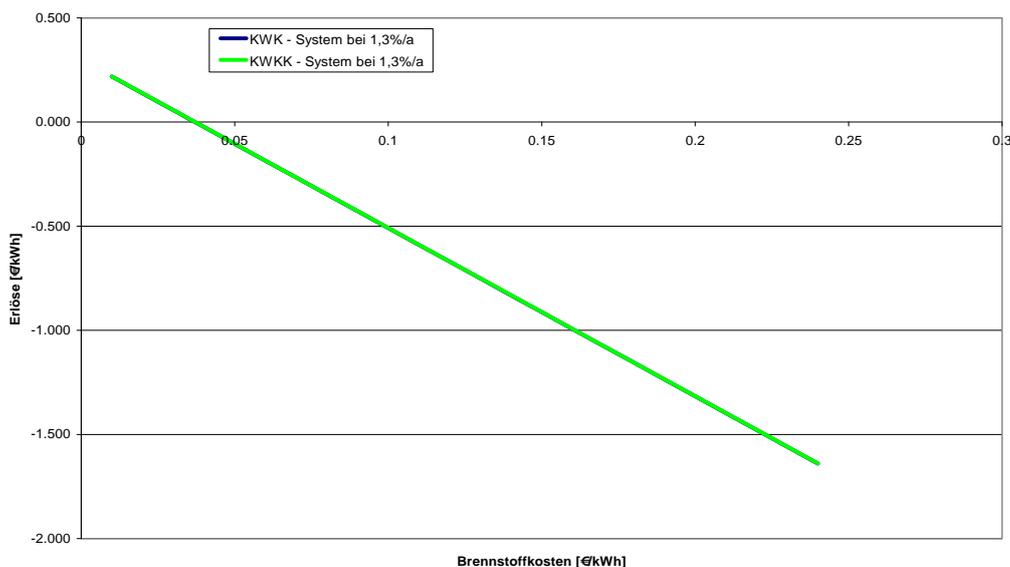


Abb. 5.64: Erlöse in Abhängigkeit der Brennstoffkosten bei einer Preissteigerung von 1,3%/a

Aus Abbildung 5.64 wird ersichtlich, dass sich die Erlöse des KWK – Systems ziemlich mit jenen des KWKK – Systems decken. Diese nahezu deckungsgleichen Erlöse ergeben sich aufgrund der eingegebenen Daten (wie z.B. Kälteleistung und dazugehörige Volllaststunden).

Abb. 5.65 zeigt die Abhängigkeit der Amortisationszeit und der spezifischen Erlöse von den Jahreskältevolllaststunden bei konstanter Kälteleistung.

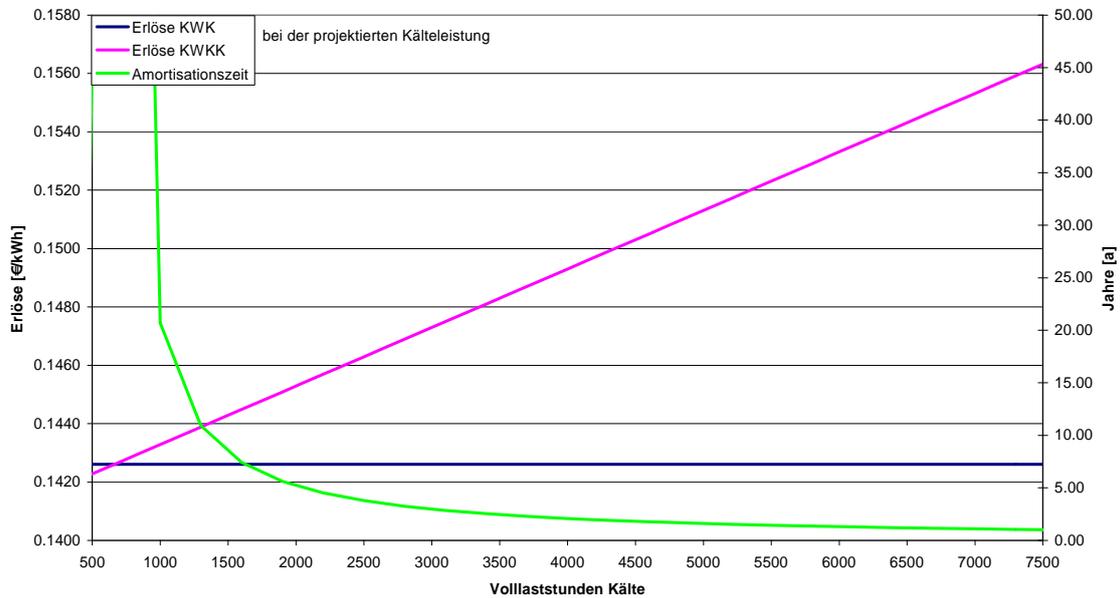


Abb. 5.65: Erlöse und Amortisationszeit in Abhängigkeit der Kältevolllaststunden

Abb. 5.66 zeigt die spezifischen Erlöse und die Amortisationszeit in Abhängigkeit des spezifischen Kälteverkaufspreises.

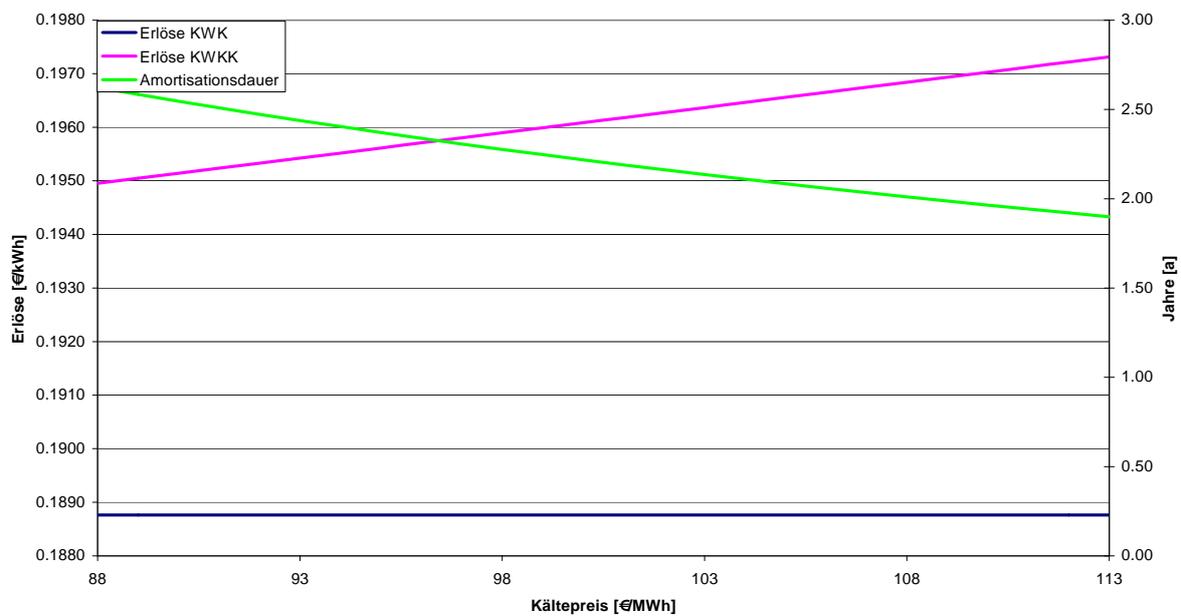


Abb. 5.66: Erlöse und Amortisationszeit in Abhängigkeit des Kälteverkaufspreises

### 5.3.3 Bewertung

Das in den vorherigen Kapiteln beschriebene Bewertungstool wird in diesem Kapitel auf drei ausgewählte biomassebetriebene KWK – Systeme angewendet.

#### **Biomassekraftwerk Eisenstadt**

Als Datengrundlage zur Bewertung des Biomasse – KWK – Systems Eisenstadt wurden folgende Basisdaten (ersichtlich in Tab. 5.17 und 5.18) seitens der Bioenergie Burgenland Service GmbH zur Verfügung gestellt.

**Tab. 5.17:** Basisdaten KWK – Anlage Eisenstadt

<b>Basisdaten Kraftwerk</b>	
Brennstoffwärmeleistung [kW]	11.000
Volllaststunden KWK [h]	8.200
Jahreswärmeabnahme [MWh]	6.000
Max. Fernwärmeleistung KWK – Anlage [kW]	1.500
Min. Wärmeleistung [kW]	470
Max. Wärmeleistung [kW]	3.200
Elektr. Nettoleistung [kW]	2.000
Leistung Zusatzfeuerung [kW]	2.500
Volllaststunden Zusatzf. [h]	1.000
Abnehmeranzahl IST-Zustand [-]	11

**Tab. 5.18:** Übersicht der Netzparameter Eisenstadt

<b>Basisdaten Netz</b>	
Vorlauftemperatur Sommer [°C]	90
Rücklauftemperatur Sommer [°C]	60
Vorlauftemperatur Winter [°C]	90
Rücklauftemperatur Winter [°C]	60
Netzlänge [m]	3.200
Geschätzte Netzverluste [%]	20

Weitere für die Bewertung erforderliche Parameter sind in Tab. 5.19 angegeben.

**Tab. 5.19:** Übersicht Zusatzparameter Eisenstadt

<b>Zusatzeingabeparameter</b>	
FWÜ bereits vorhanden?	NEIN
Primäre Einbindung möglich?	JA
Kaltwassertemperatur VL [°C]	7

Als zusätzliche Abnehmer (Kälteabnehmer) wurden zwei fiktive Versorgungsobjekte mit einer Kälteleistung von jeweils  $70 \text{ kW}_{\text{Kälte}}$  bei einer Systemtemperatur von  $7 \text{ °C}$  (Kaltwasservorlauf) und eine Sommerwärmeleistung zur Brauchwasserbereitung von  $10 \text{ kW}_{\text{WW}}$  angenommen.

Als Rohrmaterialien wurden für die Hauptleitung KMR – Rohre mit DN 200 verwendet. Als Rohrmaterial für die Verteilungen wurden ebenfalls KMR – Rohre gewählt.

Tab. 5.20 gibt einen Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) der KWK – Anlage während der Kühlperiode.

**Tab. 5.20:** Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) Eisenstadt

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Wirkungsgrad [%]	4	4
Elektr. Wirkungsgrad [%]	18,18	18,18
Gesamtwirkungsgrad [%]	22,18	24
Therm. Auslastungsgrad [%]	31	46
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtwirkungsgrad [%]	18,86	18,91

Der COP der AbKM wurde auf Basis der vorgegebenen Systemtemperaturen aus Kaltwasser-, Heizwasser- und Kühlwassertemperatur mit 0,68 berechnet.

Um eine aussagekräftigere Darstellung der geplanten Erweiterung durchführen zu können wurde eine Aufteilung zwischen Kühl- und Heizperiode durchgeführt. Dabei wurden die angegebenen Volllaststunden halbiert und die Annahme getroffen, dass die KWK – Anlage im Sommer mit 470 kW 4.200 Volllaststunden betrieben wird. Die restliche Wärmeenergie der 6.000 MWh wird in der Heizperiode bereitgestellt. Mit diesen Annahmen ergibt sich folgender IST – Plan – Vergleich (Tab. 5.21).

**Tab. 5.21:** Überblick über die Sommernutzungsgrade KWK(K) - System Eisenstadt

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	4,27	4,77
Elektr. Nutzungsgrad [%]	18,18	18,18
Gesamtnutzungsgrad [%]	22,45	22,95
Therm. Auslastungsgrad [%]	31,33	34,99
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	18,83	18,85
Wärmemenge [MWh]	1.927	2.152
Elektr. Energie [MWh]	8.200	8.200

Die Ergebnisse der Jahresbewertung für das Biomasse – KWK – System Eisenstadt sind in Tab. 5.22 aufgelistet.

**Tab. 5.22:** Ergebnisse der Jahres – Kraftwerksbewertung Eisenstadt

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	6,64	6,64
Elektr. Nutzungsgrad [%]	18,18	18,18
Gesamtnutzungsgrad [%]	24,82	24,85
Therm. Auslastungsgrad [%]	48,78	50,61
Stromkennzahl [-]	133	133
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	19,21	19,22
Wärmemenge [MWh]	6.000	6.225
Elektr. Energie [MWh]	16.400	16.400

Hierbei wird ersichtlich, dass sich die Kälteversorgung bilanztechnisch kaum auf das Gesamtbild des KWK – bzw. KWKK – Systems auswirkt. Die Ursache für diese geringen Auswirkungen der Erweiterung liegt in den getroffenen Annahmen hinsichtlich Kälteabnehmer die mit einer Kälteleistung von 70 kW<sub>Kälte</sub> angenommen wurden.

In weiterer Folge wurden auf Basis der hier berechneten Nutzungsgrade und der vorgegebenen Basisdaten die Gestehungskosten der einzelnen Energieströme errechnet um erste Anhaltspunkte bezüglich der Preisgestaltung zu erhalten.

In Tab. 5.23 sind die errechneten Energiegestehungskosten bei gleichbleibendem Brennstoffeinsatz dargestellt.

**Tab. 5.23:** Überblick über die Energiegestehungskosten Eisenstadt

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [€/MWh]	78,23	77,86
Strom [€/MWh]	73,12	73,12
Kälte aus Wärme [€/MWh]	-	113,9
Kälte aus Strom [€/MWh]	24	-

Die Brennstoffkosten des KWK – Systems betragen in beiden Fällen 1.533.400 €/a und jene der Zusatzfeuerung 111.111 €/a.

Zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen dieser geplanten Erweiterung wurde eine CO<sub>2</sub> – Bilanzierung und eine Aufteilung dieser CO<sub>2</sub> – Emissionen auf die entsprechenden Energieoutputströme durchgeführt. Die Ergebnisse dieser ökologischen Betrachtung sind in Tab. 5.24 ersichtlich.

**Tab. 5.24:** Ökologische Bewertung des KWK(K) - Systems Eisenstadt

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,319	0,316
Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,25	0,25
Kälte aus Wärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	-	0,467
Kälte aus Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,08	-

Eine Ergänzung zu den bisherigen Bewertungsvorgängen stellt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067 dar, wobei als weiteres Feature eine zusätzliche quasistatische Amortisationsrechnung durchgeführt wurde. Diese gibt die Amortisationsdauer der Anlageninvestition (AbKM inkl. Rückkühlwerk) wieder. Tab. 5.25 zeigt die für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingesetzten Parameter inkl. der für die Sensitivitätsanalyse benötigten Preissteigerungsfaktoren.

**Tab. 5.25:** Überblick über die Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

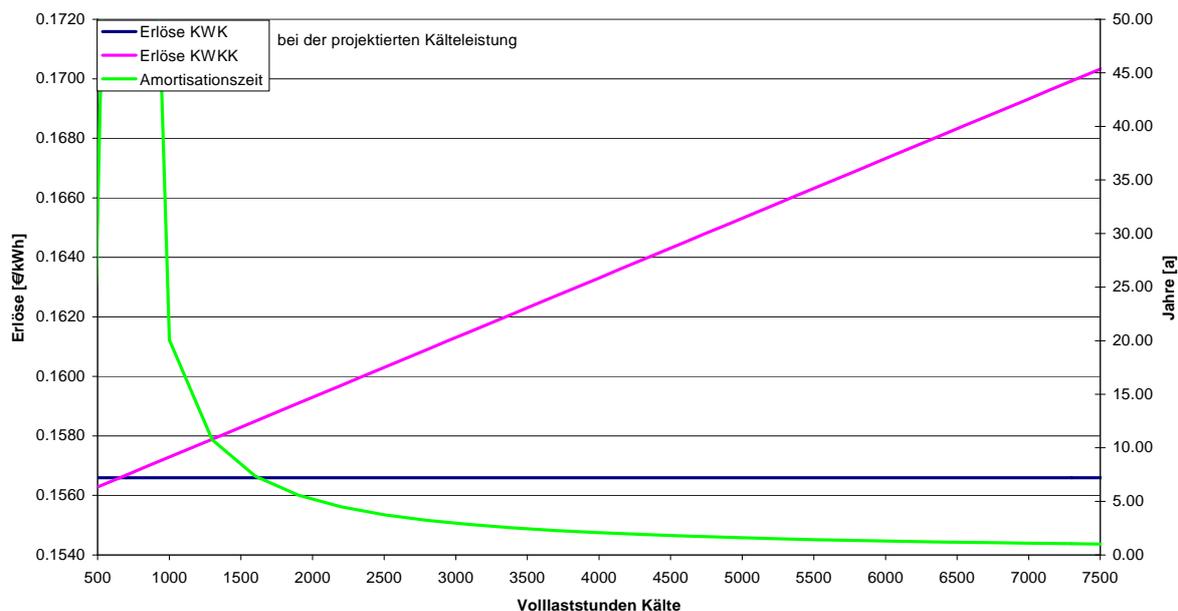
Wirtschaftliche Parameter	
Betrachtungszeitraum [a]	20
Kalkulatorischer Zinssatz [%/a]	7
Spez. Erlöse (Strom) [€/MWh]	160
Spez. Erlöse (Wärme) [€/MWh]	90
Spez. Erlöse (Kälte) [€/MWh]	140
Brennstoffkosten [€/MWh]	17
Kosten Zusatzfeuerung [€/MWh]	40
Preiserhöhung Strom [%/a]	3
Preiserhöhung Wärme [%/a]	3
Preiserhöhung Betrieb [%/a]	1,3
Preiserhöhung sonst. Zahlungen [%/a]	1,3

Abb. 5.67 zeigt das Ergebnis der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung inklusive der Amortisationsrechnung.

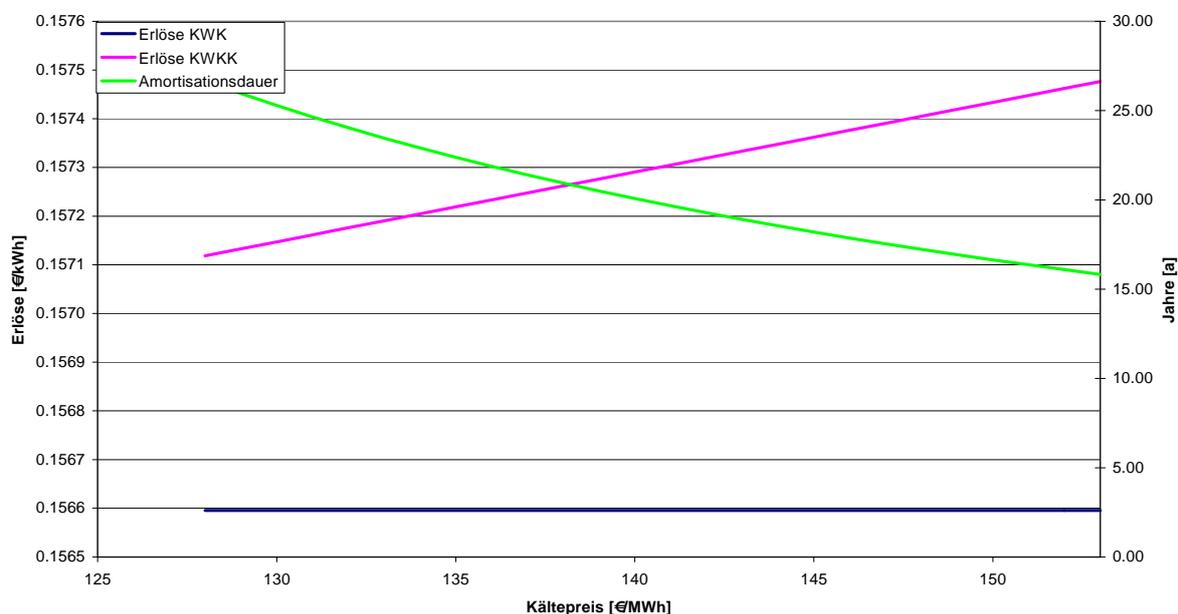
	Einheit	KWK	KWKK	Amortisation
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>				
<i>Investitionskosten</i>				
Investitionskosten gesamt	[EUR]		171,456	171,456
<b>Annuität d. kapitalgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>16,184</b>	<b>-16,184</b>
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>				
<i>Erlöse</i>				
Erlöse aus Kälteverkauf	[EUR/a]		19,600	19,600
Erlöse aus Wärmeverkauf	[EUR/a]	540,000	541,800	1,800
Erlöse aus Stromverkauf	[EUR/a]	2,624,000	2,624,000	0
<b>Annuität der Erlöse</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>3,981,624</b>	<b>4,008,554</b>	<b>26,930</b>
<i>Brennstoffkosten</i>				
Brennstoff 1	[EUR/a]	1,533,400	1,533,400	0
Brennstoff 2	[EUR/a]	0	0	0
Zusatzbrennstoff	[EUR/a]	100,000	100,000	0
<b>Annuität Brennstoffkosten</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>2,055,495</b>	<b>2,055,495</b>	<b>0</b>
<b>Annuität d. verbrauchsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>1,926,130</b>	<b>1,953,060</b>	<b>26,930</b>
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>				
Wartungskosten	[EUR/a]		2,000	2,000
<b>Annuität d. betriebsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>2,204</b>	<b>2,204</b>
<b>Sonstige Kosten</b>				
Versicherungskosten	[EUR/a]	0	0	0
<b>Annuität d. sonstigen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamtergebnis</b>				
<b>Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>1,926,130</b>	<b>1,934,672</b>	<b>8,542</b>
<b>Spez. Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/kWh]</b>	<b>0.156596</b>	<b>0.157290</b>	
<b>Amortisationszeit</b>	<b>[a]</b>			<b>20.1</b>

**Abb. 5.67:** Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des KWKK – Systems Eisenstadt in Anlehnung an die VDI 2067

In den Abb. 5.68 und 5.69 sind die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalyse dargestellt, wobei zum einen die Volllaststunden und zum anderen die Kälteverkaufspreise der Kälteabnahme variiert wurden.



**Abb. 5.68:** Sensitivitätsanalyse KWK(K) - System Eisenstadt in Abhängigkeit der Kältevolllaststunden  
 Aus Abb. 5.69 wird ersichtlich, dass ab ca. 5.000 Volllaststunden der Kälteversorgung keine nennenswerten Änderungen hinsichtlich Amortisationszeit stattfinden.



**Abb. 5.69:** Sensitivitätsanalyse KWK(K) - System Eisenstadt in Abhängigkeit des Kälteverkaufspreises

Aufgrund der getroffenen Annahmen hinsichtlich der zusätzlichen Kälteabnehmer würde sich diese Anlagenerweiterung erst in ca. 20 Jahren amortisieren. Durch Variation des Kälteverkaufspreises oder der Volllaststunden der Kälteabnahme sind jedoch durchaus vernünftige Amortisationszeiten erzielbar.

## Biomassekraftwerk Oberwart

Die Datengrundlage, die zur Bewertung des Biomasse – KWK – Systems Oberwart herangezogen wurde, ist in den Tab. 5.26 bis 5.28 ersichtlich.

**Tab. 5.26:** Basisdaten KWK – Anlage Oberwart

<b>Basisdaten Kraftwerk</b>	
Brennstoffwärmeleistung [kW]	9.320
Volllaststunden KWK [h]	8.000
Jahreswärmeabnahme [MWh]	11.200
Max. Fernwärmeleistung KWK – Anlage [kW]	1.500
Sommerwärmeleistung [kW]	500
Spitzenwärmeleistung [kW]	4.000
Elektr. Nettoleistung [kW]	1.877
Leistung Zusatzfeuerung [kW]	6.000
Volllaststunden Zusatzf. [h]	1.000
Abnehmeranzahl IST-Zustand [-]	1

**Tab. 5.27:** Übersicht der Netzparameter Oberwart

<b>Basisdaten Netz</b>	
Vorlauftemperatur Sommer [°C]	95
Rücklauftemperatur Sommer [°C]	50
Vorlauftemperatur Winter [°C]	95
Rücklauftemperatur Winter [°C]	50
Netzlänge [m]	5.300
Geschätzte Netzverluste [%]	20

**Tab. 5.28:** Übersicht Zusatzparameter Oberwart

<b>Zusatzeingabeparameter</b>	
FWÜ bereits vorhanden?	JA
Primäre Einbindung möglich?	NEIN
Kaltwassertemperatur VL [°C]	7

Zur Bewertung des Systems und insbesondere der Auswirkungen der geplanten Erweiterung sind zusätzliche Daten erforderlich. Diese konnten zum Zeitpunkt der Bewertung seitens des Kraftwerksbetreibers jedoch noch nicht zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund beruhen die in Tab. 5.29 angegebenen Eingabeparameter auf einer durchgeführten Grobabschätzung.

**Tab. 5.29:** Weitere technische Parameter (Annahmen)

<b>Weitere Eingabeparameter</b>	
Kälteleistung [kW]	680
Volllaststunden Kälte [h]	2.000

Tab. 5.30 gibt einen Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) der KWK – Anlage während der Kühlperiode.

**Tab. 5.30:** Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) Oberwart

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Wirkungsgrad [%]	5,36	5,36
Elektr. Wirkungsgrad [%]	20,1	20,1
Gesamtwirkungsgrad [%]	25,46	32,7
Therm. Auslastungsgrad [%]	33	99
Stromkennzahl [-]	1,25	1,25
Exerg. Gesamtwirkungsgrad [%]	20,91	21,17

Der COP der AbKM wurde auf Basis der vorgegebenen Systemtemperaturen aus Kaltwasser-, Heizwasser- und Kühlwassertemperatur mit 0,69 berechnet.

Um eine aussagekräftigere Darstellung der geplanten Erweiterung durchführen zu können wurde eine Aufteilung zwischen Kühl- und Heizperiode durchgeführt. Dabei wurden die angegebenen Volllaststunden halbiert und die Annahme getroffen, dass die KWK – Anlage im Sommer mit 500 kW 4.000 Volllaststunden betrieben wird. Die restliche Wärmeenergie der 11.200 MWh wird in der Heizperiode bereitgestellt. Mit diesen Annahmen ergibt sich folgender IST – Plan – Vergleich (Tab. 5.31).

**Tab. 5.31:** Überblick über die Sommernutzungsgrade KWK(K) - System Oberwart

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	5,35	5,35
Elektr. Nutzungsgrad [%]	20,1	20,1
Gesamtnutzungsgrad [%]	25,45	29,1
Therm. Auslastungsgrad	33,33	66,1
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	20,91	21,04
Wärmemenge [MWh]	2.000	3.964
Elektr. Energie [MWh]	7.508	7.508

Die Ergebnisse der Jahresbewertung für das Biomasse – KWK – System Oberwart sind in Tab. 5.32 aufgelistet.

**Tab. 5.32:** Ergebnisse der Jahres – Kraftwerksbewertung Oberwart

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	14,99	14,99
Elektr. Nutzungsgrad [%]	20,1	20,1
Gesamtnutzungsgrad [%]	35,1	36,91
Therm. Auslastungsgrad [%]	93,33	109,7
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	22,37	22,44
Wärmemenge [MWh]	11.200	13.164
Elektr. Energie [MWh]	15.016	15.016

Hierbei wird ersichtlich, dass sich deutlich höhere Unterschiede hinsichtlich des Gesamtnutzungsgrades ergeben. Diese Änderung des Gesamtnutzungsgrades ist auf die Höhe der zusätzlichen Kälteleistung zurückzuführen. Die Überschreitung der 100 % - Marke des thermischen Auslastungsgrades ist eher unproblematisch anzusehen, da der Auslastungsgrad auf die Wärmeauskoppelung des KWK – Systems ohne Berücksichtigung der Zusatzfeuerung bezogen ist.

In weiterer Folge wurden auf Basis der hier berechneten Nutzungsgrade und der vorgegebenen Basisdaten die Gestehungskosten der einzelnen Energieströme errechnet um erste Anhaltspunkte bezüglich der Preisgestaltung zu erhalten.

In Tab. 5.33 sind die errechneten Gestehungskosten bei gleichbleibendem Brennstoffeinsatz dargestellt.

**Tab. 5.33:** Überblick über die Energiegestehungskosten Oberwart

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [€/MWh]	63,15	59,78
Strom [€/MWh]	56,20	56,20
Kälte aus Wärme [€/MWh]	-	86,35
Kälte aus Strom [€/MWh]	16,93	-

Die Brennstoffkosten des KWK – Systems betragen in beiden Fällen 1.267.520 €/a und jene der Zusatzfeuerung 266.667 €/a.

Zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen dieser Erweiterung wurde eine CO<sub>2</sub> – Bilanzierung und eine Aufteilung dieser CO<sub>2</sub> – Emissionen auf die entsprechenden Energieoutputströme durchgeführt. Die Ergebnisse dieser ökologischen Betrachtung sind in Tab. 5.34 ersichtlich.

**Tab. 5.34:** Ökologische Bewertung des KWK(K) - Systems Oberwart

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,282	0,261
Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,17	0,17
Kälte aus Wärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	-	0,407
Kälte aus Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,06	-

Tab. 5.35 zeigt die für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingesetzten Parameter inkl. der für die Sensitivitätsanalyse benötigten Preissteigerungsfaktoren.

**Tab. 5.35:** Überblick über die Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

<b>Wirtschaftliche Parameter</b>	
Betrachtungszeitraum [a]	20
Kalkulatorischer Zinssatz [%/a]	7
Spez. Erlöse (Strom) [€/MWh]	156
Spez. Erlöse (Wärme) [€/MWh]	80
Spez. Erlöse (Kälte) [€/MWh]	100
Brennstoffkosten [€/MWh]	17
Kosten Zusatzfeuerung [€/MWh]	40
Preiserhöhung Strom [%/a]	3
Preiserhöhung Wärme [%/a]	3
Preiserhöhung Betrieb [%/a]	1,3
Preiserhöhung sonst. Zahlungen [%/a]	1,3

Abb. 5.70 zeigt das Ergebnis der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung inklusive der Amortisationsrechnung.

	Einheit	KWK	KWKK	Amortisation
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>				
<b>Investitionskosten</b>				
Investitionskosten gesamt	[EUR]		144,771	144,771
<b>Annuität d. kapitalgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>13,665</b>	<b>-13,665</b>
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>				
<b>Erlöse</b>				
Erlöse aus Kälteverkauf	[EUR/a]		136,000	136,000
Erlöse aus Wärmeverkauf	[EUR/a]	896,000	896,000	0
Erlöse aus Stromverkauf	[EUR/a]	2,342,496	2,342,496	0
Annuität der Erlöse	[EUR/a]	4,075,371	4,246,515	171,144
<b>Brennstoffkosten</b>				
Brennstoff 1	[EUR/a]	1,267,520	1,267,520	0
Brennstoff 2	[EUR/a]	0	0	0
Zusatzbrennstoff	[EUR/a]	266,667	266,667	0
Annuität Brennstoffkosten	[EUR/a]	1,930,643	1,930,643	0
<b>Annuität d. verbrauchsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>2,144,728</b>	<b>2,315,872</b>	<b>171,144</b>
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>				
Wartungskosten	[EUR/a]		2,000	2,000
<b>Annuität d. betriebsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>2,204</b>	<b>2,204</b>
<b>Sonstige Kosten</b>				
Versicherungskosten	[EUR/a]	0	0	0
<b>Annuität d. sonstigen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamtergebnis</b>				
<b>Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>2,144,728</b>	<b>2,300,003</b>	<b>155,275</b>
<b>Spez. Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/kWh]</b>	<b>0.178727</b>	<b>0.191667</b>	
<b>Amortisationszeit</b>	<b>[a]</b>			<b>0.9</b>

**Abb. 5.70:** Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des KWKK – Systems Oberwart in Anlehnung an die VDI 2067

In den Abb. 5.71 und 5.72 sind die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalyse dargestellt, wobei zum einen die Volllaststunden und zum anderen die Kälteverkaufspreise der Kälteabnahme variiert wurden.

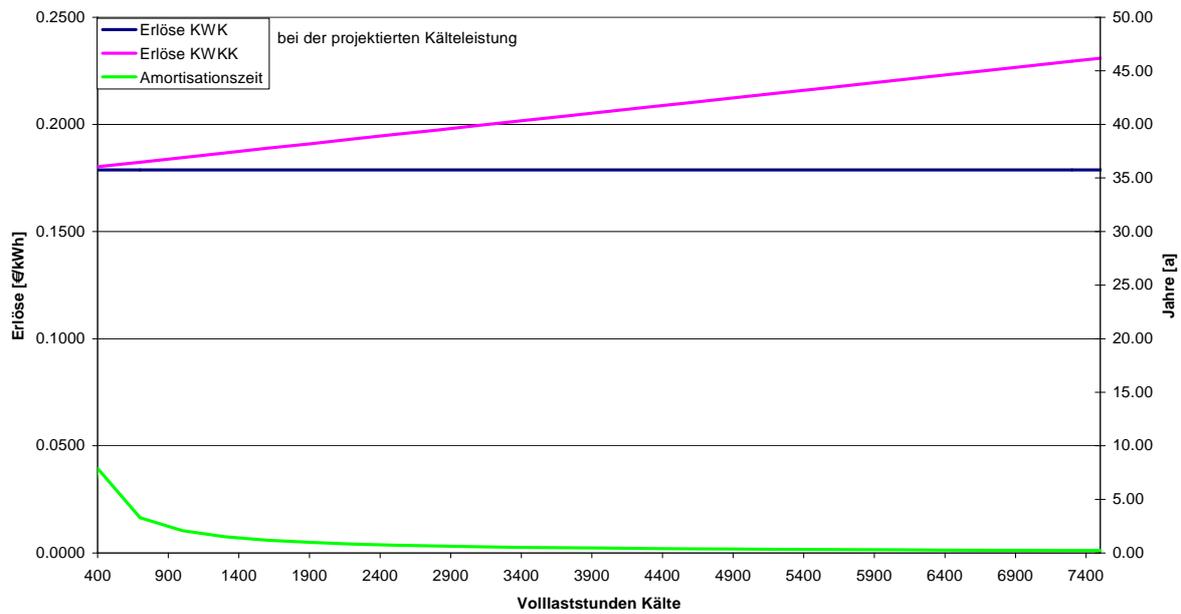


Abb. 5.71: Sensitivitätsanalyse KWK(K) – System Oberwart in Abhängigkeit der Kältevolllaststunden

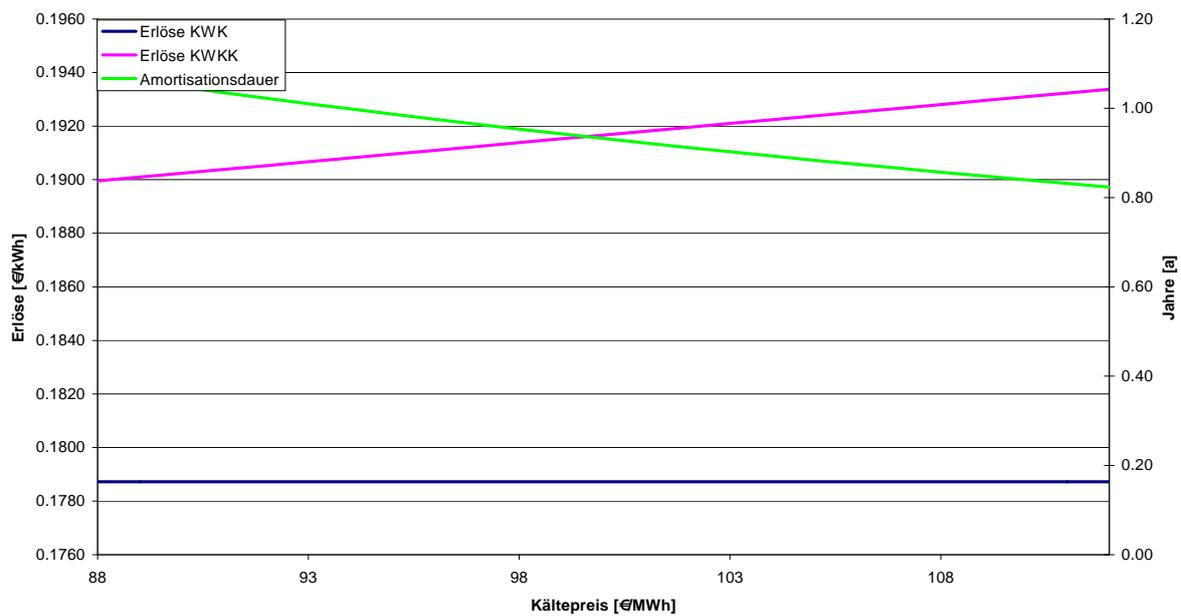


Abb. 5.72: Sensitivitätsanalyse KWK(K) – System Oberwart in Abhängigkeit des Kälteverkaufspreises

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass für die oben angeführten Rahmenbedingungen die Amortisationszeit weniger als ein Jahr beträgt.

### **Biomassekraftwerk Oberpullendorf**

Die Datengrundlage zur Bewertung des Biomasse – KWK – Systems Oberpullendorf ist in den Tab. 5.36 bis 5.38 ersichtlich und beruht sowohl auf Angaben des Anlagenbetreibers als auch auf den Ergebnissen der Fragebogenerhebung und einer anschließenden Grobabschätzung.

**Tab. 5.36:** Basisdaten KWK – Anlage Oberpullendorf

<b>Basisdaten Kraftwerk</b>	
Brennstoffwärmeleistung [kW]	9.300
Volllaststunden KWK [h]	8.000
Jahreswärmeabnahme [MWh]	6.900
Max. Fernwärmeleistung KWK – Anlage [kW]	1.500
Sommerwärmeleistung [kW]	500
Spitzenwärmeleistung [kW]	2.100
Elektr. Nettoleistung [kW]	2.000
Leistung Zusatzfeuerung [kW]	3.000
Volllaststunden Zusatzf. [h]	1.000
Abnehmeranzahl IST-Zustand [-]	2

**Tab. 5.37:** Übersicht der Netzparameter Oberpullendorf

<b>Basisdaten Netz</b>	
Vorlauftemperatur Sommer [°C]	105
Rücklauftemperatur Sommer [°C]	75
Vorlauftemperatur Winter [°C]	105
Rücklauftemperatur Winter [°C]	75
Netzlänge [m]	3.500
Geschätzte Netzverluste [%]	20

**Tab. 5.38:** Übersicht Zusatzparameter Oberpullendorf

<b>Zusatzeingabeparameter</b>	
FWÜ bereits vorhanden?	JA
Primäre Einbindung möglich?	JA
Kaltwassertemperatur VL [°C]	7

Als Rohrmaterialien wurden KMR – Rohre mit DN 200 für die Hauptleitung angenommen. Im Falle des Krankenhauses Oberpullendorf wurde für die Integration des Absorbers die direkte VL/RL – Einbindung gewählt.

**Tab. 5.39:** Weitere technische Parameter Oberpullendorf

<b>Weitere Eingabeparameter</b>	
Kälteleistung KH OP [kW]	380
Volllaststunden Kälte KH OP [h]	2.000
Kälteleistung UDB [kW]	70
Volllaststunden Kälte UDB [h]	2.000

Tab. 5.40 gibt einen Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) der KWK – Anlage während der Kühlperiode.

**Tab. 5.40:** Überblick über die energietechnischen Kennzahlen (Wirkungsgrade) Oberpullendorf

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Wirkungsgrad [%]	5,38	5,38
Elektr. Wirkungsgrad [%]	21,5	21,5
Gesamtwirkungsgrad [%]	26,88	32
Therm. Auslastungsgrad [%]	33	76
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtwirkungsgrad [%]	22,51	22,7

Der COP der AbKM wurde auf Basis der vorgegebenen Systemtemperaturen mit 0,7 berechnet.

Um eine aussagekräftigere Darstellung der geplanten Erweiterung durchführen zu können wurde eine Aufteilung zwischen Kühl- und Heizperiode durchgeführt. Dabei wurden die angegebenen Volllaststunden halbiert und die Annahme getroffen, dass die KWK – Anlage im Sommer mit 500 kW 4.000 Volllaststunden betrieben wird. Die restliche Wärmeenergie der 6.900 MWh wird in der Heizperiode bereitgestellt. Mit diesen Annahmen ergibt sich folgender IST – Plan – Vergleich (Tab. 5.41).

**Tab. 5.41:** Überblick über die Sommernutzungsgrade KWK(K) - System Oberpullendorf

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	5,37	8,82
Elektr. Nutzungsgrad [%]	21,48	21,48
Gesamtnutzungsgrad [%]	26,84	29,26
Therm. Auslastungsgrad [%]	33,33	54,73
Stromkennzahl [-]	1,33	1,33
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	22,51	22,61
Wärmemenge [MWh]	2.000	3.284
Elektr. Energie [MWh]	8.000	8.000

Die Ergebnisse der Jahresbewertung für das Biomasse – KWK – System Oberpullendorf sind in Tab. 5.42 angeführt.

**Tab. 5.42:** Ergebnisse der Jahres – Kraftwerksbewertung Oberpullendorf

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Therm. Nutzungsgrad [%]	9,26	9,26
Elektr. Nutzungsgrad [%]	21,48	21,48
Gesamtnutzungsgrad [%]	30,74	31,95
Therm. Auslastungsgrad [%]	57,5	68,2
Stromkennzahl [-]	133	133
Exerg. Gesamtnutzungsgrad [%]	23,26	23,31
Wärmemenge [MWh]	6.900	8.184
Elektr. Energie [MWh]	16.000	16.000

Auch hier zeigt sich, dass eine merkliche Steigerung des Gesamtnutzungsgrades durch die zusätzliche Kälteversorgung erzielt werden kann. In weiterer Folge wurden auf Basis der hier berechneten Nutzungsgrade und der vorgegebenen Basisdaten die Gestehungskosten der einzelnen Energieströme errechnet um erste Anhaltspunkte bezüglich der Preisgestaltung zu erhalten.

In Tab. 5.43 sind die errechneten Gestehungskosten bei gleichbleibendem Brennstoffeinsatz dargestellt.

**Tab. 5.43:** Überblick über die Energiegestehungskosten

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [€/MWh]	67,01	64,39
Strom [€/MWh]	59,68	59,68
Kälte aus Wärme [€/MWh]	-	91,87
Kälte aus Strom [€/MWh]	18,52	-

Die Brennstoffkosten des KWK – Systems betragen in beiden Fällen 1.264.800 €/a und jene der Zusatzfeuerung 133.333 €/a.

Die Ergebnisse dieser ökologischen Betrachtung sind in Tab. 5.44 ersichtlich.

**Tab. 5.44:** Ökologische Bewertung des KW(K) - Systems Oberpullendorf

	<b>KWK</b>	<b>KWKK</b>
Fernwärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,283	0,265
Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,19	0,19
Kälte aus Wärme [t CO <sub>2</sub> /MWh]	-	0,40
Kälte aus Strom [t CO <sub>2</sub> /MWh]	0,07	-

Tab. 5.45 zeigt die für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingesetzten Parameter inkl. der für die Sensitivitätsanalyse benötigten Preissteigerungsfaktoren.

**Tab. 5.45:** Überblick über die Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

<b>Wirtschaftliche Parameter</b>	
Betrachtungszeitraum [a]	20
Kalkulatorischer Zinssatz [%/a]	7
Spez. Erlöse (Strom) [€/MWh]	160
Spez. Erlöse (Wärme) [€/MWh]	90
Spez. Erlöse (Kälte) [€/MWh]	140
Brennstoffkosten [€/MWh]	17
Kosten Zusatzfeuerung [€/MWh]	40
Preiserhöhung Strom [%/a]	3
Preiserhöhung Wärme [%/a]	3
Preiserhöhung Betrieb [%/a]	1,3
Preiserhöhung sonst. Zahlungen [%/a]	1,3

Abb. 5.73 zeigt das Ergebnis der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung inklusive der Amortisationsrechnung.

	Einheit	KWK	KWKK	Amortisation
<b>Kapitalgebundene Kosten</b>				
<b>Investitionskosten</b>				
Investitionskosten gesamt	[EUR]		194,840	194,840
<b>Annuität d. kapitalgebunden Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>18,391</b>	<b>-18,391</b>
<b>Verbrauchsgebundene Kosten</b>				
<b>Erlöse</b>				
Erlöse aus Kälteverkauf	[EUR/a]		126,000	126,000
Erlöse aus Wärmeverkauf	[EUR/a]	621,000	621,000	0
Erlöse aus Stromverkauf	[EUR/a]	2,560,000	2,560,000	0
Annuität der Erlöse	[EUR/a]	4,003,017	4,161,577	158,560
<b>Brennstoffkosten</b>				
Brennstoff 1	[EUR/a]	1,264,800	1,264,800	0
Brennstoff 2	[EUR/a]	0	0	0
Zusatzbrennstoff	[EUR/a]	120,000	120,000	0
Annuität Brennstoffkosten	[EUR/a]	1,742,653	1,742,653	0
<b>Annuität d. verbrauchsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>2,260,365</b>	<b>2,418,925</b>	<b>158,560</b>
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>				
Wartungskosten	[EUR/a]		2,000	2,000
<b>Annuität d. betriebsgebundenen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>2,204</b>	<b>2,204</b>
<b>Sonstige Kosten</b>				
Versicherungskosten	[EUR/a]	0	0	0
<b>Annuität d. sonstigen Zahlungen</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamtergebnis</b>				
<b>Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/a]</b>	<b>2,260,365</b>	<b>2,398,329</b>	<b>137,965</b>
<b>Spez. Gesamtannuität</b>	<b>[EUR/kWh]</b>	<b>0.188364</b>	<b>0.199861</b>	
<b>Amortisationszeit</b>	<b>[a]</b>			<b>1.4</b>

Abb. 5.73: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des KWKK – Systems Oberpullendorf in Anlehnung an die VDI 2067

In den Abb. 5.74 und 5.75 sind die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalyse dargestellt, wobei zum einen die Volllaststunden und zum anderen die Kälteverkaufspreise der Kälteabnahme variiert wurden.

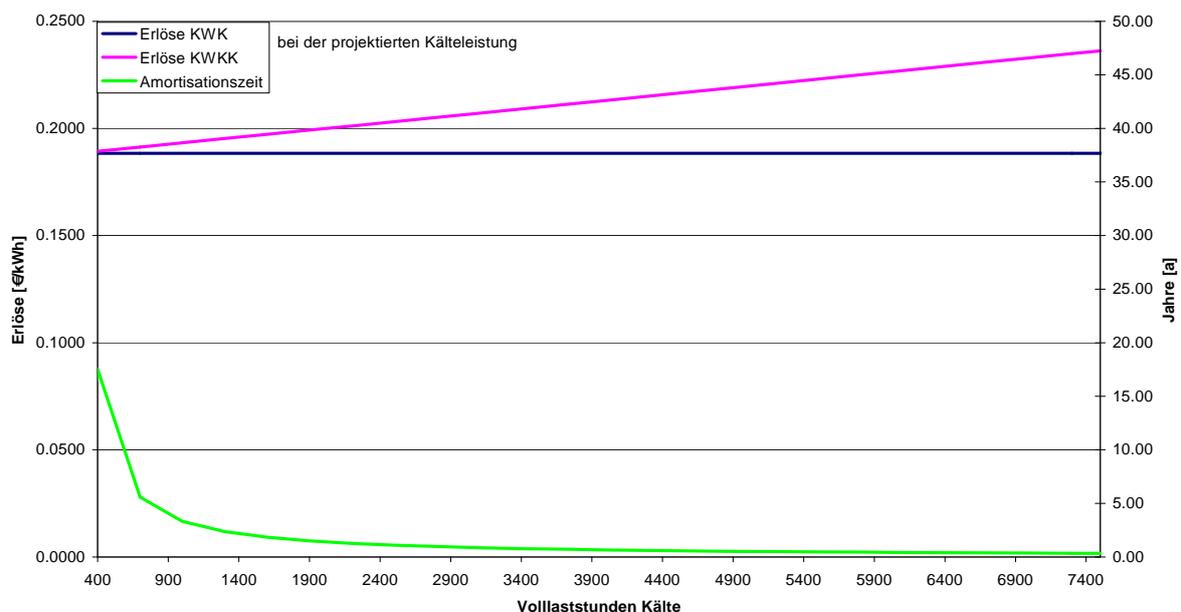
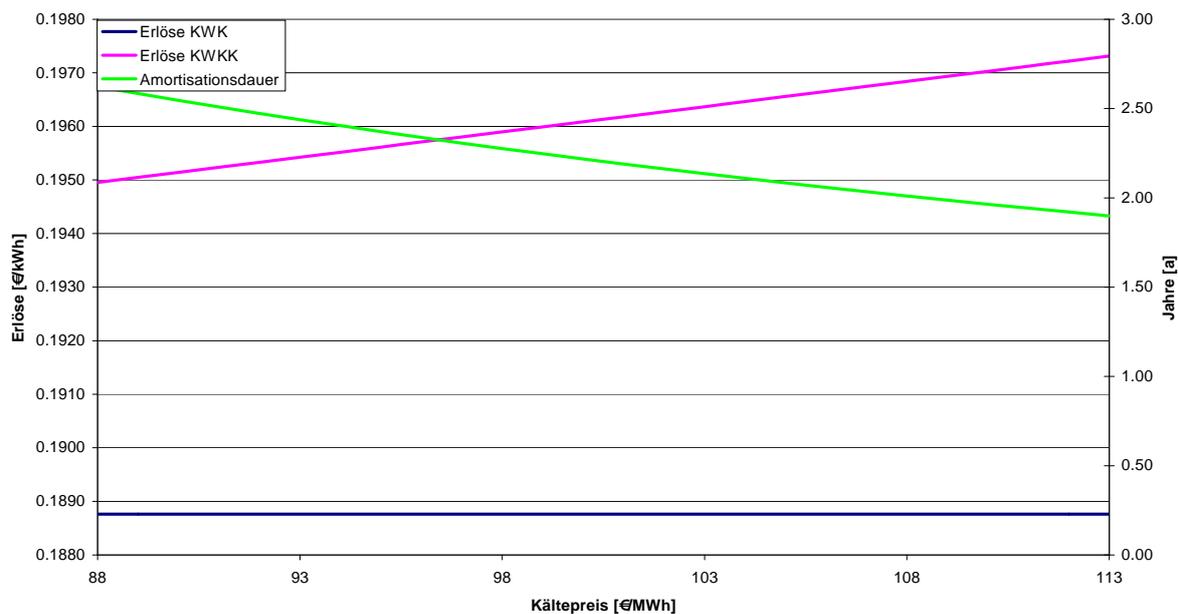


Abb. 5.74: Sensitivitätsanalyse KWK(K) – System Oberpullendorf in Abhängigkeit der Kältevolllaststunden



**Abb. 5.75:** Sensitivitätsanalyse KWK(K) – System Oberpullendorf in Abhängigkeit des Kälteverkaufspreises

Auch hier zeigt sich, dass unter den oben genannten Rahmenbedingungen ein wirtschaftlicher Betrieb gegeben ist.

### 5.3.4 Ergebnisse

Die durchgeführten Bewertungen der Kraftwerke stellen erste Abschätzungen der technischen Umsetzbarkeit der etwaigen Anlagenerweiterungen dar. In allen Fällen konnte die Wirtschaftlichkeit der geplanten Anlagenerweiterung entsprechend der zur Verfügung stehenden Daten und Parameter dargestellt werden. In Abhängigkeit der jeweiligen spezifischen Situation ergaben sich Amortisationszeiten von 0,9 – 20,1 Jahre, welche einerseits durch die technischen Rahmenbedingungen und andererseits durch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (insbesondere Energieverkaufspreise) bestimmt wurden.

Auf Basis der durchgeführten Sensitivitätsanalysen konnte der Einfluss der Kältevolllaststunden und des Kälteverkaufspreises auf die Amortisationszeit und Wirtschaftlichkeit dargestellt werden.

Es zeigte sich erneut, dass die vorherrschenden Rahmenbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Systems haben.

Mit Hilfe des erstellten Tools ist man jetzt in der Lage eine grobe Abschätzung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit zu generieren, wobei das ausschlaggebende Kriterium hinsichtlich der Qualität der durchgeführten Abschätzung die zur Verfügung stehende Datengrundlage darstellt.

## 5.4 Kältecontracting - Umsetzungsmodelle

Ziel dieses Forschungsschwerpunktes ist die Entwicklung eines Hilfstoos zur Erstellung entsprechender Contractingmodelle, wobei diese generierten Contractingmodelle lediglich als Basismodelle anzusehen sind und bei der Erstellung des speziellen Modells durch den Contractor als Anleitungs- bzw. Unterstützungswerkzeug fungieren sollen.

### 5.4.1 Kältecontracting

Der Begriff Kälte-Contracting ist in der Literatur zu finden, detaillierte Beschreibungen liegen allerdings nur im Bereich des Wärme-Contractings vor. Norbert Krug [55] beschreibt im Contracting Handbuch 2003 von Bemmann und Schädlich die Chancen von Kälte-Contracting. Er hebt zum einen das Optimierungspotential bei der Betriebsweise bestehender Kälteanlagen, zum anderen die Vorteile des Kältebezieher im Falle eines Anlagen-Contractings hervor. Im letzteren Fall beschreibt Krug die Übergabe der Betriebs- und Reparaturrisiken sowie die sich daraus ableitenden finanziellen Risiken vom Kältebezieher auf den Contractor als Fachmann, der in der Lage ist, diese Risiken abzuschätzen und finanziell zu bewerten. Für den Kältebezieher birgt die reine Beziehung der Kälte durch das Kälte-Contracting keinerlei Risiken, für die Refinanzierung zahlt er einen Grundpreis und einen Arbeitspreis je nach verbrauchter Kältemenge. Die trotz der Vorteile eines Kälte-Contractings geringe Marktdurchdringung führt Krug zum einen auf das geringe Angebot von Kälte-Contracting durch Firmen, zum anderen auf den geringen Bekanntheitsgrad bei Bauherren und Objektbetreiber zurück.

Sehr oft wird in der Literatur die Lieferung von Kälte als eine mögliche Energiedienstleistung dargestellt (z.B. [56], [57] und [58]), eine spezifische Betrachtung des Kälte-Contractings findet aber, außer in [55] zumeist nicht statt.

Eine ausführliche, jedoch kostenpflichtige Studie zum Thema Kälte-Contracting bietet die Firma Trend-Research an. In der Studie „Kälte-Contracting – Marktvolumen in Deutschland bis 2015, Potenziale, Erfolgsfaktoren, Wettbewerb“ werden laut Inhaltsverzeichnis neben den Anwenderanforderungen unter anderem auch Anwendungsbeispiele und Fallstudien dargestellt. Die Fallstudien beziehen sich laut Inhaltsverzeichnis auf Industrie und Gewerbe, Krankenhäuser und die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft. Die Marktanalyse ist auf Deutschland bezogen. Die Studie umfasst 720 Seiten [59].

Eine weitere, kostenpflichtige Studie der Fa. Trend-Research beinhaltet „Energiedienstleistungen in Österreich bis 2015, Marktpotenziale, Produkte, Wettbewerb“. Entsprechend dem Titel und dem Inhaltsverzeichnis werden Energiedienstleistungen unter anderem in Kombination mit Kundenanforderungen, Anwendungsbeispielen, Fallstudien sowie dem Marktpotential in Österreich beleuchtet. Die Studie umfasst 1028 Seiten [60].

Der Begriff Kälte-Contracting ist in expliziter Form auf den Homepages der österreichischen Firmenlandschaft noch kaum anzutreffen, der Begriff Contracting im Vergleich dazu, häufig. In Deutschland dagegen scheint der Begriff Kälte-Contracting zumindest in der Philosophie der anbietenden Firmen verbreitet zu sein. Im Anhang E Abb. E.1 zeigt als Beispiel die Produktinformation der Stadtwerke Crailsheim aus Deutschland [61].

Im Contracting kann grundsätzlich zwischen Einspar-Contracting und Anlagen-Contracting unterschieden werden. Im Folgenden erfolgt eine kurze Beschreibung der wesentlichen Inhalte der beiden Contracting-Formen.

#### ***Einspar-Contracting***

Nach [55] definiert sich Einspar-Contracting über die Ausführung möglichst vieler Maßnahmen zur Einsparung von Energie. Diese Maßnahmen können vielseitig gestreut sein und reichen von bautechnischen Maßnahmen wie etwa einer Wärmedämmung, über Schulung der Objektnutzer bis hin zu regeltechnischen Optimierung. Über die erzielte Energieeinsparung erfolgt die Refinanzierung der umgesetzten Maßnahmen (Abb. 5.76).



Abb. 5.76: Finanzierung Einspar-Contracting [62]

### Anlagen-Contracting

Entsprechend [55] versteht man unter Anlagen-Contracting die reine Energielieferdienstleistung. Dem sind die Energiebereitstellung und die Energieverteilung, nicht aber die Energienutzung eingeschlossen. Beim Anlagen-Contracting handelt es sich somit um die Planung, den Bau und den Betrieb der von ihm investierten Anlagenkomponenten bis zur vertraglich vereinbarten Liefergrenze. Über einen vom Contractor verrechneten Grund-, Arbeits- und Messpreis, welche in Summe geringer als die vormaligen Energiekosten sind, werden die getätigten Investitionen refinanziert (Abb. 5.77).



Abb. 5.77: Finanzierung Anlagen-Contracting [62]

Aus diesen beiden Haupt-Contracting-Verfahren haben sich aufgrund der Individualität der Projekte weitere Formen entwickelt [55]:

- Betriebsführungs-Contracting
- Finanzierungs-Contracting
- Betreibergesellschaft

### **Betriebsführungs-Contracting**

Dieses Verfahren wird meist bei bestehenden Anlagen angewandt. Der Objekteigentümer übernimmt die Investition selbst und der Contractor ist für die technische und kaufmännische Betriebsführung verantwortlich [55]. Diese Variante ist auch für funktionstüchtige Anlagen interessant, die nicht erneuert werden müssen [62].

### **Finanzierungs-Contracting**

Der Contractor übernimmt die Investitionskosten und Planungsarbeiten für die Errichtung bzw. Sanierung einer Anlage. In Form einer Pacht, Miete oder Rate über die Vertragslaufzeit werden die Kosten vom Contractingnehmer refinanziert. Der Contractingnehmer bleibt jedoch für den Betrieb der Anlage verantwortlich [55].

### **Betreibergesellschaft**

Contractor und Contractingnehmer bilden für das Contracting-Vorhaben eine eigene Gesellschaft, von welcher die Finanzierung, Planung und der Betrieb übernommen wird. Das unternehmerische Risiko wird dadurch auch auf den Contractingnehmer übertragen. Im Gegenzug dazu hat der Contractingnehmer auch Anteil am Gewinn [55].

Zwischen den einzelnen Contracting-Formen kann es aufgrund der Individualität eines jeden Projekts auch zu Vermischungen und Kombinationen kommen.

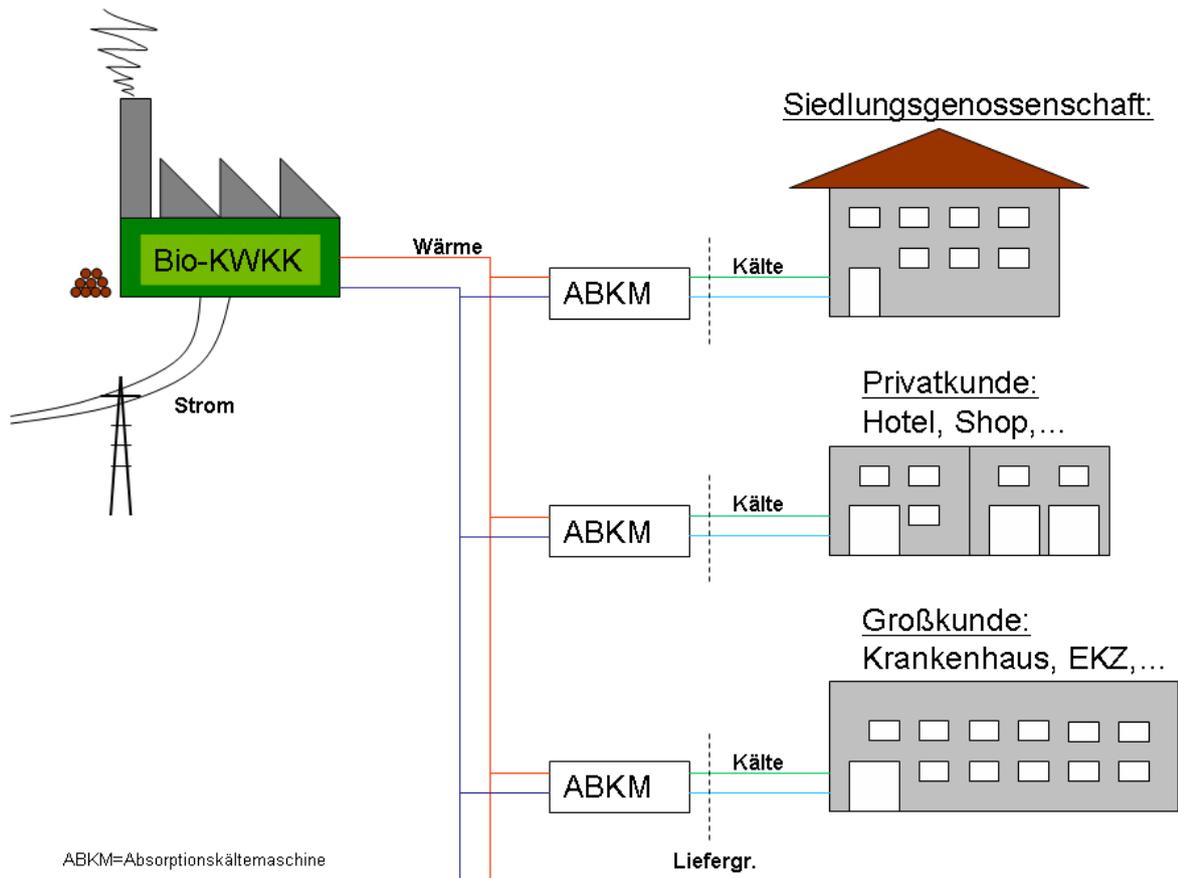
## **5.4.2 Modelle**

Das Geschäftsfeld Contracting hat sich in den letzten Jahren verstärkt im Bereich der Wärmelieferung und im Angebot von Energieeinsparmaßnahmen etabliert. Vereinzelt wird auch Kälte-Contracting angeboten. Der Bereich Kälte-Contracting wird in den nächsten Jahren aufgrund des größer werdenden Kältepotentials und dem höheren Grad an Klimatisierung bzw. eines vermehrten Kälteeinsatzes wachsen. In Kombination mit biomasse-basierender Fernwärme ist dabei der Einsatz von Sorptionstechnik zur Abdeckung des Kältebedarfs sinnvoll, da dadurch einerseits fossile Primärenergie eingespart und die Auslastung von Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen im Sommer erhöht werden kann. Kälte kann somit über die Verbrennung von Biomasse erzeugt werden.

In Abb. 5.78 ist die prinzipielle Kopplung von Fernwärme und Kälte-Lieferung mittels Sorptionstechnik dargestellt. Im speziellen eignet sich aufgrund des zur Verfügung stehenden Temperaturniveaus der Fernwärme der Einsatz von Absorptionskältemaschinen. In den im Kapitel 5.2.2 betrachteten Bio-KWK-Systemen Oberpullendorf, Oberwart und Eisenstadt liegen z.B. die Systemvorlauftemperaturen zwischen 85 °C und 105 °C, die Systemrücklauftemperaturen zwischen 50° und 75 °C.

Aufgrund der Notwendigkeit einer Sorptionskältemaschine zur Erzeugung von Kälte aus Wärme ist diese ein zentrales Merkmal in der Kombination von Bio-KWK-basierender Fernwärme mit Kälte-Contracting. Aus dieser technischen Bedingung heraus müssen Kälte-Contracting-Modelle in Bezug auf die Sorptionskältemaschine designed werden. In der Regel wird es sich um Überlegungen des Ersatzes einer Kompressionskältemaschine durch eine Sorptionskältemaschine handeln. Nur in wenigen Fällen wird eine bereits bestehende Sorptionsanlage vorzufinden sein bzw. ist die Aufgabenstellung der Austausch einer bestehenden Sorptionskältemaschine mit einer neuen. Auch aufgrund dieser Überlegungen zeigt sich, dass das zentrale Element eines Kälte-Contractings in Kombination mit Fernwärme die Sorptionskältemaschine sein wird.

Daher wird dem Kälte-Anlagen-Contracting eine große Bedeutung zukommen. Beim Anlagen-Contracting übernimmt der Contractor die Lieferung von Kälte an den Contracting-nehmer. Der Contractor ist verantwortlich für Investition, Betrieb und Service der Anlage(n) in technischen und wirtschaftlichen Belangen. Neben dem Anlagen-Contracting ist zusätzlich das Betriebsführungs-Contracting zu berücksichtigen.



ABKM=Absorptionskältemaschine

**Abb. 5.78:** Darstellung der Einbindung von Fernwärme in Kälte-Anlagen-Contracting

Beim Betriebsführungs-Contracting verpflichtet sich der Contractor wie beim Anlagen-Contracting zur Lieferung von Kälte, jedoch mit dem Unterschied, dass die Anlage dem Contractor vom Contracting-Nehmer zur Verfügung gestellt wird. D.h. der Contractor ist für den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen zuständig, die Investition wird jedoch vom Contracting-Nehmer getätigt bzw. stellt der Contracting-Nehmer dem Contractor eine bereits bestehende und noch gut funktionierende Anlage zur Verfügung. Aufgrund dieser Tatsache sind beim Betriebsführungs-Contracting wesentlich geringere Vertragslaufzeiten möglich als beim Anlagen-Contracting.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Besonderheiten der Kundengruppen *Siedlungsgenossenschaft*, *Privatkunden* und *Großkunden* näher betrachtet und Modelle für Kälte-Contracting empfohlen. Diese Empfehlungen sind als grundsätzliche Wegweiser beim Eintritt in das Geschäftsfeld Kälte-Contracting in Kombination mit Bio-KWK-basierender Fernwärme zu sehen. In Abhängigkeit von der tatsächlichen Situation und den beteiligten Partner kann es zu Abweichungen von diesen Empfehlungen kommen.

Zudem wird das Spezifikum des Kälte-Contractings betrachtet. Bei Überlegungen bezüglich Contracting muss jedoch immer die Gesamtenergieversorgung mit eingeschlossen werden, um Synergien z.B. eines Wärme-Contractings nutzen zu können.

### **Siedlungsgenossenschaften**

Gemeinnützige Siedlungsgenossenschaften fallen unter das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG) und müssen ihre Tätigkeiten im Wohnungs- und Siedlungsbau dem Gemeinwohl widmen [63]. Als Beispiele von Siedlungsgenossenschaften im Burgenland seien an dieser Stelle die Oberwarter Siedlungsgenossenschaft und die Neue Eisenstädter angeführt. Der Haupttätigkeitsbereich von Siedlungsgenossenschaften besteht aufgrund ihrer rechtlichen Bestimmungen im Wohnungsbau. Dabei kann es jedoch in speziellen Fällen auch zum Bau von Objekten kommen, welche Wohnungen, Geschäftslokale und Büros enthalten.

## *Modelle*

### a) Anlagen-Contracting

Beim Anlagen-Contracting liefert der Contractor Kälte an den Contracting-Nehmer, dabei ist der Contractor für die Investition, den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen verantwortlich. Im Falle von Siedlungsgenossenschaften würde sich Kälte-Anlagen-Contracting in Kombination mit Fernwärme, vorausgesetzt ein Kältebedarf ist vorhanden, eignen, da mit einer Anlage die Nutzungseinheiten des Objekts versorgt werden könnten. Zusätzlich tritt bei Siedlungsgenossenschaften auch der Effekt auf, dass oft mehrere Objekte in unmittelbarer Nähe gebaut werden, welche über eine zentrale Anlage versorgt werden könnten.

### b) Betriebsführungs-Contracting

Beim Betriebsführungs-Contracting liefert der Contractor Kälte an den Contracting-Nehmer, jedoch mit einer ihm zur Verfügung gestellten Anlage. Der Contractor ist für den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen verantwortlich, der Contracting-Nehmer für die Investition. Aufgrund dieser Tatsache können im Unterschied zum Anlagen-Contracting wesentlich geringere Vertrags-Laufzeiten erreicht werden. Für Siedlungsgenossenschaften könnte dies ein Schritt in Richtung Kälte-Contracting jedoch ohne längerfristige Bindung sein.

## *Contractor*

### a) Anlagen-Contracting

Als Contractor würde im Fall des Anlagen-Contracting der Fernwärmelieferant in Zusammenarbeit mit einer Kältetechnikfirma oder einem technischen Büro auftreten, wobei auch der Fernwärmelieferant als alleiniger Contractor auftreten kann und Teile der Contracting-Leistung an die Kältetechnikfirma oder das technische Büro vergibt. Bei größerem Projektvolumen, beispielsweise bei der Versorgung mehrerer Objekte der Siedlungsgenossenschaft mit Kälte, können Fernwärmelieferant und Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als gemeinsame Contractoren auftreten. Die Hauptaufgabe des Fernwärmelieferants ist hierbei die Versorgung der Sorptionskältemaschine mit Wärme, die Kältetechnikfirma bzw. das technische Büro bringt Anlagen-Know-How in die Zusammenarbeit ein. Das Risiko des Projekts kann im Fall einer Contractorengemeinschaft aufgeteilt werden. Vor allem beim Fernwärmelieferant, aber auch unter Umständen beim technischen Büro kann von lokaler und regionaler Kenntnis und dadurch von etwaigen Vorprojekten mit Siedlungsgenossenschaften ausgegangen werden. Eine weitere Möglichkeit wäre das alleinige Auftreten einer Kältetechnikfirma oder technischen Büros als Contractor mit Vergabe der Energielieferung an den Fernwärmelieferant.

### b) Betriebsführungs-Contracting

Aufgrund der Tatsache, dass eine der Hauptaufgaben dieser Contracting-Form die technische Betriebsführung ist, eignet sich besonders eine Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als Contractor, welche Know-How in eine optimale Betriebsführung mit einbringen können.

## *Finanzierung*

### a) Anlagen-Contracting

Für die Finanzierung der Investitionskosten, der jährlichen Kapital- und Betriebskosten eignet sich ein Verrechnungsmodell bestehend aus Grundpreis- und Arbeitspreis, wobei der Grundpreis prinzipiell die fixen Kosten und der Arbeitspreis die variablen Kosten abdecken sollte.

## b) Betriebsführungs-Contracting

Auch beim Betriebsführungs-Contracting eignen sich Grund- und Arbeitspreis zur Verrechnung, jedoch muss die Investition nicht mit diesem Verrechnungsmodell abgedeckt werden. Dadurch kann vor allem der Grundpreis im Vergleich zum Anlagen-Contracting deutlich verringert werden.

### *Besonderheiten*

- Kälte-Contracting ist vor allem bei jenen Objekten der Siedlungsgenossenschaft mit Kältebedarf sinnvoll, welche bereits über einen Fernwärmeanschluss mit Leistungsreserve im Sommer für die Kälteerzeugung verfügen bzw. bei mit Fernwärmeanschluss geplanten Neubauten.
- Meist ist jedoch bei den Objekten der Siedlungsgenossenschaften kein Klimatisierungsbedarf vorhanden bzw. nötig. Grundsätzlich ist eine Bauweise zu bevorzugen, die ohne technische Klimatisierung ihr Auslangen findet. Interessant könnte die Sorptionstechnik in Kombination mit Fernwärme jedoch bei Mehrfachnutzungen innerhalb eines Objekts, z.B. Wohnungen + Büros + Geschäftslokale in einem Gebäude, werden.
- Zusätzlich könnten klimatisierte Gebäude mit diesem als Mietanreiz beworben werden. Vor allem der steigende Lebensstandard könnte Klimatisierung in Zukunft auch im Wohnungsbau zunehmend einfordern.
- Gemeinnützige Siedlungsgenossenschaften fallen unter das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG), welches berücksichtigt werden muss. Vor allem bei der Weitergabe von Kosten des Kälte-Contractings an die End-Nutzer sind die rechtlichen Bestimmungen insbesondere des Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetzes zu berücksichtigen.
- Aufgrund der Eigentumsverhältnisse von Siedlungsgenossenschaften (Besitz mehrere Objekte meist in der gleichen Region) ist ein Pooling, d.h eine Zusammenfassung von mehreren Objekten für ein spezielles Contracting-Vorhaben für Siedlungsgenossenschaften leicht und effizient zu realisieren. Aufgrund von Pooling lässt sich das Contracting-Projekt ökonomischer abwickeln. Zusätzlich steigt die Verhandlungsmacht gegenüber dem Contractor.

### *Laufzeit*

#### a) Anlagen-Contracting

Die Vertragslaufzeit beträgt in der Regel aufgrund der Investitionskosten ca. 10 bis 20 Jahre. Kürzere Vertragslaufzeiten sind selten [55].

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Vertragslaufzeiten kleiner 10 Jahre sind möglich, da die Investitionskosten in der Refinanzierung nicht berücksichtigt werden müssen.

### *Vorteile für Contractor*

Der große Vorteil von Kälte-Contracting in Kombination mit Fernwärme ist die gesteigerte Auslastung der Bio-KWK-Anlage durch den Wärmebedarf für die Sorptionskältemaschine im Sommer. Ist eine Kältetechnikfirma als Contractor beteiligt, so liegt ihr Vorteil im Verkauf der Kältemaschine, im Falle eines technischen Büros kann das eingebrachte Know-How als Dienstleistung verkauft werden.

Als Chance für den Contractor kann bei guter Abwicklung des Projektes und guter Zusammenarbeit mit der Siedlungsgenossenschaft das realistische Potential von Nachfolgeprojekten gesehen werden. Jedoch ist zurzeit geringer Kältebedarf am Wohnungssektor vorhanden.

### *Vorteile für Contracting-Nehmer*

Der Mieteranreiz könnte durch das zusätzliche und werbewirksame Service „Klimatisierung“ gesteigert werden. Dieser Vorteil ist zurzeit noch als eher unbedeutend einzustufen, könnte aber in der Zukunft in Abhängigkeit vom Lebensstandard und den Klimaentwicklungen an Bedeutung gewinnen.

#### a) Anlagen-Contracting

Speziell beim Anlagen-Contracting hat der Contracting-Nehmer planbare Kosten und eine zusätzlich gewonnene Liquidität, da zum Zeitpunkt des Vertragsbeginns keine Investition getätigt werden muss. Zusätzlich wird das Management durch den Outsourcing-Vorgang entlastet und Personalkosten können gespart werden.

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Der Vorteil für den Contracting-Nehmer liegt in der Möglichkeit, durch Betriebsführungs-Contracting kurze Vertragslaufzeiten zu erreichen mit gleichzeitiger Entlastung bezüglich der technischen und wirtschaftlichen Betriebsführung.

### **Privatkunden**

Unter Privatkunden sind z.B. Geschäftslokale des Handels, Hotels, Restaurants, Bürogebäude zu verstehen, welche im Einzelnen nicht zur Kategorie der Großkunden gezählt werden. Die Abgrenzung zu Großkunden erfolgt vor allem über die Größe der Kälteversorgung (ca. < 500 kW Kälteleistung).

### *Modelle*

#### a) Anlagen-Contracting

Beim Anlagen-Contracting liefert der Contractor Kälte an den Contracting-Nehmer, dabei ist der Contractor für die Investition, den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen verantwortlich. Zum Beispiel könnte ein Hotel über eine Sorptionskältemaschine mit Kälte versorgt werden. Weiters besteht die Möglichkeit im Privatkundenbereich, dass z.B. mehrere, benachbarte Geschäftslokale gemeinsam ein Contracting-Projekt initiieren und etwa über eine Sorptionsanlage mit Kälte versorgt werden (Pooling).

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Beim Betriebsführungs-Contracting liefert der Contractor Kälte an den Contracting-Nehmer, jedoch mit einer ihm zur Verfügung gestellten Anlage. Der Contractor ist für den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen verantwortlich, der Contracting-Nehmer für die Investition. Aufgrund dieser Tatsache können im Unterschied zum Anlagen-Contracting wesentlich geringere Vertrags-Laufzeiten erreicht werden. Auch für Privatkunden, welche aus wirtschaftlich stark fluktuierenden Bereichen kommen, könnte dies ein Schritt in Richtung Kälte-Contracting ohne längerfristige Bindung sein.

### *Contractor*

#### a) Anlagen-Contracting

Als Contractor würde im Fall des Anlagen-Contracting der Fernwärmelieferant in Zusammenarbeit mit einer Kältetechnikfirma oder einem technischen Büro auftreten, wobei auch der Fernwärmelieferant als alleiniger Contractor auftreten kann und Teile der Contracting-Leistung an die Kältetechnikfirma oder das technische Büro vergibt. Bei größerem Projektvolumen, beispielsweise durch Pooling mehrerer Privatkunden, können Fernwärmelieferant und Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als gemeinsame Contractor auftreten. Die Hauptaufgabe des Fernwärmelieferants ist hierbei die Versorgung der Sorptionskältemaschine mit Wärme, die Kältetechnikfirma bzw. das technische Büro bringt Anlagen-Know-How in die Zusammenarbeit ein. Das Risiko des Projekts kann im Fall einer Contractorengemeinschaft aufgeteilt werden. Vor allem beim Fernwärmelieferant, aber auch unter Umständen beim technischen Büro kann von lokaler und regionaler Kenntnis und dadurch von eventuellen Vorprojekten mit Privatkunden ausgegangen werden, was sich positiv auf einen

Vertragsabschluss auswirken könnte. Eine weitere Möglichkeit wäre das alleinige Auftreten einer Kältetechnikfirma oder technischen Büros als Contractor mit Vergabe der Energielieferung an den Fernwärmelieferant.

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Aufgrund der Tatsache, dass eine der Hauptaufgaben dieser Contracting-Form die technische Betriebsführung ist, eignet sich besonders eine Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als Contractor, welche Know-How in eine optimale Betriebsführung miteinbringen können.

#### *Finanzierung*

##### a) Anlagen-Contracting

Für die Finanzierung der Investitionskosten, der jährlichen Kapital- und Betriebskosten eignet sich ein Verrechnungsmodell bestehend aus Grundpreis- und Arbeitspreis, wobei der Grundpreis prinzipiell die fixen Kosten und der Arbeitspreis die variablen Kosten abdecken sollte.

##### b) Betriebsführungs-Contracting

Auch beim Betriebsführungs-Contracting eignen sich Grund- und Arbeitspreis zur Verrechnung, jedoch muss die Investition nicht mit diesem Verrechnungsmodell abgedeckt werden. Dadurch kann vor allem der Grundpreis im Vergleich zum Anlagen-Contracting deutlich verringert werden.

#### *Besonderheiten*

- Im Privatkundenbereich (Geschäftslokale, Hotels, Bürogebäude,...) ist Klimatisierung im Sommer Standard. Dadurch kann auch mit einem primären Interesse in Kälte-Contracting gerechnet werden, insbesondere bei bereits vorhandenem Fernwärmanschluss.
- Vor allem im städtischen Bereich ist Pooling interessant, da dadurch eine gemeinsame und effizientere Abwicklung eines Contractings-Vorhabens für Contracting-Nehmer und Contractor erreicht werden kann. Die lokale Nähe von z.B. mehreren Geschäftslokalen oder Bürokomplexen kann dabei genutzt werden. Pooling bedarf eines gemeinsamen Auftretens gegenüber dem Contractor.
- Gewisse Geschäftsbereiche können großen wirtschaftlichen Fluktuationen unterliegen, wodurch langfristige Energielieferverträge, wie beim Anlagen-Contracting, oft nicht gewünscht sind. Als Alternative dazu kann das Betriebsführungs-Contracting gesehen werden.
- Bei bestehenden Mietverhältnissen im Privatkundenbereich müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden (Mietrechtsgesetz – MRG), insbesondere bei der Weiterverrechnung der Contracting-Kosten.
- Bei bestehenden Kälteanlagen, welche von einer Reinvestition noch entfernt sind, besteht die Möglichkeit mit Einspar-Contracting den Kältebedarf für die verbleibende Nutzungsdauer der bestehenden Kälteanlage zu reduzieren. Im Anschluss ist ein Anlagen-Contracting sinnvoll, da durch den reduzierten Kältebedarf die Investitionskosten sowie Betriebskosten für ein Anlagen-Contracting und somit auch die Laufzeit reduziert werden können, was wiederum zu einer Steigerung der Akzeptanz von Kälte-Anlagen-Contracting führen kann. Die zufriedenstellende Abwicklung des Einspar-Contractings von Seiten des Contractors kann die Chancen auf ein anschließendes Anlagen-Contracting und somit auf eine längerfristige Zusammenarbeit zwischen Contractor und Contracting-Nehmer erhöhen. Im Falle eines vorangeschalteten Einspar-Contractings ist es sinnvoll, wenn eine Kältetechnikfirma bzw. ein technisches Büro mit Know-How für Einsparungen als Contractor auftritt.

### *Laufzeit*

#### a) Anlagen-Contracting

Die Vertragslaufzeit beträgt in der Regel aufgrund der Investitionskosten ca. 10 bis 20 Jahre. Kürzere Vertragslaufzeiten sind selten [55].

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Vertragslaufzeiten kleiner 10 Jahre sind möglich, da die Investitionskosten in der Refinanzierung nicht berücksichtigt werden müssen.

### *Vorteile für Contractor*

Der große Vorteil von Kälte-Contracting in Kombination mit Fernwärme ist die gesteigerte Auslastung der Bio-KWK-Anlage durch den Wärmebedarf für die Sorptionskältemaschine im Sommer. Ist eine Kältetechnikfirma als Contractor beteiligt, so liegt ihr Vorteil im Verkauf der Kältemaschine, im Falle eines technischen Büros kann das eingebrachte Know-How als Dienstleistung verkauft werden.

### *Vorteil für Contracting-Nehmer*

#### a) Anlagen-Contracting

Speziell beim Anlagen-Contracting hat der Contracting-Nehmer planbare Kosten und eine zusätzlich gewonnene Liquidität, da zum Zeitpunkt des Vertragsbeginns keine Investition getätigt werden muss. Zusätzlich wird der Privatkunde durch den Outsourcing-Vorgang entlastet.

#### b) Betriebsführungs-Contracting

Der Vorteil für den Contracting-Nehmer liegt in der Möglichkeit, durch Betriebsführungs-Contracting kurze Vertragslaufzeiten zu erreichen mit gleichzeitiger Entlastung bezüglich der technischen und wirtschaftlichen Betriebsführung. Dadurch ist der Privatkunde an keine längeren Verträge gebunden und kann flexibel auf Änderungen z.B. in der Geschäftswelt reagieren.

In beiden Fällen kann durch eine Kältetechnikfirma bzw. ein technisches Büro als Contracting-Partner die Möglichkeit zur Optimierung des Kältebedarfs als Bestandteil der Contracting-Leistung miteinbezogen werden.

### **Großkunden**

Als Großkunden werden z.B. Krankenhäuser, Einkaufszentren und Industriebetriebe verstanden. Die Abgrenzung zu Privatkunden erfolgt über das Leistungskriterium (> 500 kW).

### *Modell – Anlagen-Contracting*

Beim Anlagen-Contracting liefert der Contractor Kälte an Contracting-Nehmer, dabei ist der Contractor für die Investition, den Betrieb und das Service der Anlage in technischen und wirtschaftlichen Belangen verantwortlich. Zum Beispiel könnte ein Teil des Kältebedarfs eines Krankenhauses mit einer Sorptionskältemaschine abgedeckt werden.

### *Contractor*

Als Contractor würde der Fernwärmelieferant in Zusammenarbeit mit einer Kältetechnikfirma oder einem technischen Büro auftreten, wobei auch der Fernwärmelieferant als alleiniger Contractor auftreten kann und Teile der Contracting-Leistung an eine Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro vergibt. Vor allem bei größerem Projektvolumen können Fernwärmelieferant und Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als gemeinsame Contractoren auftreten. Die Hauptaufgabe des Fernwärmelieferants ist hierbei die Versorgung der Sorptionskältemaschine mit Wärme, die Kältetechnikfirma bzw. das technische Büro bringt Anlagen-Know-How in die Zusammenarbeit ein. Das Risiko des Projekts kann im Fall einer Contractorengemeinschaft aufgeteilt werden. Vor allem beim Fernwärmelieferant, aber auch unter Umständen beim technischen Büro kann von lokaler und regionaler Kenntnis und dadurch

von etwaigen Vorprojekten mit Großkunden ausgegangen werden, was sich positiv auf ein gemeinsames Kälte-Contracting-Projekt auswirken kann. Eine weitere Möglichkeit wäre das alleinige Auftreten einer Kältetechnikfirma oder technischen Büros als Contractor mit Vergabe der Energielieferung an den Fernwärmelieferant.

#### *Finanzierung – Anlagen-Contracting*

Für die Finanzierung der Investitionskosten, der jährlichen Kapital- und Betriebskosten eignet sich ein Verrechnungsmodell bestehend aus Grundpreis- und Arbeitspreis, wobei der Grundpreis prinzipiell die fixen Kosten und der Arbeitspreis die variablen Kosten abdecken sollte.

#### *Besonderheiten*

- Als Charakteristikum von Großkunden kann gesehen werden, dass meist großer Kältebedarf vorhanden ist (z.B. Einkaufszentrum, Industriebetrieb,...). Zusätzlich ist ein Teil dieses Kältebedarfs auch im Winter gefragt (z.B. Krankenhaus). Dadurch ergibt sich für die Bio-KWK-Anlage eine interessante Wärmeabnahmemöglichkeit sowohl im Sommer, als auch in vielen Fällen im Winter.
- Jedoch ist bei diesen Projekten zu beachten, dass die Versorgungssicherheit gewährleistet sein muss. Redundante Konzepte müssen das Ausfallsrisiko der Anlage bzw. der Energieversorgung reduzieren, speziell im Krankenhausbereich.
- Von Großkunden insbesondere aus dem öffentlichen Bereich können längerfristige Verträge leichter akzeptiert werden.
- Bei der Weitergabe der Contracting-Kosten an etwaige Mieter ist die rechtliche Situation speziell bei Einkaufszentren zu beachten (Mietrechtsgesetz - MRG).
- Im öffentlichen Bereich (z.B. Krankenhaus) müssen Ausschreibung und Vergabe entsprechend dem Bundesvergabegesetz erfolgen.
- Aufgrund der Größe muss die Einbindung der Rückkühlung in das Energiesystem geprüft werden.
- Aufgrund des vermehrten Kältebedarfs bei Großkunden ist Einspar-Contracting bei bestehenden Kälteanlagen eine interessante und sinnvolle Möglichkeit, den Kältebedarf zu reduzieren. Das Einspar-Contracting kann bei bestehenden Kälteanlagen während der verbleibenden Nutzungsdauer vor dem Anlagen-Contracting erfolgen. Aufgrund des vermehrten Kältebedarfs bei Großkunden kann das Einspar-Contracting jedoch auch parallel zum Anlagen-Contracting stattfinden. Ein dem Anlagen-Contracting vorangestelltes Einspar-Contracting ist sinnvoll, da durch den reduzierten Kältebedarf die Investitionskosten für ein Anlagen-Contracting und somit auch die Laufzeit reduziert werden können, was wiederum zu einer Steigerung der Akzeptanz von Anlagen-Contracting führen kann. Für ein Einspar-Contracting ist aufgrund der Komplexität der Anlagen besonderes Know-How nötig.

#### *Laufzeit – Anlagen-Contracting*

Die Vertragslaufzeit beträgt in der Regel aufgrund der Investitionskosten ca. 10 bis 20 Jahre. Kürzere Vertragslaufzeiten sind selten [55].

#### *Vorteile für Contractor*

Der große Vorteil von Kälte-Contracting in Kombination mit Fernwärme ist die gesteigerte Auslastung der Bio-KWK-Anlage durch den Wärmebedarf für die Sorptionskältemaschine im Sommer. Ist eine Kältetechnikfirma als Contractor beteiligt, so liegt ihr Vorteil im Verkauf der Kältemaschine, im Falle eines technischen Büros kann das eingebrachte Know-How als Dienstleistung verkauft werden. Speziell der vermehrte Kältebedarf bei Großkunden (Krankenhaus, Einkaufszentrum, Industriebetrieb,...) ist als Chance für eine vermehrte Wärmeabnahme im Sommer, aber auch im Winter zu sehen. Durch die Gewinnung von Großkunden für Kälte-Contracting kann es zu längerfristigen Partnerschaften zwischen Contractor und Contracting-Nehmer kommen.

### *Vorteil für Contracting-Nehmer*

Durch das Outsourcing der Kältebereitstellung mittels Kälte-Contracting kommt es zu einer Entlastung des Managements/Controllings. Durch Kälte-Contracting ist es dem Contracting-Nehmer möglich die jährlichen Contracting-Kosten besser zu planen und die gleichzeitig gewonnene Liquidität einem anderen Verwendungszweck zuzuführen. Die technische und wirtschaftliche Verantwortung der Kältelieferung wird an den Contractor übergeben. Das oft große Optimierungspotential von v.a. öffentlichen Gebäuden (Krankenhäuser) kann durch Know-How-Einbringung von einer Kältetechnikfirma oder einem technischem Büro ausgenutzt und vertraglich in die Contracting-Leistung miteinbezogen werden.

### **5.4.3 Contractorspezifikationen**

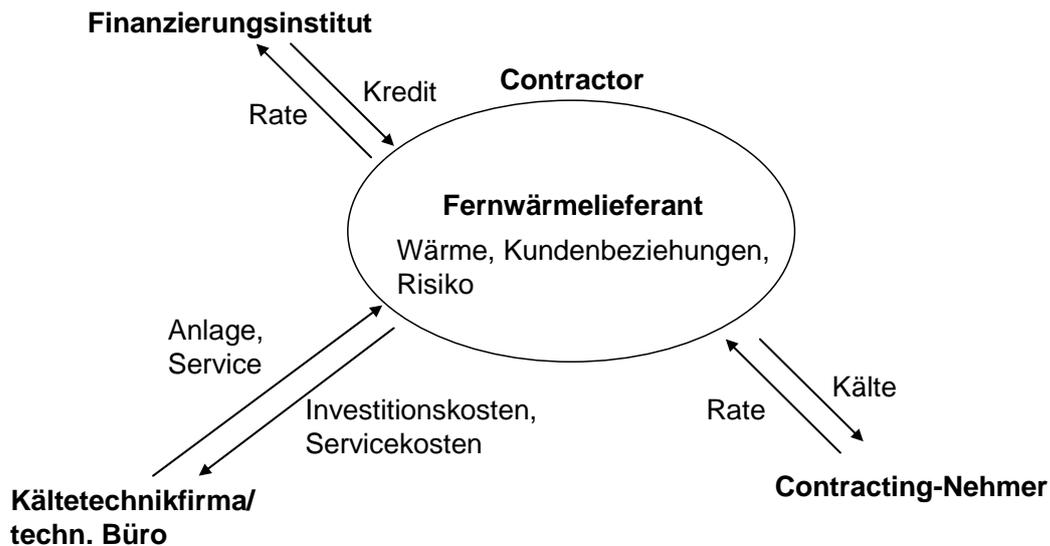
Die Kombination von Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung mit Sorptionstechnologie bedingt eine logische Konstellation der Contracting-Beteiligten. Als Projekt-Partner kommen neben dem Contracting-Nehmer der Fernwärmelieferant (Bio-KWK), eine Kältetechnikfirma bzw. ein technisches Büro und ein Finanzierungsinstitut in Frage. In Abhängigkeit des Contracting-Nehmers und der Größe des Projektvolumens können sich unterschiedliche Projektpartner-Konstellationen ergeben.

#### ***Contractor Fernwärmelieferant***

In Abb. 5.79 tritt als Contractor der Fernwärmelieferant auf. Der Fernwärmelieferant hat dabei die Aufgabe den Contracting-Nehmer mit Kälte zu versorgen. Im Gegenzug dafür bekommt er vom Contracting-Nehmer eine Contracting-Rate (Grundpreis, Arbeitspreis). Der Fernwärmelieferant liefert die Wärme für die Sorptionsanlage und trägt das Risiko des Contracting-Projekts. In seinen Verantwortlichkeitsbereich fallen beim Kälte-Anlagen-Contracting die Investition der Anlage sowie deren technischer und wirtschaftlicher Betrieb. Für die Auslegung der Anlage und den ordnungsgemäßen Betrieb muss sich der Fernwärmelieferant Know-How von einer Kältetechnikfirma oder einem technischen Büro zukaufen, da der Fernwärmelieferant meistens über keine Erfahrung im Kältetechnikbereich verfügt. Zusätzlich muss er mit der Kältetechnikfirma oder dem technischen Büro Wartungsverträge abschließen. Der Fernwärmelieferant tätigt die Investition der Anlage über ein Finanzierungsinstitut und muss im Gegenzug die Kreditkosten über die Contracting-Rate begleichen.

Der große Vorteil, wenn der Fernwärmelieferant als Contractor auftritt, kann in den bereits bestehenden Kundenbeziehungen gesehen werden. Diese Kundenbeziehungen, z.B. durch einen vorhandenen Fernwärmeanschluss am Objekt gegeben, kann die Einführung des Kälte-Contractings erleichtern. Zusätzlich kann bei Neukunden der Fernwärmelieferant ein umfassendes Energieliefer-Contracting anbieten, bestehend z.B. aus Wärme und Kälte.

Interessant wäre diese Konstellation der Projekt-Partner vor allem bei Siedlungsgenossenschaften als Contracting-Nehmer, da es sich bei der Implementierung von Kälte-Contracting bei Siedlungsgenossenschaften vorwiegend um Neubauten handeln wird und dadurch der nötige Input einer Kältetechnikfirma oder eines technischen Büros im Vergleich zu einer Umsetzung in einem bestehenden Gebäude mit eventuell vorangehendem Einspar-Contracting geringer gehalten werden kann.



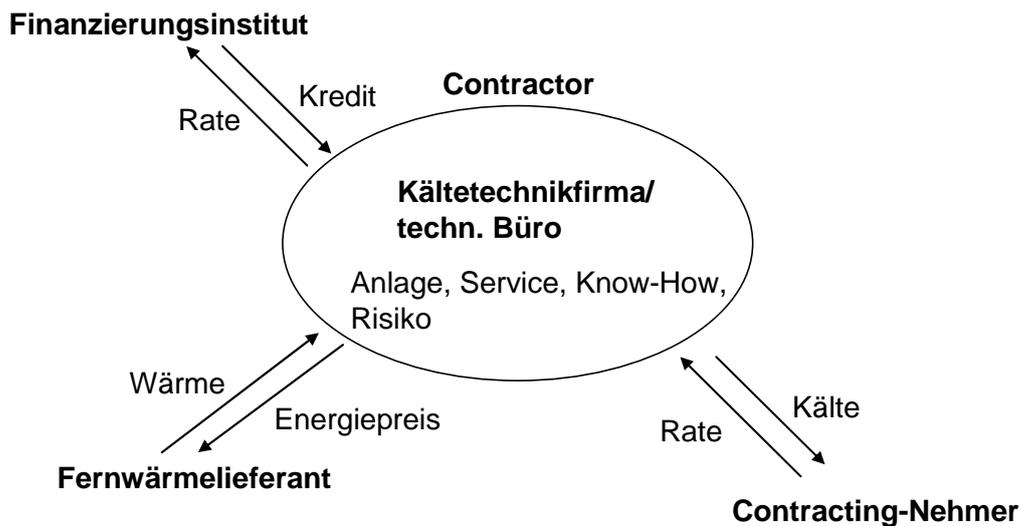
**Abb. 5.79:** Fernwärmelieferant tritt als Contractor auf

### **Contractor Kältetechnikfirma/technisches Büro**

In dieser Konstellation tritt eine Kältetechnikfirma oder ein technisches Büro als Contractor auf (Abb. 5.80). Die Kältetechnikfirma oder das technische Büro übernimmt dabei die Aufgabe der Kältelieferung. Der Contracting-Nehmer bekommt Kälte geliefert und muss im Gegenzug die Contracting-Rate zahlen. Die für die Sorptionsanlage nötige thermische Energie muss vom Fernwärmelieferant zu einem vertraglich festgesetzten Energiepreis zugekauft werden. Der Fernwärmelieferant verkauft seine Wärme an den Contractor und kann damit die Auslastung der Bio-KWK-Anlage im Sommer erhöhen. Die Kältetechnikfirma oder das technische Büro bringen das Know-How über die Sorptionsanlage bezüglich Auslegung, Investition, Wartung und optimierten Betrieb mit. Zudem wird als Contractor das Risiko des Contracting-Projekts getragen. Die Finanzierung der an die Kältetechnikfirma oder das technische Büro zu leistenden Investitionskosten erfolgt über ein Finanzierungsinstitut.

In dieser Konstellation können das Know-How und die Erfahrung der Kältetechnikfirma bzw. des technischen Büros ohne finanziellen Mehraufwand in das Contracting-Projekt mit einfließen. Der Contractor wird im Falle des Anlagen-Contractings, aber auch beim Betriebsführungs-Contracting, an einem optimierten Betrieb der Anlage interessiert sein, da dadurch weniger Wärme vom Fernwärmelieferant zugekauft werden muss. Im Falle eines vorangehenden Einspar-Contractings ist das Know-How der Kältetechnikfirma bzw. des technischen Büros unabdingbar, da nur sie über nötige Erfahrung für einen optimierten Betrieb und Möglichkeiten der Kältebedarfsreduktion verfügen.

Aus genannten Gründen wäre diese Konstellation der Projekt-Partner vor allem bei Privatkunden interessant, die bereits eine bestehende Kälteversorgung aufweisen. Hier kann der Contractor sein Know-How bezüglich Anlageneinbindung in das bestehende System ausspielen. Zusätzlich kann, falls ein vorangehendes Einspar-Contracting für eine bestehende, aber noch nicht am Ende ihrer Nutzungsdauer stehende Kälteanlage gewünscht ist, der Kältebedarf aufgrund der Erfahrung des Contractors gesenkt werden, bevor ein Anlagen-Contracting bei reduziertem Kältebedarf ansetzen kann.

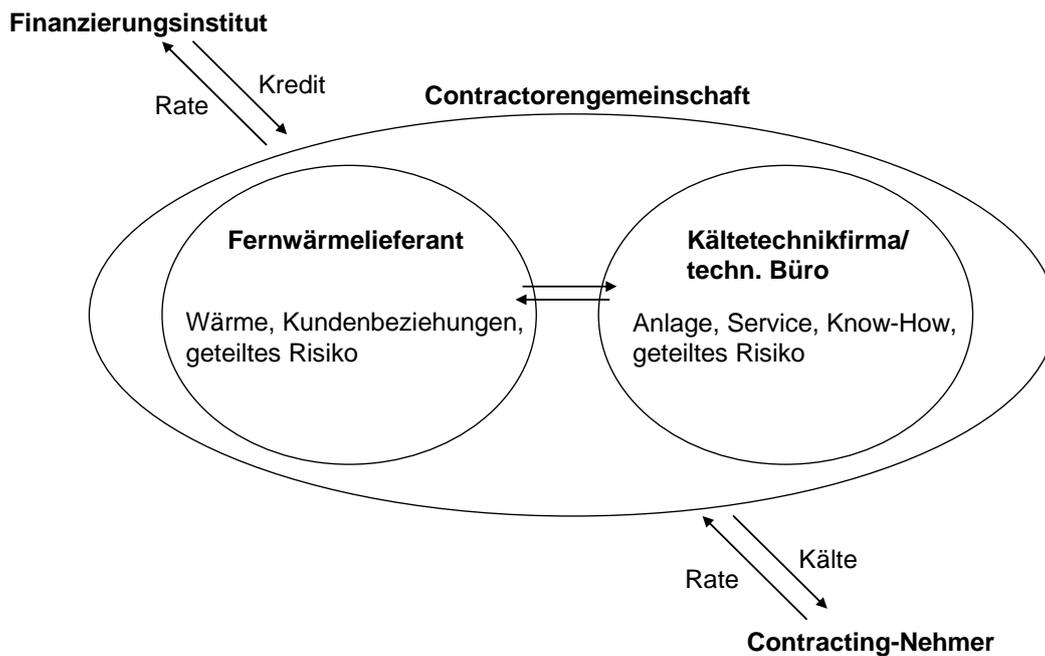


**Abb. 5.80:** Kältetechnikfirma/technisches Büro tritt als Contractor auf

### **Contractorengemeinschaft**

Bei größerem Projektvolumen bietet sich eine Contractorengemeinschaft an (Abb. 5.81). Fernwärmelieferant und Kältetechnikfirma bzw. technisches Büro treten als gemeinsame Contractoren auf und beliefern den Contracting-Nehmer mit Kälte, welcher die eingekaufte Kälte über eine Contracting-Rate bezahlt. Durch das gemeinsame Auftreten gegenüber dem Contracting-Nehmer kann das Risiko des Contracting-Projekts aufgeteilt werden. Der Fernwärmelieferant liefert die Wärme und kann im idealen Fall Kundenbeziehungen einbringen. Die Kältetechnikfirma bzw. das technische Büro liefert das technische Know-How rund um die Anlage (Auslegung, Beschaffung, Service, Optimierung). Aufgrund des gemeinsamen Auftretens können auch die Kreditkosten für die Investition aufgeteilt werden.

Der Vorteil der Contractorengemeinschaft liegt in der gemeinsamen Bewältigung größerer Projektvolumen. Daher ist diese Variante vor allem bei Großkunden und Großprojekten eine sinnvolle Möglichkeit, Kälte-Contracting erfolgreich zu implementieren. Großprojekte können auch durch Pooling etwa von Privatkunden (mehrere Hotels, mehrere Geschäftslokale) entstehen. Durch diese Partnerschaft entstehen Synergieeffekte, die sich vorteilhaft für den Projektverlauf und vor allem für den Contracting-Nehmer auswirken. Der Fernwärmelieferant kann unter anderem bereits vorhandene Kundenbeziehungen für die Initiierung eines Projektes mit einbringen. Die Kältetechnikfirma bzw. das technische Büro kann sich unter anderem durch das Know-How bezüglich eines ordnungsgemäßen Betriebes und Optimierungsmöglichkeiten im Projektteam positionieren und damit z.B. ein begleitendes Einspar-Contracting anbieten.



**Abb. 5.81:** Contractorengemeinschaft, bestehend aus Fernwärmelieferant und Kältetechnikfirma/technisches Büro

#### 5.4.4 Finanzierung

##### *Investitionskosten*

Bei der Investitionsplanung für das Contracting-Projekt sind u.a. all jene Kosten zu berücksichtigen, die speziell mit der Anschaffung einer Absorptionskältemaschine in Verbindung stehen. Im Folgenden werden mögliche Investitionskosten für mit Fernwärme betriebene Absorptionskältemaschinen aufgelistet:

- Planungs- und Projektierungskosten
- Bauleistungen falls eigener Fernwärmeanschluss erforderlich
- Fernwärme-Übergabestation für die AbKM
- Absorptionkältemaschine (AbKM) inkl. Inbetriebnahme
- Schaltschrank und Regelung
- Speichereinheiten (Kältespeicher, Wärmespeicher)
- Rückkühlung für AbKM (offen oder geschlossen)
- Wasseraufbereitung für Rückkühlung
- Kosten für Einbindung der AbKM in bestehendes Kälteverteil-System bzw. Aufbau eines Kälteverteil-Systems
- Kosten für Adaptierung des Kälteabgabe-Systems (z.B. Umstellung auf Flächenkühlung)

### Verbrauchsgebundenen Kosten

Bei mit Fernwärme betriebenen Absorptionskältemaschinen beschränken sich die verbrauchsgebundenen Kosten auf die folgenden Punkte:

- Bezug thermischer Energie (Fernwärme)
- Bezug elektrischer Energie für Lösungsmittelpumpe, Regelung, Ventilatoren der Rückkühlung, Umwälzpumpen
- Wasserbedarf für Rückkühlung
- Abwasserkosten aus Rückkühlung

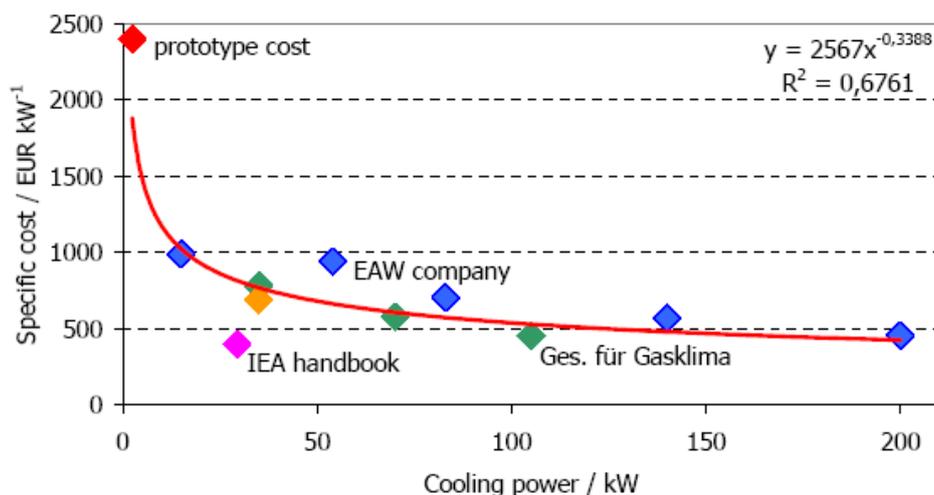
### Betriebsgebundenen Kosten

Die betriebsgebundenen Kosten setzen sich aus den jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten zusammen und belaufen sich bei Absorptionskältemaschinen meist < 3% der Investitionskosten.

- Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Versicherung

### Kostenbeispiele

Eicker [64] führt in Abb. 5.82 spezifische Kosten von am Markt verfügbaren Absorptionskältemaschinen an. Bei einer Kälteleistung von 100 kW kann mit ca. 500 Eur Investitionskosten pro kW Kälteleistung gerechnet werden.



**Abb. 5.82:** Spezifische Kosten von Absorptionskältemaschinen [64]

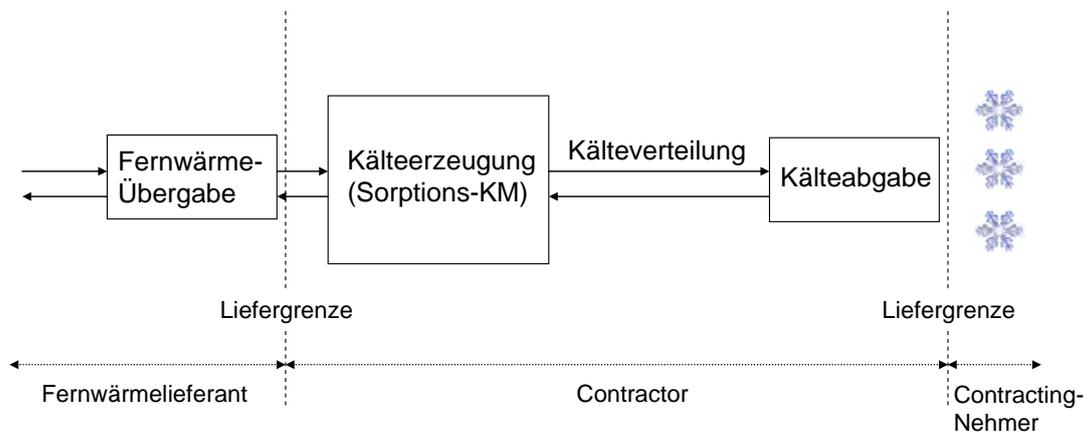
Abb. 5.83 zeigt eine Machbarkeitsstudie der Berliner Energieagentur [65], in welcher typische Investitionskosten für eine Absorptionskältemaschine mit einer Kälteleistung von 130 kW angegeben sind. In dieser Studie werden die Wartungskosten einer Absorptionskältemaschine mit 1 % der Investitionskosten angenommen.

1	Absorptionskälteanlage Century		80.229,91 €
1.1	Absorptionsanlage 130 KW	53.321,00 €	
1.2	Inbetriebnahme	1.136,00 €	
1.3	Regelung	300,00 €	
1.4	Kühlturm offen	12.550,00 €	
1.5	Inbetriebnahme	1.000,00 €	
1.6	Kühlwasserfiltersystem	2.175,00 €	
1.7	Absalzanlage	7.446,00 €	
1.8	Heizwassernachspeiseeinrichtung (TW)	361,91 €	
1.9	Schaltschrank mit Stromversorgung	1.940,00 €	
2	Rohrleitungen, Armaturen, Zubehör		17.541,31 €
3	Dämmung und Brandschutz		7.669,75 €
4	Baunebenleistungen		1.835,76 €
5	Sanitärinstallation		2.457,27 €
	<b>Gesamtkosten</b>		<b>109.734,00 €</b>

**Abb. 5.83:** Investitionskosten einer typischen Absorptionskältemaschine [65]

### Systemgrenzen

Für Investitionsüberlegungen und –planungen sind Systemgrenzen bzw. Liefergrenzen mit dem Contracting-Nehmer zu spezifizieren. Dabei kommen zwei prinzipielle Ansätze beim Kälte-Anlagen-Contracting in Frage, welche in Abb. 5.84 und Abb. 5.85 dargestellt sind.

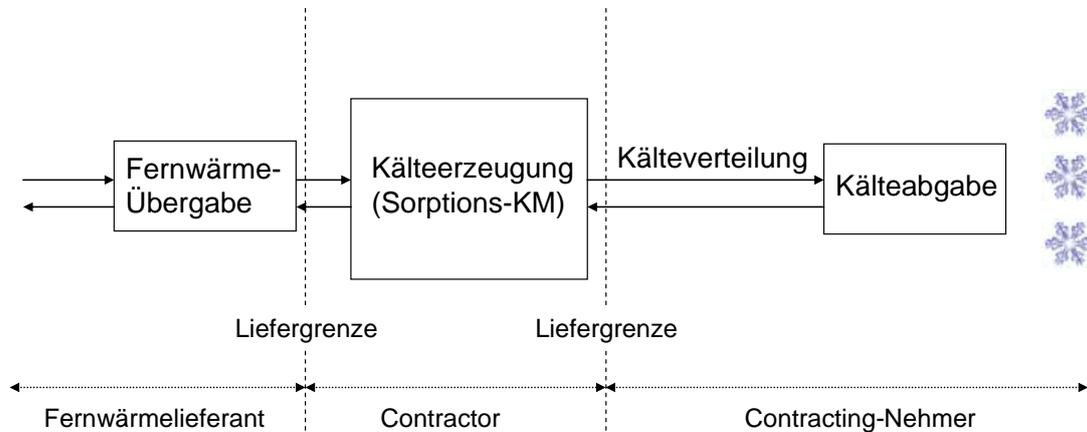


**Abb. 5.84:** Liefergrenze Kälteabgabe

In Abb. 5.84 ist die Liefergrenze auf der Abnehmerseite die Kälteabgabe (z.B. Fan Coil, Flächenkühlung), d.h. der Contractor übernimmt die gesamte Kältelieferung bis einschließlich Verbraucher. Es müssen Adaptierungskosten im Kälteverteilsystem und eventuell der Kälteabgabe bei der Investitionsplanung berücksichtigt werden. Die Wärme für die thermische Sorptionskältemaschine muss vom Fernwärmelieferant gekauft werden.

In Abb. 5.85 ist die Liefergrenze die Kälteerzeugung. Somit übernimmt der Contracting-Nehmer die Aufgaben der Kälteverteilung und Kälteabgabe. Investitionen in diesem Bereich müssen vom Contractor nicht eingeplant werden, sie betreffen den Contracting-Nehmer. Diese Variante eignet sich vor allem für Großkunden, z.B. Krankenhäuser oder Einkaufszentren, welche bereits ein bestehendes und meist komplexes Kälteverteil- und Kälteabgabesystem aufweisen.

In beiden Fällen können Contractor und Fernwärmelieferant ein und dieselbe Institution sein. Abgesehen von diesen beiden Varianten, können zwischen dem Contractor und dem Contracting-Nehmer individuelle Liefergrenzen festgelegt werden. Je nach festgelegter Liefergrenze können die entsprechenden Investitionskosten in die Investitionsplanung miteinbezogen werden.



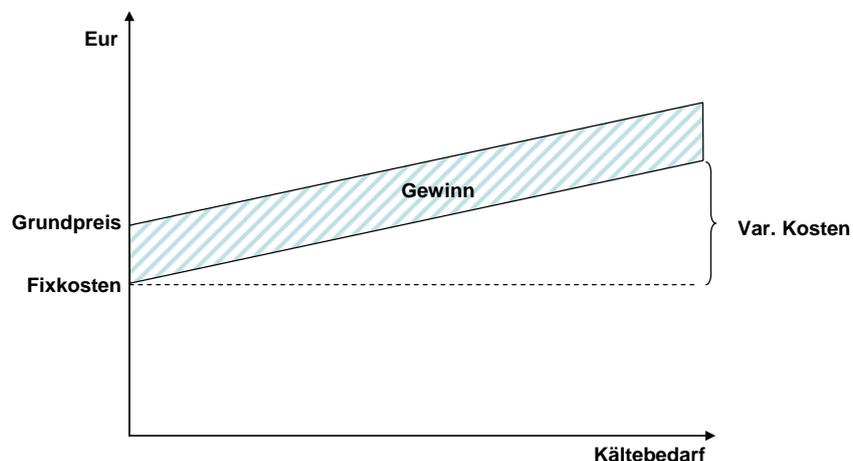
**Abb. 5.85:** Liefergrenze Kälteerzeugung

### Preisgestaltung

Beim Kälte-Anlagen-Contracting ist eine Aufspaltung in Grund- und Arbeitspreis sinnvoll. Der Grundpreis soll dabei die entstehenden jährlichen Fixkosten, der Arbeitspreis die vom Verbrauch abhängigen variablen Kosten abdecken. Als Fixkosten müssen insbesondere die jährlichen Kapitalkosten, Personalkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten kalkuliert werden. Als variable Kosten gehen die Fernwärmekosten für den thermischen Antrieb, Stromkosten für z.B. die Lösungsmittelpumpe, etwaige Wasser- und Abwasserkosten aus der Rückkühlung in die Kalkulation ein.

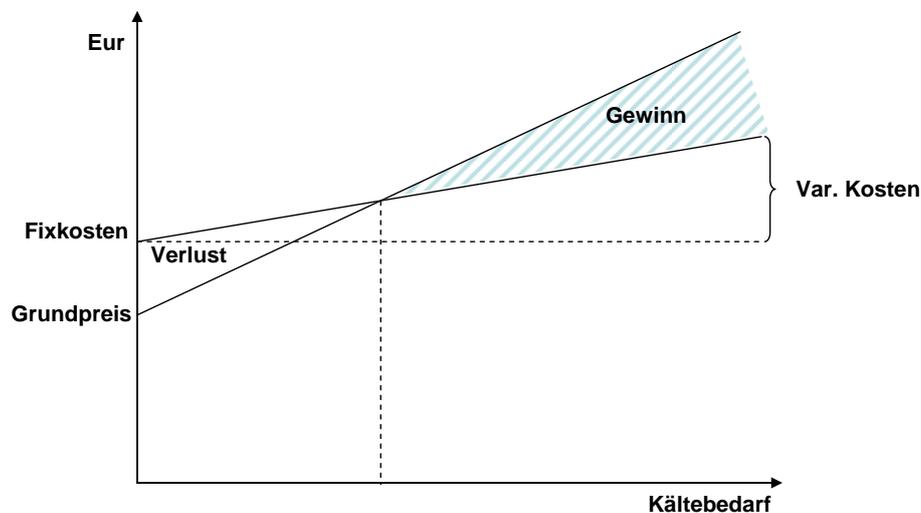
Bemman und Schädlich [55] schlagen bei der Preisgestaltung eine vollständige Abdeckung der Fixkosten und des Gewinns durch den Grundpreis vor. Eine nur teilweise Abdeckung der Fixkosten im Grundpreis und eine verbrauchsabhängige Gewinnkalkulation können bei Rückgängen des Kältebedarfs zu Unterdeckungen führen. Ist letzteres aufgrund der vorliegenden Marktsituation doch nötig, bedarf es einer kritischen Untersuchung der Rahmenbedingungen hinsichtlich einer Projektannahme oder Projekt ablehnung von Seiten des Unternehmers.

In Abb. 5.86 wird die vollständige Deckung der Fixkosten mit dem Grundpreis dargestellt. Zusätzlich wird der Gewinnanteil in den Grundpreis miteingerechnet. Vorteil dieser Variante ist die verbrauchsunabhängige Fixkosten- und Gewinnabdeckung. Als Nachteil ist der höhere Grundpreis zu sehen.



**Abb. 5.86:** Abdeckung der Fixkosten und des Gewinnanteils durch den Grundpreis, nach [55]

Abb. 5.87 zeigt die teilweise Abdeckung der Fixkosten mit dem Grundpreis. Erst ab einem bestimmten Kältebedarf ergibt sich die Abdeckung der Fixkosten und somit ein Gewinn. Vorteil ist der geringere Grundpreis. Als nachteilig kann jedoch die Gefahr der Unterdeckung bei geringer werdendem Kältebedarf gesehen werden.



**Abb. 5.87:** Teilweise Abdeckung der Fixkosten durch den Grundpreis, nach [55]

### **Investitionsentscheidung**

Für Investitionsentscheidungen eignen sich dynamische Verfahren. Im speziellen eignen sich die Kapitalwertmethode bzw. die Methode des internen Zinsfußes und die dynamische Amortisationsrechnung. Bei der Kapitalwertmethode wird unter Annahme eines internen Zinsfußes die Investition mit einer alternativen Anlageform verglichen. Ist der Kapitalwert positiv, lohnt sich eine Investition. Ähnlich wird bei der Methode des internen Zinsfußes vorgegangen, nur dass im Unterschied zur Kapitalwertmethode nicht der interne Zinsfuß vorgegeben, sondern über die Nullsetzung des Kapitalwerts berechnet wird. Als Ergebnis erhält man den internen Zinsfuß, welcher mit dem internen Unternehmenszinsfuß verglichen wird. Eine Investition wird dann als wirtschaftlich betrachtet, wenn der interne Unternehmenszinsfuß übertroffen wird. Gl. 1 zeigt die Formel für die Berechnung des Kapitalwerts.

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=0}^n (E_t - A_t) \cdot (1+i)^{-t} \quad (19)$$

- $C_0$  Kapitalwert zum Zeitpunkt  $t=0$  [Eur]
- $I_0$  Investitionskosten zum Zeitpunkt  $t=0$  [Eur]
- $E_t$  Einnahmen in der Periode  $t$  [Eur]
- $A_t$  Ausgaben in der Periode  $t$  [Eur]
- $i$  Kalkulationszinsfuß [-]
- $t$  Periode [a]
- $n$  Nutzungsdauer [a]

Bei der dynamischen Amortisationsrechnung werden die jährlichen Rückflüsse mit einem dem internen Zinsfuß entsprechenden Faktor abgezinst und die so erhaltenen Barwerte solange kumuliert bis die Investitionskosten zum ersten Mal überschritten werden. Die Anzahl der kumulierten Jahre ergibt die dynamische Amortisationszeit. Über die Amortisationszeit kann die Vertragsdauer des Contracting-Projekts bestimmt werden.

## 5.4.5 Kältebedarf

### *Abschätzung*

Eine Abschätzung des Kältebedarfs kann für eine erste Grobbewertung des Objektes verwendet werden. Anhand dieser Abschätzung kann das betrachtete Objekt größenmäßig einem Verbrauch zugeordnet werden. Für diese Abschätzung eignet sich der im Kapitel 5.1 „Kältepotentialerhebung“ erstellte Fragebogen. Eine weitere Möglichkeit ist Berechnung des Kältebedarfs mittels Benchmarks. Liegen Rechnungen vor, anhand derer der Stromverbrauch einer bestehenden Kältemaschine von anderen elektrischen Verbrauchern differenziert werden kann, ist dies eine weitere Möglichkeit den Kältebedarf eines Objekts abzuschätzen. Ebenso kann eine Abschätzung über Betriebsstundenzähler erfolgen.

### *Fragebogen*

Im Anhang B4 ist der Fragebogen aus dem Kapitel 5.1 „Kältepotentialerhebung“ dargestellt. Dieser Fragebogen kann dem Contracting-Nehmer vorab geschickt werden, um den Kältebedarf zu erfassen. Eine gute Abschätzung des Kältebedarfs lässt sich über die Kälteleistung der vorhandenen Kompressionskältemaschinen in Kombination mit dem Gebäudetyp durchführen. In manchen Fällen ist vielleicht sogar die Kühllast bekannt, wenn vor allem in größeren Gebäuden eine technische Dokumentation vorhanden ist. Zusätzlich wird über den Fragebogen das Baujahr der Kältemaschine erhoben, welches über den Zeitpunkt einer möglichen Reinvestition Auskunft gibt. Weitere wichtige Informationen für den Contractor bezüglich möglicher Adaptierungen und Einbindungen thermischer Kühlung liefern Fragen zum Kälteabgabesystem und zur Betriebsweise der Kältemaschine. Des Weiteren werden Fragen zur Heizung bzw. zum Fernwärmeanschluss gestellt, welche in Überlegungen bezüglich eines Gesamtkonzeptes involviert werden können.

Der Fragebogen kann in digitaler Form versendet werden und über ein im Kapitel 5.1 „Kältepotentialerhebung“ entwickeltes Tool namens Fragebogenauswertung ausgewertet werden. Dabei können auch Fragebögen mehrerer Objekte mit Hilfe des Tools ausgewertet werden. Als Ergebnis erhält man aufgrund der Input-Daten die Kühllast (kW), die spezifische Kühllast ( $W/m^2$ ) und den spezifischen Kältebedarf ( $kWh/m^2$ ).

### *Benchmarks*

Mittels spezifischer Kennzahlen kann für einen bestimmten Gebäudetyp die Kühllast und der Kältebedarf abgeschätzt werden. Tab. 5.46 zeigt eine Auflistung spezifischer Kennzahlen für unterschiedliche Gebäudetypen. Diese Kennzahlen wurden basierend auf einer umfassenden Literaturstudie und zum Teil eigenen Erhebungen im Kapitel 5.1 „Kältepotentialerhebung“ erstellt und sollen den Durchschnitt der angeführten Gebäudetypen erfassen. Die Problematik, dass es bei Kälteanwendungen um vieles mehr als bei der Wärmeversorgung von Objekten zu differenzierten und individuellen Lösungen kommt, muss bei der Interpretation des Ergebnisses berücksichtigt werden.

**Tab. 5.46:** Spezifische Kennzahlen zur Abschätzung der Kühllast bzw. des Kältebedarfs

Gebäudetyp	$W/m^2$	$kWh/m^2$	Kühlstunden/ Jahr
Büro	50	40	800
Hotel	55	55	1.000
Kaufhaus/Einkaufszentrum	70	105	1.500
Krankenhaus	60	120	2.000

### *Stromverbrauch*

Ist der Stromverbrauch der bestehenden Kältemaschine bekannt, kann über einen mittleren COP (Coefficient of Performance) der Kältemaschine auf die produzierte Kältemenge rückgerechnet werden. Der Stromverbrauch ist in kWh gegeben. Durch den Zusammenhang von abgegebener Kälteenergie und zugeführter elektrischer Antriebsenergie über den COP kann die produzierte Kältemenge bestimmt werden (Gl. 20). Der mittlere COP der Kältemaschine ist aus der Anlagen-Dokumentation zu entnehmen oder beim Anlagenhersteller zu erfragen. Fischer [66] gibt beispielsweise für Kompressionskälteanlagen in der Leistungsklasse 50 - 5.000 kW einen COP-Bereich von 3 bis 5 an.

$$COP = \frac{\text{Kälteenergie}}{\text{elektr. Antriebsenergie}} \quad (20)$$

### *Betriebsstundenzähler*

Als weitere Möglichkeit zur Abschätzung des Kältebedarfs können Betriebsstundenzähler der Kältemaschinen verwendet werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Contracting-Nehmer bereits über eigenständige Aufzeichnungen des Betriebsstundenzählers der Kältemaschine verfügt. Idealerweise strecken sich diese Aufzeichnungen über mehrere Kühlperioden, anhand derer die jährliche Einsatzdauer der Kältemaschine abgelesen werden kann. Über die Kompressorleistung kann in weiterer Folge der Stromverbrauch geschätzt werden (Gl. 21). Über den Stromverbrauch kann wie oben beschrieben die Kälteenergie berechnet werden. Die Kompressorleistung ist der technischen Dokumentation der Kältemaschine zu entnehmen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei den Betriebsstunden um keine Volllaststunden handelt und daher die Multiplikation mit der Kompressorleistung, da zumeist die max. Kompressorleistung oder die Kompressorleistung in einem bestimmten Arbeitspunkt angegeben ist, mit einem Fehler behaftet ist.

$$W_{el} = P_{el} \cdot t \quad (21)$$

$W_{el}$  elektrische Arbeit der Kältemaschine [kWh]

$P_{el}$  elektrische Leistung der Kältemaschine [kW]

$t$  Zeit [h]

### **Messung/Berechnung**

Für genaue Ergebnisse eignen sich Messungen und Berechnungen. Über Betriebsmessungen kann die Situation vor Ort erfasst werden. Bei größeren Objekten ist zudem eine Gebäudeleittechnik Standard, mit welcher gewünschte Messpunkte erfasst und ausgewertet werden können. Die Messergebnisse können mit einer Kühllastberechnung bzw. einer dynamischen Gebäudesimulation verglichen werden.

### *Betriebsmessung*

Stehen dem Contractor geeignete mobile Messgeräte sowie das Know-How zum richtigen Einsatz zur Verfügung, kann eine Messung vor Ort beim Contracting-Nehmer durchgeführt werden. Entscheidend für die Aussagekräftigkeit der Messung ist die Auswahl einer für den Betrieb der Kältemaschine repräsentativen Zeitperiode (idealerweise Hochsommer - Juli bis September). Dabei könnte es sich bei dieser Vorgehensweise zum Beispiel um eine zweimalige einwöchige Messung handeln. Der tatsächliche Messaufwand muss jedoch in Relation zur Objektgröße und zum Kostenaufwand gestellt werden. Als Messgeräte können mobile Ultraschallmessgeräte zur Messung des Volumenstroms, Oberflächentemperaturfühler oder falls möglich Eintauchtemperaturfühler und Stromzangen für die Messung elektrischer Energie/Leistung verwendet werden. Für eine Bewertung der bestehenden Kältemaschine müssen der Strombedarf und zumindest die aufgenommenen Wärmemenge im Verdampfer gemessen werden. Zusätzlich können noch die Rückkühlung, die Kälteverteilung und die Kälteabgabe mitberücksichtigt werden. Mit Hilfe der ausgewerteten Daten können im Idealfall Hochrechnungen für die Kühlperiode gemacht werden.

## *Gebäudeleittechnik*

Bei Vorhandensein einer Gebäudeleittechnik können die Daten (Stromaufnahme, Wärmeaufnahme im Verdampfer, Wärmeabgabe im Kondensator, Kälteverteilung, Kälteabgabe) aus deren Aufzeichnung für eine Bewertung der bestehenden Kältemaschine verwendet werden, eine Betriebsmessung entfällt oder kann bei Unklarheiten zur zusätzlichen Erfassung von Messdaten verwendet werden. Durch die Auswertung der Messdaten kann auf den benötigten Kältebedarf bzw. auf die Kälteleistung der Kälteanlage geschlossen werden. Zumeist wird eine Gebäudeleittechnik bei großen Objekten (Kategorie Großkunde z.B. Krankenhäuser) vorhanden sein. Zusätzlich zu den aktuellen Messdaten kann hier meistens auf eine Datenhistorie zurückgegriffen werden, wodurch eine Analyse erleichtert wird.

### *Kühllastberechnung / dynamische Gebäudesimulation*

Für die rechnerische Bestimmung der Kühllast und somit für die Auslegung der Kältemaschine eignen sich Programme zur Kühllastberechnung. Die gängige Norm dafür ist die VDI 2078 [67]. Als Ergebnis erhält man nach dem Kurzverfahren eine Kühllast, die zur Auslegung der Kälteanlage verwendet werden kann. Viele Kälteanlagenhersteller bieten ein auf ihre Produkte abgestimmtes elektronisches Auslegungstool, mit welchem eine Kühllastberechnung durchgeführt werden kann. Für komplexere Aufgabenstellungen (z.B. Simulation von Temperaturverläufen, Abschaltzeiten der Kälteversorgung,...) müssen dynamische Kühllastberechnungsprogramme z.B. basierend auf der ÖNORM H6040 [68] bzw. dynamische Gebäudesimulationsprogramme verwendet werden.

## **5.4.6 Projektablauf**

### ***Vorprojektphase***

In der Vorprojektphase wird das Kälte-Contracting-Projekt vorbereitet. Am Ende der Vorprojektphase steht der unterschriebene Contracting-Vertrag. Die Vorprojektphase lässt sich in eine Vorphase, Hauptphase und Endphase einteilen. In Abb. 5.88 sind mögliche Prozessschritte der Vorprojektphase dargestellt.

In der Vorphase finden erste Gespräche mit dem Contracting-Nehmer statt. Die gemeinsame Kälte-Contracting-Idee wird besprochen. Der Contractor macht sich in einer vor Ort Begehung ein erstes Bild über die Kälteversorgung. Dabei muss besonderes Augenmerk auf den Fernwärmeanschluss und eine mögliche Einbindung einer Absorptionskältemaschine samt Rückkühlung gelegt werden. In einem ersten Gespräch finden weiters eine Abklärung der vom Contracting-Nehmer gewünschten und der vom Contractor lieferbaren Contracting-Leistungen statt.

In der Hauptphase muss der Contractor die Kälteanlage inklusive aller dafür nötigen Bestandteile planen. Als erstes gilt es die Kühllast bzw. den Kältebedarf möglichst genau zu berechnen oder messtechnisch zu bestimmen. Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Absorptionskältemaschine ausgelegt werden. Dabei ist auf eine möglichst effiziente Einbindung in das Gesamtsystem zu achten. Mögliche Adaptierungsarbeiten, wie etwa Anpassung des Kälteverteil- oder Kälteabgabesystems müssen berücksichtigt werden. Dazu ist das Know-How einer Kältetechnikfirma bzw. eines technischen Büros nötig. Gleichzeitig muss mit dem Fernwärmelieferant über die Konditionen der Wärmelieferung gesprochen werden, eventuell ist ein zusätzlicher Fernwärmeanschluss inklusive Fernwärmeübergabestation einzuplanen. Nach Ende der technischen Spezifikationen steht die Finanzplanung. Basierend auf den Gesprächen mit dem Finanzierungsinstitut und unternehmensinternen Überlegungen erfolgt die Finanzierungsplanung. Als Ergebnis liefert die Finanzierungsplanung unter anderem die vom Contracting-Nehmer zu bezahlende Contracting-Rate und die Laufzeit des Kälte-Contractings. Die Hauptphase findet in Abhängigkeit von der Gestalt des Contractors statt (Fernwärmelieferant, Kältetechnikfirma bzw. technisches Büro). Als Unterstützung für die Planungsphase sei auf das Bewertungs-Tool aus dem Kapitel 5.3.2 „Bewertungstool“ verwiesen.

In der Endphase der Vorprojektierung erfolgen eine Abstimmung mit dem Contracting-Nehmer und gegebenenfalls eine Adaptierung der Kälte-Contracting-Leistung. Können sich Contracting-Nehmer und Contractor einigen, folgt als Endprozess der Vorprojektierung die Unterzeichnung des Contracting-Vertrags.

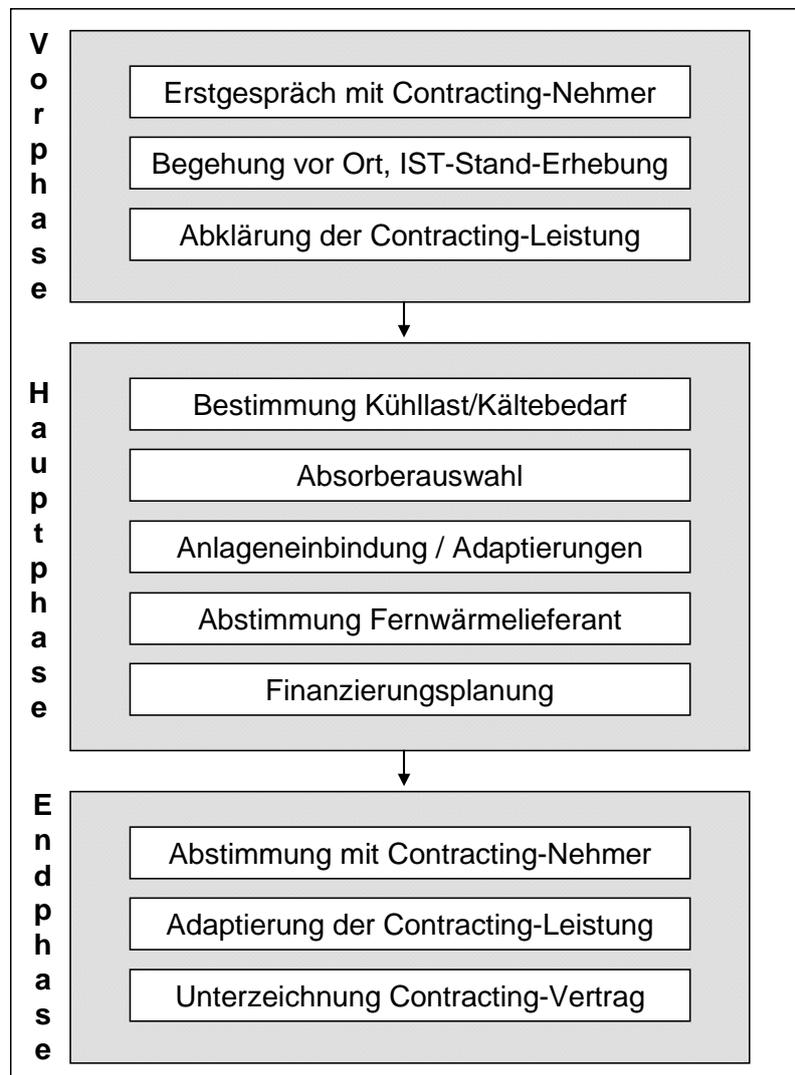


Abb. 5.88: Mögliche Planungsphase für Kälte-Contracting

### Projektphase

Nach Abschluss der Vorprojektphase startet das eigentliche Kälte-Contracting-Projekt, wobei der Startzeitpunkt in Absprache zwischen Contracting-Nehmer und Contractor festgesetzt werden kann. Abb. 5.89 zeigt die Inhalte des eigentlichen Kälte-Contractings. Zu Beginn des Kälte-Contractings stehen detaillierte Planungsaktivitäten der Kältetechnikfirma bzw. des technischen Büros, welche in die konkrete Beschaffung münden. Im Anschluss an die Beschaffung erfolgt der Einbau der Absorptionskältemaschine und nötige Adaptierungsarbeiten für die Einbindung in das Gesamtsystem. Die Adaptierungsarbeiten können das Kälteverteiler- oder das Kälteabgabesystem betreffen. Eventuell muss ein zusätzlicher Fernwärmanschluss inklusive Übergabestation gebaut werden. Nach Abschluss der Einbauarbeiten erfolgen die Inbetriebnahme und schließlich der Regelbetrieb der Anlage. Während des Betriebes müssen in bestimmten zeitlichen Intervallen Optimierungsphasen und Service- und Wartungsphasen eingeplant werden. In den Optimierungsphasen soll der Betrieb der Anlage überprüft werden und entsprechend dem Know-How der Kältetechnikfirma bzw. des technischen Büros hinsichtlich des Energieeinsatzes optimiert werden. Dies kann z.B. durch Anpassung der Regelstrategie erfolgen. Das Know-How der Kältetechnikfirma bzw. des technischen Büros spielt in dieser Phase eine entscheidende Rolle. Zu Beginn der Contracting-

Laufzeit ist es sinnvoll, die Optimierungsintervalle in kürzeren Abständen als die Service/Wartungsintervalle anzusetzen, nach gewährleistetem Regelbetrieb können die Optimierungsintervalle mit den Service/Wartungsintervallen zusammengelegt werden. Am Ende der Contracting-Laufzeit erfolgt der Projektabschluss. Der Ablauf des Projekts wird zwischen Contracting-Nehmer und Contractor besprochen, neue gemeinsame Projekte können resultieren. Je nach Ausformulierung im Contracting-Vertrag kann die Absorptionskältemaschine in den Besitz des Contracting-Nehmers übergehen.

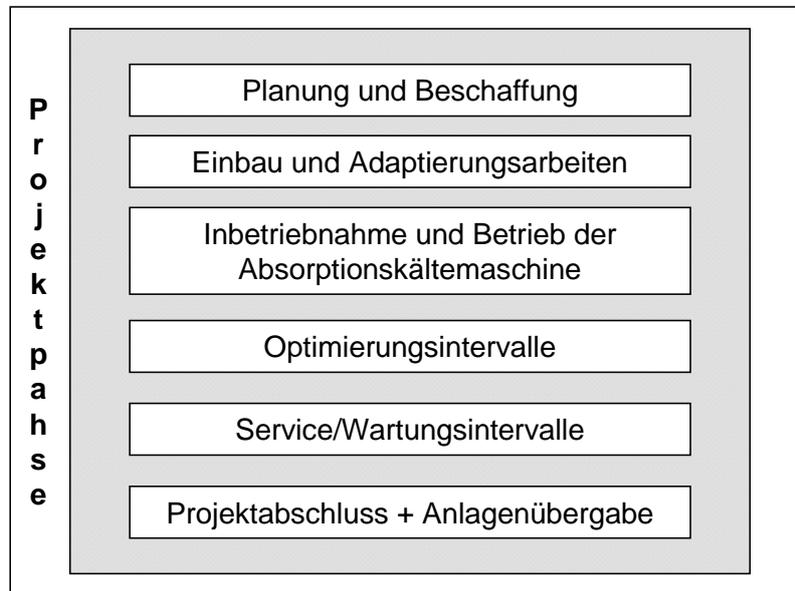


Abb. 5.89: Mögliche Projektphase für Kälte-Contracting

#### 5.4.7 Kälte-Einspar-Contracting

Als Vorstufe zum Kälte-Anlagen-Contracting, oder bei Großkunden auch parallel dazu, kann ein Kälte-Einspar-Contracting durchgeführt werden. Das Kälte-Einspar-Contracting ist vor allem für Großkunden interessant, da es hier das größte Einsparpotential geben wird. Es kann auch bei Privatkunden, insbesondere im Fall des Poolings, durchgeführt werden. Durch den Zusammenschluss mehrerer Contracting-Projekte im Privatkundenbereich können Optimierungsmaßnahmen effizienter durchgeführt werden. Im Bereich der Siedlungsgenossenschaften wird es zu keiner Anwendung des Einspar-Contractings kommen, da in den meisten Fällen wenig bis kein Kältebedarf vorhanden ist. Die folgende Auflistung stellt einen Auszug aus möglichen Maßnahmen für Kälte-Einspar-Contracting dar. All diese Maßnahmen dienen zur Reduktion des Kälteenergiebedarfs bzw. des thermischen Energiebedarfs im Falle einer Sorptionskältemaschine.

##### **Gebäudemaßnahmen**

Gebäudemaßnahmen dienen zur Reduzierung der äußeren Kühllast. Durch Gebäudemaßnahmen können demzufolge der Wärmedurchgang durch die Außenwände, der Wärmedurchgang durch die Fenster und die Wärmestrahlung durch die Fenster reduziert werden. Mögliche Gebäudemaßnahmen sind:

- Thermische Verbesserung der Außenwände
- Thermische Verbesserung der Fenster
- Abschattung von Fensterflächen

Unter thermischer Verbesserung der Außenwände versteht man das Anbringen von zusätzlichen Dämmstoffen auf die äußerste (im seltenen Fall innerste) Gebäudeschicht. Durch die Dämmschicht erfolgt eine Reduzierung des U-Wertes für den Wandaufbau und infolge dessen eine Reduzierung des Wärmeeintrages über die Transmission durch die Außenwände. In gleicher Weise wirkt ein Austausch der Fensterflächen in Richtung eines besseren U-

Wertes, allerdings muss bei Fenstern zusätzlich der g-Wert berücksichtigt werden, welcher die Energiegewinne infolge solarer Einstrahlung berücksichtigt.

Des Weiteren können bauliche Maßnahmen getroffen werden, um die Beschattung von Fensterflächen zu gewährleisten. Durch bauliche Beschattungsmaßnahmen wird der Energieeintrag aufgrund direkter solarer Strahlung der im Sommer hochstehenden Sonne in das Gebäude bzw. den Raum reduziert.

### **Anlagenmaßnahmen**

Weiters können Energieeinsparungen durch Maßnahmen im Bereich der Kälteanlage bzw. des Kältesystems erreicht werden. Dabei können unter anderem, folgende Bereiche betrachtet werden:

- Thermische Verbesserung des Kälteverteilsystems
- Austausch von Pumpen des Kälteverteilsystems
- Hydraulischer Abgleich des Kältesystems
- Anpassung der Soll-Temperatur des Kältevorlaufs
- Optimierung des Regelkonzepts
- Free-Cooling

Eine Verbesserung der Dämmung von Kälteverteilsystemen vermindert die Verluste während der Kälteverteilung. Bei Großkunden können lange Leitungsführungen auftreten, durch entsprechende Dämmung von ev. bereits älteren Leitungen kann Energie eingespart werden. Im Kälteverteilungssystem sind des öfteren ältere Förderpumpen anzutreffen. Ein Austausch der veralteten Fördertechnik gegen neue drehzahlgeregelte Ausführungen führt zu einer Energieeinsparung. Insbesondere bei Großkunden müssen aufgrund der meist komplexeren Haustechnik die Kältevorlauftemperaturen auf ihre Notwendigkeit überprüft und der tatsächlichen Nutzung angepasst werden. Durch eine Erhöhung der Kältevorlauftemperatur kann in Abhängigkeit des Massenstroms Energie eingespart werden.

Speziell in der Optimierung des Regelkonzepts liegt ein beachtliches Einsparpotential. In Abhängigkeit der Anwendung und vorhandenen Anlage muss das optimale Regelkonzept gefunden und verwendet werden. Dazu ist das Know-How einer Kältetechnikfirma bzw. eines technischen Büros nötig.

Unter Free-Cooling bezeichnet man die Direktschaltung der Rückkühleinheit mit dem Kaltwasserkreislauf. Dabei wird die Kältemaschine in einem Bypass übergangen, die Energie für den Betrieb der Kältemaschine wird zur Gänze eingespart. Aufgrund der nötigen Temperaturdifferenz zwischen Rückkühleinheit und Kälteabgabesystem findet diese Anwendung z.B. in Übergangszeiten oder während der Nacht Anwendung.

Krug erwähnt in [55] Einsparpotentiale bei Kälteanlagen durch Contracting von 20 bis 30 % der Energiekosten als keine Seltenheit.

## 5.4.8 Ergebnisse

Am Contracting-Markt nimmt Kälte-Contracting zurzeit noch einen geringen Anteil ein. In Kombination mit KWK-Systemen ermöglicht Kälte-Contracting jedoch eine Erhöhung der Auslastung der KWK-Systeme speziell im Sommer. Für die Kälteerzeugung eignet sich hierbei der Einsatz thermisch betriebener Sorptionsanlagen.

Aufgrund der Tatsache, dass bei der Kombination von KWK-Systemen und Kälteerzeugung thermisch betriebene Sorptionskältemaschinen nötig sind, rückt der Fokus des Kälte-Contractings automatisch in Richtung Anlagen-Contracting. Daher ist ein zentrales Modell des Kälte-Contractings das Kälte-Anlagen-Contracting. Für kürzere Vertragslaufzeiten eignet sich das Kälte-Betriebsführungs-Contracting.

In Tab. 5.47 ist Kälte-Contracting in Abhängigkeit der untersuchten Zielgruppen (Siedlungsgenossenschaft, Privatkunde, Großkunde) dargestellt. Im Bereich der Privatkunden (in Zukunft auch im Bereich der Siedlungsgenossenschaften) kann neben dem Kälte-Anlagen-Contracting aufgrund gewünschter kurzer Vertragslaufzeiten Kälte-Betriebsführungs-Contracting von Interesse sein. Pooling bei Privatkunden (aber auch in Zukunft bei Siedlungsgenossenschaften) kann die Effizienz von Kälte-Contracting in diesen beiden Bereichen erhöhen und der ausschlaggebende Punkt für eine Umsetzung sein. Für Großkunden ist aufgrund Ihrer Größe und dem vermehrten Streben in Richtung Outsourcing vor allem das Kälte-Anlagen-Contracting von Bedeutung.

**Tab. 5.47:** Kälte-Contracting in Abhängigkeit der Zielgruppe

	Anlagen-Contracting	Betriebsführungs-Contracting	Einspar-Contracting
Siedlungsgenossenschaft	(✓)	(✓)	
Privatkunde	✓	✓	(✓)
Großkunde	✓		✓

Im Sinne eines effizienten Energieeinsatzes darf vor allem im Großkundenbereich das Kälte-Einspar-Contracting nicht außer Acht gelassen werden. Ein vorgeschaltetes Einspar-Contracting kann den Kältebedarf für ein Anlagen-Contracting reduzieren. Gerade bei Großkunden ist als weitere Option aufgrund der Objektgröße ein zum Anlagen-Contracting paralleles Kälte-Einspar-Contracting sinnvoll.

Durch Kälte-Contracting kann schließlich ein bestehendes KWK-System zu einem KWKK-System (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-System) erweitert und die Auslastung im Sommer erhöht werden.

## 5.5 Informationsverbreitung

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Fachbeiträge für die 5th Dubrovnik Conference for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, die von 30.09. bis 03.10.2009 in Kroatien stattfinden wird, eingereicht und angenommen. Die Titel lauten:

“Using heat for cooling in biomass based energy systems: tapping the potential based on the customers needs and contracting model implementation” Stutterecker W., Pinter, Ch., Krotil, R.

“Using heat for cooling in biomass based energy systems: technological challenges and solutions” Pinter, Ch., Stutterecker W., Krotil, R.

Weiters werden folgende Artikeln veröffentlicht:

Pinter, Ch., Stutterecker, W., Krotil, R.: Bioenergie Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung Versorgung (Bio-KWKK-V), Umwelt Journal, Ausgabe 06, September 2009

Pinter, Ch.: Kraft-Wärme-Kopplung – Erweiterung/Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungs – Systeme, HLK, Heft 10/09, 2009

Zudem sind weitere Aktivitäten, wie Publikationen, Informationsvorträge und Fachvorträge, zur Verbreitung der Ergebnisse aus dem vorliegenden Forschungsprojekt „BIOENERGIE-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-VERSORGUNG“ geplant.

An diesen Aktivitäten sollen neben den Projektbeteiligten auch andere Vertreter von Interessensverbänden teilnehmen können, um für diese Technologie auch in einem breiteren Personenkreis Interesse zu wecken und damit eine mögliche Multiplikation dieser Systemerweiterung zu veranlassen. Dadurch sollen durch diese Kommunikations- und Vernetzungsaktivität in weiterer Folge Vorschläge für die konkrete Erprobung in mehreren Pilotprojekten mit unterschiedlichen Umsetzungsmodellen entstehen.

## 6. Bezug auf die Ziele der Programmlinie

### 6.1 Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie

Die vorliegenden Forschungsergebnisse aus dem Projekt „BIOENERGIE-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-VERSORGUNG“ leisten einen wichtigen Beitrag in Bezug auf die Ziele der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ für eine gesicherte, effiziente und nachhaltige Energieversorgung mit regionaler Wertschöpfung.

Forschungsergebnisse:

- Konzept zur Optimierung der energetischen Auslastung von bioenergiebetriebenen KWK-Systemen (Wärmenetze unterschiedlicher Größenordnung) in der Sommerperiode durch Erweiterung zu „BIOKWKK“-Anlagen, welche eine höhere Auslastung des Energieversorgungssystems im Sommer und somit eine ganzjährige CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung (Wärme und Kälte) ergeben.
- Bewertungs-Tools (Werkzeuge und Modelle) für die Steigerung des Einsatzes von Bioenergie im Bereich der Wärme- und Kälteversorgung
  - Werkzeug zur vereinfachten Abschätzung des regionalen Kältepotentials
  - Werkzeug zur vereinfachten Abschätzung der technischen Realisierbarkeit der Systemerweiterung um den Faktor Kälte
  - Bewertungsmodell zur Abschätzung des energetischen, ökologischen und ökonomischen Nutzen der Systemerweiterung (von der KWK-Anlage zur KWKK-Anlage)
  - Contractingmodelle unter Berücksichtigung der Abnehmerstruktur (Großabnehmer, Privatkunde, Siedlungsgenossenschaften)
- Informationsverbreitung

### 6.2 Einbeziehung der Zielgruppen

Die wesentlichen Zielgruppen des Projektes sind neben den Energieversorgungsunternehmen (EVU) im Burgenland sowie EVU's in anderen Regionen, welche bioenergiebefeuerte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betreiben, auch Kunden, die neben der Dienstleistung Strom und Wärme auch die Dienstleistung Kälte benötigen. Mit den Unternehmen BEWAG und BEGAS bzw. BIOENERGIE Burgenland Service GmbH wurden die relevanten Akteure der Energieversorgung in das Projektkonsortium integriert. Mit der KRAGES, UDB (Umweltdienst Burgenland) und OSG (Oberwarther Siedlungsgenossenschaften) wurden auch die weiteren relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden. Damit konnten die wesentlichsten Zielgruppen direkt ihre Bedürfnisse in das Projekt einbringen und einen Beitrag zur Umsetzung der Ergebnisse leisten und vom Wissensgewinn profitieren.

Das Burgenland eignete sich infolge der politischen Zielsetzungen (Energieautarkie) sowie der unternehmenspolitischen Zielsetzungen der Hauptenergieversorger ideal als Modellregion für die Bearbeitung der vorliegenden Forschungsfragen.

### **6.3 Beschreibung der Umsetzungs-Potentiale**

Mit den in Form von Werkzeugen und Modellen erarbeiteten Energieversorgungskonzepten für bioenergiebetriebene Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssysteme ist auch eine Übertragbarkeit und damit eine Multiplizierbarkeit für andere Regionen gegeben. Konkret können die Ergebnisse des vorliegenden Projektes gemeinsam mit dem Energieversorgern BEWAG und BEGAS bzw. BIOENERGIE Burgenland Service GmbH, welche Betreiber von bioenergiebeheizten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind, umgesetzt werden. Es ist geplant in weiterer Folge die Realisierung von entsprechenden Modellsystemen vorzunehmen (gemeinsam mit Finanzierungspartner und Konsortialpartner).

Zudem können sich Umsetzungsprojekte infolge der Informationsverbreitung der Projektergebnisse aus dem vorliegenden Forschungsprojekt „BIOENERGIE-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-VERSORGUNG“ in Form von Publikationen, Informationsvorträgen und Fachvorträgen ergeben.

### **6.4 Potential für Demonstrationsvorhaben**

Das Verwaltungsgebäude des Umweltdienstes Burgenland und das Landeskrankenhaus Oberpullendorf sind bereits mit einer Absorptionskälteanlage in Verbindung mit dem KWK-System Oberpullendorf ausgestattet. Eine weitere Anlage könnte im Landeskrankenhaus Oberwart installiert werden, die dafür notwendige Fernwärmeübergabestation wurde bereits vorgesehen. Für die Umsetzung von weiteren Demonstrationsanlagen müsste ein Energie-Monitoring an den installierten Anlagen durchgeführt werden, um so neue Kenntnisse in der Wechselwirkung zwischen Sorptionsanlage und dem Wärmenetz zu gewinnen. Diese gewonnenen Kenntnisse würden das technische Risiko von zukünftigen Demonstrationsvorhaben erheblich reduzieren.

Zudem wird dieses Risiko durch die Involvierung aller relevanten Beteiligten (Kältelieferanten und Kälteabnehmer, Planer,...) verbunden mit intensiver Kommunikation und Information sowie der Anwendung professionellen Projektmanagements auf ein minimales Maß reduziert. Damit verbunden wäre auch eine höhere Akzeptanz der entwickelten Modelle bei den angesprochenen Zielgruppen.

Das ausschlaggebende wirtschaftliche Risiko kann darin liegen, dass bei den derzeitigen Primärenergiepreisen der finanzielle Ansporn zum Einsatz dieser neuen Technologien im Verhältnis zu den erforderlichen Investitionskosten noch zu gering ist. Es ist jedoch bei Beibehaltung des derzeitigen Energiepreistrends absehbar, dass sich dieses Verhältnis kurz- bis mittelfristig zu Gunsten der neuen Technologien verändern wird. Zudem können die entwickelten Kälte-Contracting Modelle zum Einsatz kommen, um so das wirtschaftliche Risiko auf beiden Seiten (Kältelieferant und Kälteabnehmer) zu minimieren.

## 7. Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Bioenergie-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-Versorgung“ wurden Tools (Werkzeuge und Modelle) generiert, mit denen Energieversorger und Planer in der Lage sind eine Abschätzung der Realisierbarkeit der Anlagenerweiterung in bestehenden KWK-Anlagen zu KWKK-Anlagen durchzuführen. Damit wird ein ganzjähriger optimierter Betrieb dieser Systeme durch das Dienstleistungsangebot Strom, Wärme und Kälte für den Kunden gewährleistet.

Dazu wurde einerseits auf Basis von Literaturdaten und erhobenen Objektdaten mittels des Tools „Fragebogenauswertung“ das Tool „Kältepotential Region“ zur Abschätzung des Kältepotentials einer bestimmten Region und Gebäudetypen und andererseits das Tool „Bewertung“ zur Überprüfung der technischen Machbarkeit und der energetischen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der geplanten Anlagenerweiterungen generiert.

Zudem wurden Kältecontracting – Umsetzungsmodelle für die betrachteten Kundengruppen Siedlungsgenossenschaften, Privatkunden und Großkunden entwickelt, die als Basismodelle für den Contractor dienen sollen und im speziellen Anwendungsfall noch modifiziert werden müssen.

Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse ist auch eine Übertragbarkeit und damit eine Multiplizierbarkeit für andere Regionen gegeben. Konkret können die Ergebnisse des vorliegenden Projektes gemeinsam mit den Energieversorgern BEWAG und BEGAS bzw. BIOENERGIE Burgenland Service GmbH, welche Betreiber von bioenergiebefeuelten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind, umgesetzt werden. Es ist geplant, in weiterer Folge die Realisierung von entsprechenden Modellsystemen vorzunehmen (gemeinsam mit Finanzierungspartner und Konsortialpartner).

Zudem können sich Umsetzungsprojekte infolge der Informationsverbreitung der Projektergebnisse aus dem vorliegenden Forschungsprojekt „BIOENERGIE-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-VERSORGUNG“ in Form von Publikationen, Informationsvorträgen und Fachvorträgen ergeben.

Die wesentlichen Zielgruppen des Projektes sind neben den Energieversorgungsunternehmen (EVU) im Burgenland sowie EVU's in anderen Regionen, welche bioenergiebefeuelte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betreiben, auch Kunden, die neben der Dienstleistung Strom und Wärme auch die Dienstleistung Kälte benötigen. Zudem haben Planer sowie auch Contractor nun Tools zur Verfügung, mit denen man kostengünstig zu einer relativ schnellen Abschätzung der Realisierbarkeit von KWKK-Systemen kommen kann.

## 8. Ausblick und Empfehlungen

Die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in Demonstrationsprojekten im Bereich der bioenergiebetriebene Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssystemen erfolgte im Verwaltungsgebäude des Umweltdienstes Burgenland und im Landeskrankenhaus Oberpullendorf, welche mit einer Absorptionskälteanlage in Verbindung mit dem KWK-System Oberpullendorf ausgestattet sind. Eine weitere Anlage könnte im Landeskrankenhaus Oberwart installiert werden, die dafür notwendige Fernwärmeübergabestation wurde bereits vorgesehen. Für die Umsetzung von weiteren Demonstrationsanlagen müsste ein Energie-Monitoring an den installierten Anlagen durchgeführt werden, um so neue Kenntnisse in der Wechselwirkung zwischen Sorptionsanlage und dem Wärmenetz zu gewinnen. Diese gewonnenen Kenntnisse würden das technische Risiko von zukünftigen Demonstrationsvorhaben erheblich reduzieren.

Das Risiko bei der Realisierung solcher Demonstrationsanlagen wird durch die Involvierung aller relevanten Beteiligten (Kältelieferanten und Kälteabnehmer, Planer,...) verbunden mit intensiver Kommunikation und Information sowie der Anwendung professionellen Projektmanagements auf ein minimales Maß reduziert. Damit verbunden wäre auch eine höhere Akzeptanz der entwickelten Modelle bei den angesprochenen Zielgruppen.

Das ausschlaggebende wirtschaftliche Risiko kann darin liegen, dass bei den derzeitigen Primärenergiepreisen der finanzielle Ansporn zum Einsatz dieser neuen Technologien im Verhältnis zu den erforderlichen Investitionskosten noch zu gering ist. Es ist jedoch bei Beibehaltung des derzeitigen Energiepreistrends absehbar, dass sich dieses Verhältnis kurz- bis mittelfristig zu Gunsten der neuen Technologien verändern wird. Zudem können die entwickelten Kälte-Contracting Modelle zum Einsatz kommen, um so das wirtschaftliche Risiko auf beiden Seiten (Kältelieferant und Kälteabnehmer) zu minimieren.

Die Generierung einer entsprechenden Datengrundlage durch Monitoringmaßnahmen zur Optimierung des „Bewertungstools“ stellt einen wesentlichen Teil des noch erforderlichen Forschungsbedarfs dar. Diese Datengrundlage bildet in weiterer Folge die Basis für die Erstellung von Simulationsmodellen, die als Ergänzung zur energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung eine technische Optimierung des Gesamtsystems zum Ziel hat.

Weiters ist im Bereich der Klimatisierung von Gebäuden noch wenig Literatur hinsichtlich spezifischer Kennzahlen (Kühllast, Kältebedarf) zu finden. In dieser Richtung zeigt sich ein klarer Bedarf an weiterführender Forschung, da der Energiebedarf für die Klimatisierung zusehends an Bedeutung gewinnt.

## 9. Literaturverzeichnis

- [1] Haller, J.: Marktanalyse von Klimakälteverbrauchern in Salzburg, Diplomarbeit, Fachhochschulstudiengänge Burgenland, Studienzentrum Pinkafeld, 2006
- [2] Haidwagner, J.: Marktanalyse von Klimakälteverbrauchern in Graz, Diplomarbeit, Fachhochschulstudiengänge Burgenland, Studienzentrum Pinkafeld, 2005
- [3] Fa. Dimplex: Überschlägige Kühllast-Berechnung für Einzelräume, Formblatt, [www.dimplex.de](http://www.dimplex.de), Download am 12.8.2008
- [4] Kirchoff S., et al.: Der Fragebogen – Datenbasis, Konstruktion und Auswertung, 3. Auflage, Verlag Leske+Budrich UTB, Opladen 2003
- [5] Konrad, K.: Mündliche und schriftliche Befragung – Ein Lehrbuch, 5. Auflage, Verlag Empirische Pädagogik, Landau 2007
- [6] Simader, R., Rakos, C.: Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale, Austrian Energy Agency, 2005
- [7] Fa. Konvekta: Produktinformation, [www.konvekta.ch/syskon/bedarf.pdf](http://www.konvekta.ch/syskon/bedarf.pdf), Download am 13.8.2008
- [8] Eicker, U.: Solare Technologien für Gebäude, Verlag B.G. Teubner, Stuttgart, 2001
- [9] Holzer, P.: Passive Cooling, Präsentation, Zentrum für Bauen und Wohnen, Donau-Universität Krems, [www.eeg.tuwien.ac.at/events/egs/pdf/egs040615\\_holzer.pdf](http://www.eeg.tuwien.ac.at/events/egs/pdf/egs040615_holzer.pdf), Download am 13.8.2008
- [10] Henning, H.-M.: Realisierte solare Kühlanlagen und Nutzungspotentiale, Paper, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, Tagung „Solares Kühlen“, Wirtschaftskammer Österreich, Wien 2004, [www.ise.fhg.de](http://www.ise.fhg.de), Download am 13.8.2008
- [11] Fink, C., et al.: Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, Gleisdorf, 2002, [www.aee-intec.at/0uploads/dateien9.pdf](http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien9.pdf), Download am 13.8.2008
- [12] Wobst, E., et al.: Erdgas Report – Dezentrale Raumkühlung – Ausgangssituation -Stand der Technik-Wirtschaftlichkeit, VNG Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft, Leipzig 2005, [www.verbundnetzplus.de](http://www.verbundnetzplus.de), Download am 14.8.2008
- [13] Blümel, E., et al.: COOLSAN Kältetechnische Sanierungskonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude, Endbericht, Programmlinie Haus der Zukunft, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf, 2005, [www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at), Download am 14.8.2008
- [14] Fa. Axima: Referenzen, [www.axima.at](http://www.axima.at), Download am 14.8.2008
- [15] TB Ing. Bernhard Hammer: Referenzen, [www.tbh.at](http://www.tbh.at), Download am 14.8.2008
- [16] Albring, P.: Kühlen und Klimatisieren mit Abwärme, Präsentation, ILK Dresden, 2004, <http://brennstoffzellen.pitcom.net/upload/dokument65.pdf>, Download am 14.8.2008
- [17] Fa. Gebäudetechnische Planungen Benedikt Förster: Referenzen, [www.gpfoerster.de](http://www.gpfoerster.de), Download am 14.8.2008
- [18] Arsenal Research: Solares Kühlen für Büro- und Dienstleistungsgebäude, Herausgeber: MA 27, Dezember 2007, <http://www.wien.gv.at/wirtschaft/eu-strategie/energie/pdf/solares-kuehlen.pdf>, Download am 2.9.2008

- [19] Fa. Solution: Solarenergie wird auch für Bürogebäude interessant, Zeitungsartikel, Wirtschaftsblatt (7. Juli 2009), [http://www.sol-ution.at/fileadmin/files/presse/Presse\\_ueber\\_SOLution/Wirtschaftsblatt\\_7.7.2006.pdf](http://www.sol-ution.at/fileadmin/files/presse/Presse_ueber_SOLution/Wirtschaftsblatt_7.7.2006.pdf), Download am 8.9.2008
- [20] Radisson SAS Palais: Homepage, [www.radissonsas.com](http://www.radissonsas.com), Download am 14.8.2008
- [21] Messe Wien: Homepage, [www.austria-trend.at](http://www.austria-trend.at), Download am 14.8.2008
- [22] Fa. Altherm: Referenzen, <http://siam.indec.at/altherm/53.pdf>, Download am 14.8.2008
- [23] AKH Wien: Energiebericht 2000, VAMED-KMB Krankenhausmanagement und Betriebsführungsgesellschaft m. b. H., [www.energyagency.at/\(de\)/projekte/uni\\_eb.htm](http://www.energyagency.at/(de)/projekte/uni_eb.htm), Download am 14.8.2008
- [24] Krankenhaus der Barmherzigen Brüder: Homepage, <http://www.barmherzige-brueder.at/content/Wien/Startseite/Aktuelles/article/4919.html>, Download am 19.8.2008
- [25] Orthopädisches Spital Speising: Homepage, [http://www.oss.at/index\\_html?sc=152](http://www.oss.at/index_html?sc=152), Download am 19.8.2008
- [26] Burgenland Mitte: Bericht über KH Oberpullendorf, <http://www.burgenland-mitte.at/content/view/152/30/>, Download am 19.8.2008
- [27] Reschmann, D.: Information per email, am 24.6.2008
- [28] Fa. Nilan: Referenzen, [www.nilan.ch](http://www.nilan.ch), Download am 19.8.2008
- [29] Fa. Altherm (2): Referenzen, <http://siam.indec.at/altherm/4.pdf>, Download am 19.8.2008
- [30] Ortner, H.: Stromeinsparung in der Fleischverarbeitenden Industrie, <http://www.isi.fraunhofer.de/e/publikation/fachartikel/16-Fleisch.pdf>, Download am 19.8.2008
- [31] Artikel im Fachmagazin HLK: Neubau Bahnhof Wien Nord – Planungskonzept erfolgreich umgesetzt, Branchensoftware, Ausgabe 6-7/2006, WEKA-Verlag, [http://www.hlk.co.at/upload/pdf/Fachartikel/HLK\\_6\\_7\\_06\\_Branchensoftware.pdf](http://www.hlk.co.at/upload/pdf/Fachartikel/HLK_6_7_06_Branchensoftware.pdf), Download am 20.8.2008
- [32] Energie Schweiz: Kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung, Publikation, Bern 2002, <http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/publikationen>, Download am 20.8.2008
- [33] Statistik Austria: Gebäude- und Wohnungszählung vom 15. Mai 2001, diverse Gemeinden, <http://www.statistik.at/blickgem/gemList.do?bdl=1>, Downloads im Oktober 2008
- [34] Haas, R., et. al.: Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Energy Economics Group (EEG), Technische Universität Wien, 2007, [http://www.energieklima.at/uploads/media/Endbericht-Waerme-Kaelte-2030-2007-10-16\\_01.pdf](http://www.energieklima.at/uploads/media/Endbericht-Waerme-Kaelte-2030-2007-10-16_01.pdf), Download am 1.9.2008
- [35] Fischer, J.: Strom, Wärme, Kälte – ist KWKK das neue Patentrezept?, Bioenergiekolloquium, Stuttgart 2005
- [36] Eicker, U.: Perspektiven und Entwicklungstendenzen für Solares Kühlen, Drittes Symposium „Solares Kühlen in der Praxis“, HfT Stuttgart, Band 65, 2004
- [37] Schlomann, B., et al.: Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Projektnummer 17/02, Karlsruhe 2004
- [38] Krawinkler, R.; Mini- und Mikro-Blockheizkraftwerke, Wien 2006
- [39] WIFO; Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich, Wien, 2005
- [40] Sander, Th.; Kraft-Wärme-Kopplung: Technische Entwicklung und zukünftige Anwendungsbereiche, TU Dresden, 2006
- [41] Obernberger, I.; Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe, TU Graz, 2000

- [42] Bucar, G. et al; Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze, 2006
- [43] Universität Stuttgart; Kraft-Wärme-Kopplung, Universität Stuttgart, 2007
- [44] Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V. (AGFW); Pluralistische Wärmeversorgung–Zeithorizont 2020, Deutschland, 2000
- [45] TuboCon; Firmenunterlagen – Fernwärme Therme für Wandmontage – Bioenergie Burgenland, TuboCon
- [46] Tubocon; Firmenunterlagen – Fernwärme: TuboCon – FW –TM, Tubocon
- [47] Verbundplan; W-D-Schema-Ausschreibung (Eisenstadt – Rechnitz – Siegendorf), 2005
- [48] TB Riebenbauer – Technische Unterlagen Übergabestationen der Wärmeabnehmer, 2008
- [49] ITW Stuttgart; Workshop – Solare Klimatisierung – Energieoptimiertes Bauen, ITW Stuttgart, 2007
- [50] Jakob, U.; Neue Entwicklungen im Bereich der solaren Kühlung, Deutschland, 2007
- [51] KLG Austria, Einbindungsschema Absorptionskältemaschine UDB GmbH, 2008
- [52] Krottil, R.: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung im Fernwärmesystem Graz, Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Graz, 2001
- [53] Hrsg. AGFW; Pluralistische Wärmeversorgung, Deutschland 2002
- [54] Hrsg. Universität Stuttgart; Energiekonzept für die Zukunft – Das Energiekonzept der Insel Mainau, Deutschland
- [55] Bemmann, U., Schädlich, S.: Contracting Handbuch 2003, Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln, 2002
- [56] Auer, M.: Contracting Fibel – Eine Anleitung zum Handeln, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT), Wien 2003
- [57] Weingrill, W.: Analyse der Vertragsmodelle und Marktteilnehmer der Innovation Contracting, Diplomarbeit, Studiengang Energie- und Umweltmanagement, Fachhochschulstudiengänge Burgenland GmbH, Pinkafeld 2005
- [58] Rispoli, I.-C.: Contracting in der Immobilienwirtschaft, Diplomarbeit, Fachhochschule Nürtingen, Geislingen 2003
- [59] Fa. Trend-Research: Kälte-Contracting – Marktvolumen in Deutschland bis 2015, Potenziale, Erfolgsfaktoren, Wettbewerb, Inhaltsverzeichnis, <http://www.trendresearch.de/studien/09-1023.pdf> , Download am 9.12.2008
- [60] Fa. Trend-Research: Energiedienstleistungen in Österreich bis 2015, Marktpotenziale, Produkte, Wettbewerb, Inhaltverzeichnis, <http://www.trendresearch.de/studien/10-0527.pdf>, Download am 9.12.2008
- [61] Fa. Stadtwerke Crailsheim: Kälte-Contracting, Informationsschrift zum Produkt Kälte-Contracting , <http://www.stw-crailsheim.de/fileadmin/images/web-service/pdfs/Kaelte-Contracting.pdf>, Download am 9.12.2008
- [62] Wirtschaftskammer Österreich: Energiesparen in Betrieben – Ein Leitfaden für innovative Energiedienstleistungen, <http://www.contracting-portal.at/downloads/96.pdf>, Download am 3.12.2008
- [63] Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (Kurztitel), Gesetz über die Gemeinnützigkeit im Wohnungswesen (Langtitel), österreichisches Bundesgesetz vom 29.2.1940, <http://www.ris.bka.gv.at/Bund/>, Download am 10.12.2008

- [64] Eicker, U.: Entwicklungstendenzen und Wirtschaftlichkeit solarthermischer Kühlung, 4. Symposium Solarthermisches Kühlen in der Praxis, Forschungszentrum Nachhaltige Energietechnik zafh.net, Hochschule für Technik Stuttgart, 2006
- [65] Berliner Energieagentur: Machbarkeitsstudie thermische vs. Konventionelle Kälteerzeugung am Bürogebäude Tiefstack der Vattenfall Europe Hamburg, 2008, [http://www.eu-summerheat.net/pdf\\_files/081205\\_MBS\\_HH\\_de\\_final.pdf](http://www.eu-summerheat.net/pdf_files/081205_MBS_HH_de_final.pdf), Download am 3.2.2009
- [66] Fischer, J.: Strom, Wärme, Kälte – ist KWKK das neue Patentrezept?, Bioenergiekolloquium, Stuttgart 2005
- [67] VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume, VDI Richtlinie, 1996
- [68] ÖNORM H6040: Lüftungstechnische Anlagen – Kühllastberechnung, 1997

**Weiterführende Literatur**

- [69] Alexandru, Th., Greiler, E., Kleinberger J.; Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, Graz, 2004
- [70] Simander, G., Rakos, Ch.; Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale, Wien, 2005
- [71] Schmitt, B., Jung, P.; Ganzheitliche Betrachtung der energetischen Holznutzung in Luxemburg, 2003
- [72] Schwarz, W.; Technische und wirtschaftliche Aspekte von Cogeneration – Anlagen in Europa, Diplomarbeit – Karl-Franzens – Universität Graz, 2003
- [73] Carrier, Firmenunterlagen - Absorptionskältemaschinen – 16JB,JH
- [74] BMVIT – Bericht aus Nachhaltig Wirtschaften; Multifunktionale Energieversorgung in Städten, Wien, 2007
- [75] Kötting, J.; Biomasse – Heizkraftwerke mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK), Neuried, 1999
- [76] Lokurlu, A.; Optionen der solaren Kühlung und gewerbliche Anwendungen, SOLITEM GmbH

## 10. Anhang

### A1 – Abkürzungsverzeichnis

AbKM	Absorptionskältemaschine
AG	Ausdehnungsgefäß
AKH	Allgemeines Krankenhaus
BEGAS	Burgenländische Erdgasversorgungs-AG
BEWAG	Burgenländische Elektrizitätswirtschafts Aktiengesellschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
Bio	Bioenergie
BWE	Brennstoffwärmeenergie
BWL	Brennstoffwärmeleistung
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COP	Coefficient of Performance
DEC	Desiccant Evaporative Cooling
DN	Normdurchmesser
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FB	Fragebogen
FITQ	Durchflussmessung und Anzeige
FPdC	Durchfluss- und Differenzdruckregler
FW	Fernwärme
FWÜ	Fernwärmeübergabestation
GMORC	Gasmotor ORC-Prozess
H <sub>2</sub> O	Wasser
HD	Hochdruck
HEIKO	Heizkondensator
iL	interne Last
KH	Krankenhaus
KLG	Kälte Lüftung Gastro
KMR	Kunststoffverbundmantelrohr
KRAGES	Burgenländische Krankenanstalten-Gesellschaft m.b.H.
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
LiBr	Lithiumbromid
M	Motor
MMR	flexible Mantelmediumrohr

## Fortsetzung Abkürzungsverzeichnis

MRG	Mietrechtsgesetz
n	Anzahl
ND	Niederdruck
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
oG	obere Grenze
ORC	Organic Rankine Cycle
OSG	Oberwarter gemein. Bau-, Wohn- und Siedlungsgenossenschaft
PB	Polybutan
PE	Polyethylen
PI	Druckanzeige
PMR	flexible Kunststoffmediumrohr
PUR	Polyurethan
RL	Rücklauf
TE	Temperaturaufnehmer
TI	Temperaturanzeige
TS	Teilstrecke
TT	Temperaturmessumformer
TY	Temperaturdifferenzberechnung
UCTE	Union for the coordination of transmission of electricity
UDB	Umweltdienst Burgenland
uG	untere Grenze
ÜGST	Übergabestation
UTQ	Wärmemengenzähler
VL	Vorlauf
WGG	Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz
WT	Wärmetauscher

## A2 – Formelverzeichnis

$\dot{m}$	Massenstrom Brennstoff
$\dot{Q}$	Wärmeleistung
$\psi$	Auslastungsgrad
$\zeta$	exergetischer Wirkungsgrad bzw. Wärmeverhältnis
$\sigma$	Stromkennzahl
$\eta$	Wirkungsgrad
a	Nutzungsgrad
E	Exergieinhalt
H	Heizwert
P	Leistung
T	Temperatur
W	Energie

## A3 – Indexverzeichnis

Br	Brennstoff
el	elektrisch
ges	gesamt
H	Heizung
K	Kälte
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
O	Kälte
th	thermisch
U	Umgebung
u	unterer
W	Wärme
WW	Warmwasserbereitung



## B2 – Aussendung der Fragebögen an die Projektpartner

Tab. B.1: Aussendungen der Fragebögen

Projektpartner	Objekte	Gebäudetyp
Bewag	Firmensitz Eisenstadt	Büro
Krages	KH Oberwart	Krankenhaus
	KH Oberpullendorf	
	KH Güssing	
	weitere KHs über Kontakte der Krages durch Aussendung von Hrn. Reschmann (Krages)	
OSG	Firmensitz Oberwart	Büro
	GIP Groß Petersdorf	Hotel
	Wohn- und Geschäftshaus Güssing	Kaufhaus
UDB	Firmensitz Oberpullendorf	Büro

### B3 – Kennzahlen

Tab. B.2: Spezifische Kennzahlen für Bürogebäude

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Zu kühlende Fläche [m <sup>2</sup> ]	Kühllast [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Quelle
Ökopark Hartberg 1		281		30	107*	[6]
Ökopark Hartberg 2		1.600	96	100	60*	[6]
Erfahrungswerte					50-60	[6]
Beispiel Bürogebäude		4.000			47	[7]
Durchschnittswert					50	[8]
Mittelwert aus Variantenstudie (27°C Solltemp.)					38*	[9]
Mittelwert aus Variantenstudie (22°C Solltemp.)					51*	[9]
Parameterstudie Freiburg	930			46,9	29* <sup>#</sup>	[10]
Referenzbürogebäude		756	41,39		55	[11]
Häufigkeitswert für 75% der Bürogebäude					40-50	[12]
Mittelwertbereich aus Kennwerte bei Vollverschattung					44-56*	[12]
Mittelwertbereich aus Kennwerte bei Teilverschattung					66-78*	[12]
Objekt 1					54	[13]
Objekt 2					37	[13]
Objekt 3					39	[13]
Objekt 4					69	[13]
Objekt 5					59	[13]
Objekt 6					75	[13]
Objekt 7					55	[13]
Objekt 8					57	[13]
Objekt 9					43	[13]
Objekt 10					78	[13]
Objekt 11					55	[13]
Objekt 12					59	[13]
Objekt 13					39	[13]
Objekt 14					72	[13]
Objekt 15					42	[13]
Tech Gate Vienna	20.000		1.500		75* <sup>#</sup>	[14]

**Fortsetzung Tab.B.2:**

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Zu kühlende Fläche [m <sup>2</sup> ]	Kühlleistung [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Quelle
T-Center St. Marx	134.000		7.500		56* <sup>#</sup>	[13]
Raiffeisenverband Stmk.	1.840		95		52* <sup>#</sup>	[15]
Anhaltswerte					48-61	[16]
Verwaltungsgebäude Bitburg	1.400			55	39* <sup>#</sup>	[17]
Bereich von Kennwerten					25-89	[18]
Firmensitz UDB	1.645	1.135		70	62*	FB_5
Büro Solution		350		15	43*	[18],[19]
Büro in Hartberg (Pöllau)		680	42	75	62*	FB_11
Büro in Sofia, Bulgarien	44.000	39.200	2.040		52*	FB_12
Büro in Hartberg	1.700	1.250	75		60*	FB_13

**Tab. B.3:** Spezifische Kennzahlen für Hotels

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Betten [Stück]	Kühlleistung [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Kennzahl [kW/Bett]	Quelle
Parameterstudie Freiburg	643			26,3	41* <sup>#</sup>		[10]
Mittelwertbereich aus Kennwerte bei Vollverschattung					44-56*		[12]
Mittelwertbereich aus Kennwerte bei Teilverschattung					66-78*		[12]
Radisson SAS Palais		494** <sup>+</sup>	1.220			2,5*	[14][20]
Messe Wien		486 <sup>+</sup>	565			1,2*	[14],[21]
Dungl Intern.-Schulungs- und Therapiezentrum	2.000		165		83* <sup>#</sup>		[22]
GIP							
Hotel in Graz	3828	216		116	30*	0,5	FB_6
Hotel in Wien	10150	682	550	513	54*	0,8	FB_7
Hotel in Wien	964	827	64,2		78*		FB_14
Hotel in Burgenland	4428 (gekühlte Fl.)	173		357,2	81*	2,1*	FB_15

\* aus Quelle berechnet

# Bezug nicht eindeutig, d.h. Fläche nicht eindeutig der Gesamtfläche oder der zu kühlenden Fläche zuordenbar

FB...Fragebogen

\*\* Zimmeranzahl mal 2 = geschätzte Bettenanzahl

+ Gesamtbettenanzahl

**Tab. B.4:** Spezifische Kennzahlen für Krankenhäuser

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Betten [Stück]	Kühllast [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Kennzahl [kW/Bett]	Quelle
AKH Wien, Jahr 2000	800.000	2.165 <sup>+</sup>		58.000	73 <sup>*,##</sup>	26,8*	[23]
Barmherzige Brüder	41.200	400 <sup>+</sup>	674		16 <sup>*,##</sup>	1,7*	[14], [24]
Orthopädisches Spital Speising		280 <sup>+</sup>	900			3,2*	[14], [25]
Orthopädisches Spital Speising	8.600	280 <sup>+</sup>	820		95 <sup>*,##</sup>	2,9*	[22], [25]
Krankenhaus Oberwart	30.000	420	2.300	1.930	77 <sup>*,##</sup>	3,8*	FB_1
	18.000 (gekühlte Fl.)				128*		
Krankenhaus Oberpullendorf	18.500	243 <sup>+</sup>		240	13 <sup>*,##</sup>	1,0*	FB_2, [26]
	3.000 (gekühlte Fl.)				80*		
Rehabilitationszentrum	14.920	176 <sup>+</sup>		330	22*	1,9*	FB_3
	ca. 4.973 (gekühlte Fl.)				66*		
Therapiezentrum	ca. 7.900	126 <sup>+</sup>		130	16*	1,0*	FB_4
	ca. 833 (gekühlte Fl.)				156*		
Privatklinik in Wien	ca. 9.000	90		325	36 <sup>*,##</sup>	3,6*	FB_8
	ca. 2.000 (gekühlte Fl.)				163*		
Krankenhaus Güssing	ca. 10.000	160		374	37 <sup>*,##</sup>	2,3*	FB_9
	ca. 1.850 (gekühlte Fl.)				202*		
Krankenhaus in Kärnten	ca. 9.000		873		97 <sup>*,##</sup>		FB_10
	ca. 3.000 (gekühlte Fl.)				291*		
Kennwerte für Ambulanzen					50-70 (interne Last)		[27]

\* aus Quelle berechnet

## auf Gesamtfläche bezogen

+ Gesamtbettenanzahl

**Tab. B.5:** Spezifische Kennzahlen für Einkaufszentren und Kaufhäuser

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Zu kühlende Fläche [m <sup>2</sup> ]	Kühllast [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Quelle
Nova Lund, Schweden	25.000				60-70 (interne Last)	[28]
Einkaufszentrum Salzburg		28.000		1.950	70*	[6]
Shopolis, Klagenfurt		20.000	1.800		90*	[14]
Intersport Eybl, Austria		15.000	620		41*	[14]
Einkaufszentrum Leibnitz	17.000			1.150	68* <sup>#</sup>	[15]
Möbelhaus Rutar, Klagenfurt	35.000			1.200	34* <sup>#</sup>	[15]
Kennwerte für Warenhaus					78	[12]
Mittelwert aus Kennwerte für Verkaufseinrichtung- Allgemein, vollverschattet (teilverschattet)					93 (128)	[12]
Mittelwert aus Kennwerte für Verkaufseinrichtung- elektr. Geräte, vollverschattet (teilverschattet)					138 (173)	[12]
Mittelwert aus Kennwerte für Verkaufseinrichtung- Möbel, Hausrat, vollverschattet (teilverschattet)					83 (118)	[12]
Möbelhaus 1	37.539	29.127		362	12*	FB_15
Möbelhaus 2	31.195	24.742		674	27*	FB_16
Möbelhaus 3		19.678	1.000	538	51*	FB_17

\* aus Quelle berechnet

<sup>#</sup> Bezug nicht eindeutig, d.h. Fläche nicht eindeutig der Gesamtfläche oder der zu kühlenden Fläche zuordenbar

**Tab. B.6:** Spezifische Kennzahlen für Industriebetriebe

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Zu kühlende Fläche [m <sup>2</sup> ]	Kühllast [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Quelle
Miba, Vorchdorf – Produkte für Automobilindustrie	14.000			1.300	93*. <sup>#</sup>	[29]
CP/O Anlage UTW EBS – Abfallindustrie	1.200		100		83*. <sup>#</sup>	[29]
Europapier Bratislava – Papierindustrie	3.800		60		16*. <sup>#</sup>	[29]
Mediaprint – Druckerei	34.400		3.877		113*. <sup>#</sup>	[14]
Kenngrößen für fleischverarbeitende Industrie		5.500	1.550		282*	[30]

**Tab. B.7:** Spezifische Kennzahlen für sonstige Gebäudetypen

Objekt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Zu kühlende Fläche [m <sup>2</sup> ]	Kühllast [kW]	Kälteleistung [kW]	Kennzahl [W/m <sup>2</sup> ]	Quelle
Bahnhof Wien Nord	21.000		1.800		86*. <sup>#</sup>	[31]
Hauptbahnhof Zürich	150.000			3.115	21*. <sup>##</sup>	[32]
Kennwert für Museum					70	[12]
Museum – Haus der Musik, Wien	1.900		510		268*. <sup>#</sup>	[14]
Therme – Römertherme Baden	8.300		1.510		182*. <sup>#</sup>	[22]
Kulturhalle	1.820	1.185	165	181	139*	FB_8
Veranstaltungsgebäude – Redoutensäle Wien	7.783		450		58*. <sup>#</sup>	[14]
Anhaltswert für Tagungsraum vollklimatisiert					147	[16]
Wohnung teilklimatisiert					40	[16]
Mittelwert aus Kennwerte für Wohnung teilklimatisiert, vollverschattet					36*	[12]
Mittelwert aus Kennwerte für Wohnung teilklimatisiert, teilverschattet					58*	[12]

\* aus Quelle berechnet

# Bezug nicht eindeutig, d.h. Fläche nicht eindeutig der Gesamtfläche oder der zu kühlenden Fläche zuordenbar

## auf Gesamtfläche bezogen

## B4 – Fragebogen in elektronischer Form (Access-Datei)

<b>Datenerfassung Kältepotential</b>		
<b>Kunde</b> <input type="text" value="Mustermann"/>		
Adresse: <input type="text" value="Musterstraße 7, 7320 Musterdorf"/>		
Kundennummer:	<input type="text" value="3798"/>	
Fernwärmeanschluss:	<input type="text" value="30 kW"/>	
Fernwärme im Sommer?:	<input type="button" value="Ja"/>	Gebäudetyp <input type="button" value="Büro"/>
Baujahr des Gebäudes	<input type="text" value="1995"/>	Bauart des Gebäudes <input type="button" value="mittel"/> Bruttofläche <input type="text" value="300 m²"/>
<b>Kühlung</b>		
Ist im Gebäude eine Kühlung vorhanden?: <input type="button" value="Ja"/>		
<b>wenn ja:</b>		
Wie groß ist die Kühllast?	<input type="text" value="12 kW"/>	Wieviel Fläche wird gekühlt? <input type="text" value="281 m²"/>
Wie wird die Kälte erzeugt?	<input type="button" value="Kompressionsmaschine"/>	Wie erfolgt die Kälteabgabe? <input type="button" value="Kühlgitter"/>
Kälteleistung der Kältemaschine(n)?	<input type="text" value="20 kW"/>	Baujahr der Kältemaschine(n)? <input type="text" value="1996"/>
Betriebsweise der Kältemaschine(n)?	<input type="button" value="Sommer"/>	Free-Cooling?: <input type="button" value="Nein"/>
Wo verwenden Sie Kälte?	1. <input type="button" value="Büro"/> 2. <input type="button" value="EDV"/> 3. <input type="button" value=""/>	
Wieviele Arbeitsplätze befinden sich im Kühlbereich?	<input type="text" value="30"/>	bzw Personen? <input type="text" value="30"/> bzw Betten? <input type="text" value="0"/>
<b>Heizung</b>		
Wie groß ist die Heizlast des Gebäudes?	<input type="text" value="25 kW"/>	Energieverbrauch pro Jahr <input type="text" value="45000 kWh"/>
Leistung der(-s) Wärmeerzeuger(-s)?	<input type="text" value="0 kW"/>	Energieträger <input type="button" value=""/>
Wieviel Fläche wird beheizt?	<input type="text" value="300 m²"/>	
<b>Danke für die Teilnahme!</b>		
Einsatz: <input type="button" value="1"/> von 1		

## Auswertung Fragebögen

### Gebäudetyp Büro

Kunde	kW	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Hauser	21,0	55,3	44,2
AC	58,0	68,2	54,6
Gustav GmbH	17,0	53,1	42,5
Son Kg.	32,0	51,5	41,2
Rust	35,0	53,8	43,1
T Center	20,0	25,0	20,0
Bank	31,0	44,3	35,4
BaugmbH	12,0	42,7	34,2

Zusammenfassung Gebäudetyp Büro (8 Datensätze):

Summe	226,0		
Mittelwert	28,3	49,2	39,4
Standardabweichung	14,5	12,5	10,0

Mittelwert Nutzfläche 598,9 m<sup>2</sup>

### Gebäudetyp Hotel

Kunde	kW	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
-------	----	------------------	--------------------

## B6 – Anzahl der Gebäude je Gebäudetyp am Bsp. Eisenstadt [33]

**STATISTIK  
AUSTRIA**

**Gebäude- und Wohnungszählung  
vom 15. Mai 2001**

**Gemeinde: Eisenstadt (10101)**

Merkmal	Zusammen	%	Merkmal	Zusammen	%
<b>Gebäude insgesamt</b>	3.304	100,0			
	in %	100,0			
<b>Art des Gebäudes</b>			<b>Gebäudezentralheizung</b>		
Wohngebäude mit ...			Zentralheizung (Fernwärme)	24	0,7
1 od. 2 Wohnungen	2.300	69,6	Zentralheizung (Blockheizung, Biomassefernwärme)	15	0,5
3 bis 10 Wohnungen	199	6,0	Hauszentralheizung	2.454	74,3
11 od. mehr Wohnungen	93	2,8	keine Zentralheizung	811	24,5
Wohngebäude von Gemeinschaften	15	0,5			
Nichtwohngebäude (CC)	697	21,1			
<b>Eigentümer des Gebäudes</b>			<b>Brennstoff / Energieträger zur Gebäudebeheizung</b>		
Privatperson/en	2.705	81,9	Heizöl	442	13,4
Gebietskörperschaft	106	3,2	Holz	229	6,9
Gemeinnützige Bauvereinigung	223	6,7	Hackschnitzel, Sägespäne, Pellets, Stroh	8	0,2
sonstige juristische Person	270	8,2	Kohle, Koks, Briketts	15	0,5
			Elektrischer Strom	232	7,0
<b>Staatsbürgerschaft des Gebäudeeigentümers</b>			Gas	1.522	46,1
Inländer	3.273	99,1	Alternative Wärmebereitstellungs- systeme (Solar, Wärmepumpe usw.)	21	0,6
Ausländer: sonst. EU- u. anderer Staat (ohne österr. Beteiligung)	15	0,5	Sonstiger Brennstoff	0	0,0
In-u. Ausländer als Miteigentümer (mit österr. Beteiligung)	16	0,5	Fernwärme	24	0,7
			Gebäude nicht zentralbeheizt	811	24,5
<b>Überwiegende Nutzung des Gebäudes</b>			<b>Nachträgliche bauliche Maßnahmen</b>		
Wohngebäude mit 1 oder 2 Wohnungen	2.300	69,6	<b>(bezogen auf die Gesamtzahl der Gebäude)</b>		
Wohngebäude mit 3 oder mehr Wohnungen	292	8,8	Dachneudeckung	344	10,4
Wohngebäude von Gemeinschaften	15	0,5	Erneuerung der Fenster im überwiegenden Teil des Gebäudes	516	15,6
Hotel oder ähnliche Gebäude	31	0,9	Einbau einer neuen Zentralheizung für das ganze Gebäude	252	7,6
Bürogebäude	153	4,6	Fassadenerneuerung mit Wärmedämmung	347	10,5
Gebäude des Groß- oder Einzelhandels	124	3,8	Anschluss an das Kanalnetz	105	3,2
Gebäude des Verkehrs- oder Nachrichtenwesens	6	0,2			
Werkstätte, Industrie- oder Lagerhalle	142	4,3			
Gebäude für Kultur/Freizeit, Bildungs/Gesundheitswesen	45	1,4			
Sonstiges Gebäude	196	5,9			

## C – Hersteller von Stirlingmotoren, Mikrogasturbinen, Dampfkolbenmotoren und Gasmotoren

Tab. C.1: Hersteller von Stirlingmotoren [38]

Hersteller	Anschrift	Kontakt
<b>SOLO STIRLING GmbH</b>	Stuttgarter Str. 41 Postfach 60 01 52 D-71050 Sindelfingen	Tel: +49 7031 301-0 <a href="http://www.stirling-engine.de">www.stirling-engine.de</a>
<b>Whisper Tech</b>	224 Armagh Street Christchurch New Zealand	Tel: +64 3 363 9293 <a href="http://www.whispergen.com">www.whispergen.com</a>
<b>SUNMACHINE Vertriebsgesellschaft mbH</b>	Daimlerstraße 21 87437 Kempten Deutschland	Tel: +49 0 831 / 540 77 77 <a href="http://www.sunmachine.com">www.sunmachine.com</a>
<b>Microgen Energy Limited</b>	Minerva Business Park Lynch Wood, Peterborough PE2 6FT UK	Tel: +44 1733 361002 <a href="http://www.microgen.com">www.microgen.com</a>
<b>Menag Energie AG</b>	Bachmatten 5 CH-4435 Niederdorf Schweiz	Tel.: +41 61 956 2500 <a href="http://www.menaggroup.com/de/">www.menaggroup.com/de/</a>
<b>STM Power</b>	275 Metty Drive Ann Arbor MI 48103 USA	<a href="http://www.stmpower.com">www.stmpower.com</a>
<b>STIRLING SYSTEMS AG</b>	Säntisstrasse 50 CH-8200 Schaffhausen Schweiz	Tel: +41 52 625 54 54 <a href="http://www.sticore.com">www.sticore.com</a> <a href="http://www.stirlingsystems.com">www.stirlingsystems.com</a>
<b>BBT Thermotechnik GmbH</b>	Sophienstraße 30 - 32 35573 Wetzlar Deutschland	Tel: +49 6441418 1739 <a href="http://www.bbtthermotechnik.com">www.bbtthermotechnik.com</a>
<b>Epas ressourcen-schonende Produkte GmbH</b>	Zweinaundorfer Str. 207 D-04316 Leipzig	Tel: +49-3 41/9 90-3843 <a href="http://www.epas-gmbh.com">www.epas-gmbh.com</a>
<b>Enatec micro-cogen B.V.</b>	P.O. Box 105 NL 7130 AC Lichtenvoorde Niederlande	Tel.: +31 54439 1844 <a href="http://www.enatec.com">www.enatec.com</a> <a href="http://www.rinnai.co.jp/en/index.html">www.rinnai.co.jp/en/index.html</a> <a href="http://www.infiniacorp.com/main.htm">www.infiniacorp.com/main.htm</a>

**Tab. C.2:** Hersteller von Mikrogasturbinen [38]

<b>Hersteller</b>	<b>Anschrift</b>	<b>Kontakt</b>
<b>CAPSTONE TURBINE CORPORATION</b>	21211 Nordhoff Street Chatsworth, CA 91311 USA	Tel: +1 818.734.5300 <a href="http://www.capstoneturbine.com">www.capstoneturbine.com</a>
<b>Turbec S.p.A.</b>	Head office Via Statale, 20/A 440 40 Corporeno (FE) Italy	Tel: +39 0516835273 <a href="http://www.turbec.com">www.turbec.com</a>
<b>Bowman Power Group Limited</b>	Ocean Quay Belvidere Road Southampton Hampshire UK, SO14 5QY	Tel: +44 23 8023 6700 <a href="http://www.bowmanpower.co.uk">www.bowmanpower.co.uk</a>
<b>Elliott Energy Systems, Inc.</b>	2901 S.E. Monroe Street Stuart, FL 34997 USA	Tel: +1 772 219 9449 <a href="http://www.elliottmicroturbines.com">www.elliottmicroturbines.com</a>
<b>Ingersoll Rand Energy Systems</b>	800-A Beaty Street, Davidson North Carolina 28036 USA	Tel: +1 877 477 6937 <a href="http://www.irenergysystems.com">www.irenergysystems.com</a>
<b>Kohler Power Systems</b>	444 Highland Drive Kohler, WI 53044 USA	<a href="http://www.kohlerpowersystems.com/onsite.html">www.kohlerpowersystems.com/onsite.html</a>
<b>UTC Power</b>	195 Governor's Windsor South Windsor, CT 06074 USA	<a href="http://www.utcpower.com">www.utcpower.com</a>
<b>KAWASAKI Gas Turbine Europe GmbH</b>	Nehringstrasse 15 61352 Bad Homburg Germany	<a href="http://www.kawasaki-gasturbine.de">www.kawasaki-gasturbine.de</a>
<b>Toyota Turbine and Systems</b>		<a href="http://www.toyota-turbine.co.jp">www.toyota-turbine.co.jp</a>
<b>Micro Turbine Technology B. V. Azimuth Technology Management B.V.</b>	Nonneveld 585 4811 DT Breda The Netherlands	Tel: +31 76 521 68 78 <a href="http://www.mtt-eu.com">www.mtt-eu.com</a>

**Tab. C.3:** Hersteller von Dampfkolbenmotoren [38]

<b>Hersteller</b>	<b>Anschrift</b>	<b>Kontakt</b>
<b>Spilling Energie System GmbH</b>	Werftstrasse 5 D-20457 Hamburg	Tel: +49 (0) 40-789175-0 <a href="http://www.spilling.de">www.spilling.de</a>
<b>OTAG Vertriebs GmbH &amp; Co.KG</b>	Zur Hammerbrücke 9 D-59939 Olsberg	Tel: +49 29 62 / 88 13 39 <a href="http://www.otag.de">www.otag.de</a>
<b>Button Energy Energiesysteme GmbH</b>	Gurkgasse 16 A-1140 Wien	Tel: +43 1-983 30 46 <a href="http://www.buttonenergy.at">www.buttonenergy.at</a>

**Tab. C.4:** Hersteller von Gasmotoren im kleinen Leistungsbereich [38]

<b>Hersteller</b>	<b>Anschrift</b>	<b>Kontakt</b>
<b>SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH</b>	Carl-Zeiss-Straße 18 D - 97424 Schweinfurt	Tel: +49 9721/651-0 <a href="http://www.senertec.de">www.senertec.de</a>
<b>PowerPlus Technologies GmbH</b>	Fasaneninsel 20 D - 07548 Gera	Tel: +49 365 / 830403-00 <a href="http://www.ecopower.de">www.ecopower.de</a>
<b>Honda Motor Europe (North) GmbH</b>	Kundenzentrale Postfach 200222 D - 63077 Offenbach	Tel: +49 01805 20 20 90 <a href="http://www.honda.de">www.honda.de</a>

## D – Hersteller von Sorptionskälteanlagen (aus Firmenunterlagen entnommen)

Hersteller	Leistungsbereich [kW]	Stoffpaar	Antrieb	Aus-treiber-temperatur [°C]	Kalt-wasser-temperatur [°C]	Kühl-wasser-temperatur [°C]	Stufen-zahl	COP
Aprovis Energy Systems GmbH	100 – 1.500	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Heizwasser/ Dampf	95 – 110	-5/+1 +2/+8	k.A.	Einstufig	0,55
Axima Refrigeration GmbH	400 – 5.500	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	85 – 125 Dampf 3 bar	6/12	k.A.	Ein- und zweistufig	0,72 1,25
Carrier GmbH&CO KG/Sanyo	130 – 2.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	100	7/12	32	Einstufig	0,7
	352 – 2.461	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Dampf	120	7/12		Einstufig	0,75
EAW – Energieanlagenbau Westenfeld GmbH	15 – 200	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	78 – 95	6/12	27 – 30	Einstufig	0,75
Colibri b.v.	ab 150	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Heizwasser/ Dampf	90 – 180	bis – 50	31	Einstufig	0,35 – 0,42
GfKK Gesellschaft für Kälte-Klimatechnik mbH	200 – 4.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	85 – 130 Dampf 3 bar	7/12	k.A.	Ein- und zweistufig	0,75 1,2
GasKlima GmbH (Vertrieb von Broad A.C)	105 – 11.630	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	85 – 130 Dampf 3 bar	7/12		Ein- und zweistufig	0,75 1,2
Mattes AG Absorptions-kälte	400 – 10.000	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Heizwasser/ Dampf	90 – 180 5 bar	bis – 50	25	Einstufig	0,36 – 0,42
Trane Deutschland GmbH	390 – 6.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	85 – 125	7/12	29	Einstufig	0,75
	1.270 – 6.060	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Dampf	3 bar	7/12		Zwei-stufig	1,2
Weir Entropie GmbH	280 – 10.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	90 – 115 Dampf 3 bar	6 - 10/ 12 - 16	27	Ein- und zweistufig	0,75 1,2
York Deutschland GmbH	200 – 4.850	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	80 – 135	7/12	24 - 34	Einstufig	0,67
	1.000 – 2.370	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Dampf	3 bar	7/12	24 - 34	Zweistufig	1,2

**Fortsetzung:**

Hersteller	Leistungsbereich [kW]	Stoffpaar	Antrieb	Aus-treiber-temperatur [°C]	Kalt-wasser-temperatur [°C]	Kühl-wasser-temperatur [°C]	Stufen-zahl	COP
LS Cable/ Baxter Engineering Ltd	70 - 3.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser/ Dampf	85 – 105 1 – 2,5 bar	7/12	31	Einstufig	k.A.
	175- 5.000	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Direktbef./ Dampf	3,5 – 8 bar	8/13		Zwei- stufig	k.A.
ROBUR	17,72- 162,5	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Direktbef.	80	3 - 7,2	k.A.	Einstufig	
Mayekawa	50 - 353	Silica- gel/ H <sub>2</sub> O	Heizwasser	60 – 90	3 – 18	25 - 32	Einstufig	0,5 - 0,68
Albring Industriever- tretung GmbH	50 - 500	Silica- gel/ H <sub>2</sub> O	Heizwasser	50 – 90	3/9	k.A.	Einstufig	0,5 - 0,7
Nishiyodo	71 - 352	Silica- gel/ H <sub>2</sub> O	Heizwasser	60 - 100	5/9	28 – 32	Einstufig	0,6

### Hersteller von Sorptionskälteanlagen im kleinen Leistungsbereich nach [49] [50]

Hersteller	Leistungsbereich [kW]	Stoffpaar	Antrieb	Aus-treiber-temperatur [°C]	Kalt-wasser-temperatur [°C]	Kühl-wasser-temperatur [°C]	Stufen-zahl	COP
Pink/Solar Next	5 - 20	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Heizwasser	78 – 85	6/12	24	Einstufig	0,65
Rotartica	4,5	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	80 – 120	7/12	30	Einstufig	0,42
AoSol	8	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Heizwasser	k.A.	k.A.	k.A.	Einstufig	k.A.
Yazaki	17,5- 105	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	75 – 95	7/12,5	31 - 35	Einstufig	0,7
ClimateWell	10	H <sub>2</sub> O/ LiCl	Heizwasser	65 – 105	7(18)/12	20 – 40	Einstufig	0,68
HelioPlus	16,9- 18,4	NH <sub>3</sub> / H <sub>2</sub> O	Direktbef.	k.A.	-2 – 45/ -5 – 3	25 – 65 (Konden-satoraus-tritt)	Einstufig	ca. 0,7
Sonnen-klima	10	H <sub>2</sub> O/ LiBr	Heizwasser	75 - 95	6/12 15(18)/ 18(20)	27 – 35	Einstufig	0,78
Sortech AG	5,5 – 7,5	Silica-gel/ H <sub>2</sub> O Zeo-lith/ H <sub>2</sub> O	Heizwasser	65 – 90	8/15 (14)	20 – 35	Einstufig	0,5 - 0,6

## E – Kältecontracting



### Kälte-Contracting

Auf Kälteanlagen müssen Sie sich vollständig verlassen können. Für diese Sicherheit sowie einen energieeffizienten und gesetzeskonformen Betrieb sind modernste Kälteanlagen notwendig. Die Stadtwerke Crailsheim erarbeiten eine speziell auf Ihren Bedarf zugeschnittene Komplettlösung – ohne dass sie dafür Investitionen tätigen müssen: Beim Kälte-Contracting bauen oder modernisieren unsere Experten zusammen mit dem Fachhandwerk eine optimal ausgelegte Kälteanlage und übernehmen deren Energieversorgung. Dank diesem Rundum-sorglos-Paket erhalten Sie Kälte frei Haus und können sich voll und ganz auf Ihr Kerngeschäft konzentrieren.

#### Unsere Leistungen

- Unsere Experten analysieren den Ist- und Soll-Zustand Ihres Kältebedarfs und machen eine Bestandsaufnahme der bereits vorhandenen Anlagentechnik.
- Anschließend erhalten Sie eine umfassende Beratung zu Energiesparmöglichkeiten und neuen Technologien.
- Auf dieser Grundlage erstellen wir eine Gesamtanlage - mit Risikominimierung bei optimierter Wirtschaftlichkeit.
- Projektierung der Anlage mit modernsten Techniken in Zusammenarbeit mit Fachbetrieben.
- Die Stadtwerke Crailsheim übernehmen die Koordinierung aller notwendigen Aufgaben mit der Bank, dem Planer, dem Anlagenbauer, den Wartungsfirmen, Behörden, der Versicherung sowie Verwaltung. Durch die Abwicklung aus einer Hand entstehen Synergieeffekte und Kostenvorteile.
- Regelmäßige Inspektion und Wartung sowie Sicherheit durch unseren Rund-um-die-Uhr-Bereitschaftsdienst.
- Bei Bedarf ist auch eine Fernüberwachung und Fernbedienung der Kältestation möglich. Im Falle des Falles ist ein Servicetechniker sofort zu Stelle.
- Schutz vor Veralterung der Anlage.
- Vier statt der gesetzlich vorgeschriebenen zwei Jahre volle Garantie auf die technischen Anlagen.
- Ihnen stehen zwei Finanzierungskonzepte zur Wahl:

#### **Laufzeitabhängiges Contracting-Modell**

Sie zahlen lediglich eine festgelegte Contracting-Rate, die individuell und flexibel vereinbart wird. Die monatliche Belastung ist damit für die gesamte Laufzeit planbar.

#### **Verbrauchsabhängiges Contracting-Modell**

Pro bezogener Kilowattstunde Kälte-Energie zahlen Sie einen individuell vereinbarten Arbeitspreis sowie einen Grundpreis für die Bereitstellung der Anlage.

Nach Ablauf des Contracting-Vertrages geht die Anlage zum vertraglich vereinbarten Restwert in das Eigentum des Kunden über.

#### Ihre Vorteile

- Keine Investitionskosten für Sie.
- Volle Kostenkontrolle und -transparenz.
- Nur monatliche Contracting-Raten, die als Betriebsausgaben absetzbar und bilanzneutral sind.
- Durch den Einsatz effizienter und energiesparender Technik niedrigere Energiekosten.
- Kapazitätsanpassungen auch während der Vertragslaufzeit möglich.
- Hohe Versorgungssicherheit.
- Senkung des Primärenergieverbrauchs und dadurch imagewirksamer Beitrag zum Umweltschutz.

**Abb. E.1:** Kälte-Contracting Angebot einer Firma, Bsp. Stadtwerke Crailsheim [61]