



Supermärkte als Energiezentralen

M. Peritsch

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

2/2006

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>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Währinger Straße 121/3, A-1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Supermärkte als Energiezentralen

DI Dr. Manfred Peritsch

IMG Innovation-Management-Group GmbH

Wien, Jänner 2006

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. Durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die **Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret"** soll dies gewährleistet werden.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	1
1 Einleitung	15
1.1 Ausgangssituation und Vision	15
1.2 Projektpartner und Arbeitspaketverantwortlichkeiten	16
1.3 Energiemanagement der SPAR Handelswaren AG.....	16
1.4 Aufbau des Endberichtes.....	19
2 Projektziele und Grad der Zielerreichung	21
2.1 Projektziele	21
2.2 Grad der Zielerreichung	22
3 Inhalte und Ergebnisse	25
3.1 Erhebung der IST-Situation	25
3.1.1 Studie über Energiefluss und Energieeffizienzpotenziale von Lebensmittelmärkten.....	25
3.1.1.1 Raumwärme	27
3.1.1.2 Warmwasserversorgung	37
3.1.1.3 Gewerbekälte.....	40
3.1.1.4 Lüftung und Klimatisierung	64
3.1.1.5 Elektrische Verbraucher.....	71
3.1.1.6 Energiebezugskosten	75
3.1.1.7 Zusammenfassung der Energieflussberechnungen.....	89
3.1.1.8 Energieflussbilder (Sankey Diagramme).....	91
3.1.2 Studie über das energetische Umfeld und mögliche Einbindung in lokale Energienetze.....	103
3.1.3 Ergebnisse der Erhebung rechtlicher und kommerzieller Parameter	108
3.1.4 Studie über Stand der Technik für alternative Kältetechnikanlagen.....	109
3.1.4.1 Überblick über verfügbare Technologien	109
3.1.4.2 Stand der Technik: Technologien für gewerbliche Kälteerzeugung	118
3.1.4.3 Stand der Technik: Technologien für Raumklimatisierung.....	126
3.1.4.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte	136
3.1.5 Studie über KWK-Technologien im SUPOSS-Kontext.....	137
3.1.5.1 KWK-Prozesse auf Basis fester Biomasse	139
3.1.5.2 KWK-Technologien in kleinen Leistungsbereichen	146
3.1.5.3 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte	153
3.1.6 Studie zum Stand der Technik für Solartechnologien im SUPOSS-Kontext	156
3.1.6.1 Stand der Technik Kollektortechnologien.....	156
3.1.6.2 Stand der Technik Photovoltaik	163
3.1.6.3 Stand der Technik Speichertechnologien	165
3.1.6.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte	169
3.1.7 Studie zur thermischer Biomassenutzung im SUPOSS-Kontext.....	171
3.1.7.1 Biomasse-Verbrennung	171
3.1.7.2 Biomasse-Vergasung.....	173
3.1.7.3 Biomasse-Pyrolyse	178
3.1.7.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte	180

3.1.8	Potenzielle Technologien für die Gestaltung von nachhaltigen Energiesystemen im Kontext von Supermärkten	181
3.2	Ergebnisse der Konzeptgestaltung und der wirtschaftlichen Machbarkeit	182
3.2.1	Biomasse basierte Konzepte	182
3.2.1.1	Biomasse basierte Konzepte für Interspar-Märkte	183
3.2.1.2	Biomasse basierte Konzepte für Eurospar Märkte	196
3.2.1.3	Biomasse basierte Konzepte für Spar-Märkte	213
3.2.1.4	Zusammenfassung Biomasse-basierte KWK-Konzepte für Eurospar- und Sparmärkte	223
3.2.2	Solar basierte Konzepte	225
3.2.2.1	Solar basierte Konzepte für Interspar-Märkte	227
3.2.2.2	Solar basierte Konzepte für Eurospar-Märkte	230
3.2.2.3	Solar basierte Konzepte für Spar-Märkte	234
3.3	Technologie-Roadmaps für nachhaltige Energiezentren zur Versorgung von Filialen des Lebensmittelhandels und deren energetisches Umfeld	244
3.3.1	Roadmap für Interspar-Märkte	244
3.3.2	Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte	244
3.3.2.1	Biomasse basierte Systeme	245
3.3.2.2	Einfache solare Systeme	249
3.3.2.3	Kombinierte solare Systeme	255
3.3.2.4	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	257
3.3.3	Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte	260
3.3.3.1	Biomasse basierte Systeme	260
3.3.3.2	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	262
3.3.4	Langfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte	264
3.3.4.1	Biomasse basierte Systeme	264
3.3.4.2	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	266
3.3.5	Roadmap für Eurospar-Märkte	267
3.3.6	Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Eurospar-Märkte	268
3.3.6.1	Biomasse basierte Systeme	268
3.3.6.2	Einfache solare Systeme	272
3.3.6.3	Kombinierte solare Systeme	277
3.3.6.4	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	279
3.3.7	Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte für Eurospar-Märkte	281
3.3.7.1	Biomasse basierte Systeme	281
3.3.7.2	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	283
3.3.8	Langfristig technisch realisierbare Konzepte	287
3.3.8.1	Biomasse basierte Systeme	287
3.3.8.2	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	289
3.3.9	Roadmap für Spar-Märkte	292
3.3.10	Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Spar-Märkte	293
3.3.10.1	Biomasse basierte Systeme	293
3.3.10.2	Einfache solare Systeme	296
3.3.10.3	Kombinierte solare Systeme	301
3.3.10.4	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	303
3.3.11	Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte	304
3.3.11.1	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	304

3.3.12	Langfristig technisch realisierbare Konzepte.....	307
3.3.12.1	Biomasse basierte Systeme	307
3.3.12.2	Kombinierte Biomasse und solare Systeme	309
3.4	Lastenhefte und Entwicklungsthemen für ausgewählte technologische Aufgabenstellungen	311
3.4.1	Komponentenentwicklung Stirlingmotor	311
3.4.2	Downscaling ORC-Prozess.....	312
3.4.3	Komponentenentwicklung Linearkolbengenerator	313
3.4.4	Komponentenentwicklung Parabolrinnenkollektor	318
3.4.5	Entwicklung von DEC-Anlagen zur Raumklimatisierung von Filialen des Lebensmittelhandels	319
3.4.6	Systemintegration Absorptionswärmepumpe.....	320
3.4.7	Komponentenentwicklung LiBr-Absorber	322
3.5	Marktpotenziale für nachhaltige Energieversorgungssysteme im Kontext von Filialen des Lebensmittelhandels	324
4	Beitrag des Projektes zu den Zielen des Programms & Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	327
5	Ausblick & Empfehlungen	331
Anhang	345

Kurzfassung

SUPOSS verfolgt das Ziel in drei Stufen (STEP 1: Technisch-wirtschaftliche Machbarkeit – STEP 2: Komponentenentwicklung/Systemintegration – STEP 3: Demonstrationsprojekte) die Vision einer nachhaltigen Energieversorgung für Filialen des Lebensmittelhandels und deren unmittelbarer energetischer Umfeldler zu realisieren.

Im nunmehr abgeschlossenen STEP 1 haben die beteiligten Projektpartner in Zusammenarbeit mit der SPAR Warenhandels AG eine umfassende Machbarkeitsstudie erstellt, um herauszufinden, welche technisch und kommerziell sinnvollen Energiesysteme auf Basis der Energieträger Sonne und feste Biomasse bereits heute zur Verfügung stehen bzw. welche technischen Entwicklungsschritte, aber auch kommerzielle und rechtliche Voraussetzungen noch geschaffen werden müssen, um konkrete Fortschritte in diese Richtung zu erzielen.

Zunächst wurden sieben Filialen in unterschiedlichen Marktgrößen (3 Spar-Märkte, 3 Eurospar-Märkte, 1 Interspar-Markt) energetisch untersucht. Parallel dazu wurden Daten aus dem Umfeld erhoben und Abschätzungen über den Wärmebedarf im Umfeld getroffen.

Basierend auf diesen energetischen Daten und umfangreichen Analysen zum Stand der Technik im Bereich der Energieträger Biomasse und solare Einstrahlung wurden Konzepte zur Bereitstellung von Raumwärme, Raumkühlung, Gewerbekälte und Strom am Beispiel der untersuchten Lebensmittelmärkte entwickelt. Die aussichtsreichsten Konzepte zur energetischen Versorgung dieser Märkte und deren Umgebung wurden einer technischen und wirtschaftlichen Machbarkeitsanalyse unterzogen.

Für den Energieträger Biomasse wurden Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen als aussichtsreiches Basiskonzept identifiziert und für alle Marktgrößen untersucht.

Für die Marktgröße Interspar wurden Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Basis der Stirlingmotortechnologie untersucht. Im Rahmen dieser Analysen wurden auch Möglichkeiten der Einbindung von thermisch getriebenen Kältemaschinen durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass unter günstigen Voraussetzungen im energetischen Umfeld Stirling-KWK-Anlagen oder auch reine Biomasse-befeuerte Nahwärmenetze zur Versorgung des analysierten Markttyps und umliegender Wärmeabnehmer technisch und wirtschaftlich möglich sind, eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit den verfügbaren Technologien derzeit jedoch nicht realisierbar ist.

Für die Markttypen Spar und Eurospar wurden ebenfalls Kraft-Wärmekopplungskonzepte mit der von der Fa. Button Energy entwickelten Linearkolbengenerator – Technologie untersucht. Diese sich gerade im Demonstrationsstadium befindliche Technologie kann mit den Brennstoffen Hackschnitzel oder Pellets betrieben werden. Die Mehrinvestition gegenüber den heute eingesetzten Gas- und Ölheizungen amortisiert sich nach den vorliegenden Berechnungen für die aussichtsreichsten Konzepte innerhalb von 7 - 13 Jahren.

Im Bereich der solargestützten Energieversorgung wurden zum einen Erdwärme-Wärmepumpenkonzepte zur Raumwärme /-kühlung untersucht, zum anderen eine Reihe weiterer solarer Technologien (Fassadenluft- und Erdluftkollektoren zur Vorwärmung/-

kühlung, Flachkollektoren zur Brauchwassererwärmung, Photovoltaik, DEC-Kühlung) bewertet. Erdwärmepumpen sind unter günstigen Voraussetzungen (Bodenbeschaffenheit, Grundwasserströme) ebenfalls wirtschaftlich sinnvoll (ein derartiges Konzept wurde bereits bei SPAR in einem Markt realisiert), einfache solare Systeme zur Vorwärmung und Kühlung sind in Verbindung mit gebäudetechnischen Maßnahmen (Verbesserung der Gebäudehüllenqualität, Bauteilaktivierung, Flächenheizung) ebenfalls interessant zumal dadurch zusätzliche Investitionen in Klimatisierungsanlagen vermieden werden könnten.

Ein wesentliches Technologiedefizit wurde im Bereich der Kältetechnik identifiziert. Für die Erzeugung von Gewerbekälte sind lediglich Ammoniak-Wasser Absorptionskältemaschinen verfügbar, wobei in kleinen Leistungsbereichen bislang keine marktreifen Serienprodukte zur Verfügung stehen. Für Klimatisierungszwecke können gegenwärtig Lithium-Bromid-Absorptionskältemaschinen eingesetzt werden, zukünftig auch Adsorptions-, flüssige Sorptions- und Dampfstrahlkältemaschinen, wobei für alle Technologien noch massiver Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind auf Grund der hohen Investitionskosten, der niedrigen COP (Coefficient of Performance) – Werte und der gegenwärtigen Strompreis-Wärmepreisverhältnisse derartige Anlagen nicht wirtschaftlich.

Leistungsfähige und in der Anschaffung günstige thermisch angetriebene Kältetechnik – Anlagen würden aber sowohl für KWK-Konzepte als auch für kombinierte Biomasse-Solarsysteme positive Effekte bringen, weshalb in diese Richtung Entwicklungsakzente gesetzt werden müssen.

In weiterer Folge wurden für die einzelnen Markttypen Technologieroadmaps entwickelt, die energetisch sinnvolle Konzepte in einer zeitlichen Dimension darstellen. Auf diese Weise wurde eine wertvolle Orientierungshilfe für zukünftige Aktivitäten zur Umsetzung nachhaltiger Energiesysteme im Kontext von Supermärkten geschaffen.

Aus diesen Technologieroadmaps wurden wesentliche technische Entwicklungsthemen und Vorbereitungsarbeiten für Pilotprojekte identifiziert und beschrieben. Das jährliche Marktpotenzial im Lebensmittelhandel für die Realisierung derartiger Systeme wurde in einer ersten Betrachtung mit 200 – 250 Projekten abgeschätzt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der vorliegenden Studie plant die SPAR Warenhandels AG bereits in naher Zukunft erste nachhaltige Energiesysteme zur Versorgung ihrer Filialen bzw. Shopping-Center zu realisieren.

SUMMARY

The vision of a sustainable power supply for supermarkets and other local consumers of electricity, heat and cooling energy (e.g. private households, industrial consumers) is the fundamental idea of SUPOSS. This vision should be put into practice in three steps (STEP 1: Technical and commercial feasibility – STEP 2: Components development & system integration – STEP 3: Pilot projects).

STEP 1 is now completed. In cooperation with SPAR Warenhandels AG the participating project partners carried out an extensive feasibility study. The aim of the study was manifold – to identify already existing energy systems on the basis of biomass or solar energy that meet the commercial and technical requirements of supermarkets and their local environment, to identify needs for further research and development and finally to make transparent existing commercial and legal barriers that have to be overcome to make progress towards a sustainable power supply for supermarkets.

An in-depth energy analysis was carried out for seven supermarkets of different sizes (3 Spar Markets, 3 Eurospar Markets, 1 Interspar Market). At the same time relevant data had been collected in the local environment of these markets and based on this data the heat demand of potential local consumers was estimated.

A lot of technical concepts for delivering electricity, heat and cooling energy were developed, considering the findings of the energy analysis and state-of-the-art studies of relevant biomass and solar energy technologies. A more detailed economic and technical evaluation was carried out for the most promising solutions.

Solid biomass based Combined Heat-Power (CHP) systems were identified as highly attractive and consequently examined for all supermarket sizes.

For the biggest market size Interspar Biomass based CHP systems using stirling machines were examined in more detail. Also possibilities to combine CHP systems with different thermal driven cooling technologies were analysed. The conclusions of the calculations were that biomass based CHP systems or biomass based district heat systems could be commercially successful operated if there is a high demand for district heat in the local environment of Interspar markets. A combination of thermal driven cooling technologies with these concepts is not possible at the moment due to technical and economic parameters.

Another Biomass based CHP technology – a linear piston machine by Button Energy which is currently in its demonstration phase – was examined for the smaller market sizes Spar and Eurospar. This linear piston machine can be fired with chipped wood and pellets. A pay-back-period of 7 to 13 years (depending on market size and technical concept) was calculated for the higher investment costs compared to oil or gas heating systems.

A lot of different solar energy based concepts were designed and analysed as earth coupled heat pumps for solar heating and cooling, air and earth collectors for pre-heating and cooling, flat plate collectors for water heating, photovoltaics, DEC-cooling.

Earth coupled heat pumps for heating and cooling could be operated economically successful if there are good ground conditions (such a system is already in operation at a Spar market). Low tech applications as air or earth collectors for preheating and cooling in combination with modifications of the building (as low temperature heating systems, better insulation, etc.) are also economically attractive due to the fact that the installation of other cooling devices could be avoided.

The study also showed a technological field – thermal driven cooling – where extensive further research and development is needed. For deep temperature cooling there is only NH₃ – H₂O absorption available. Markets like Spar and Eurospar markets need small deep temperature cooling devices that are not on the market in the moment. For air conditioning several thermal driven technologies like LiBr absorption, adsorption fluid adsorption and absorption technologies and steam jet technologies are currently under development.

At the time being all these technologies are far away from being economically competitive. Further progress has to be made to raise Coefficient of Performance and decrease costs.

For a further step forward towards sustainable power supply systems in the context of SUPOSS such thermal driven cooling devices would also have a positive impact for the above mentioned biomass based CHP or district heating systems. R&D activities heading in this direction are strongly recommended.

Based on the developed concepts technology roadmaps were created for each market size. These roadmaps show basic technical concepts that contribute to sustainability. They are placed along a timeline that gives an indication when they will be available. This information will give value to those people involved in developing and planning future sustainable energy systems for supermarkets and their surroundings.

With the help of the roadmaps important areas for further research and development could be identified. For these research fields a couple of project specifications were elaborated. In addition to the technical side a short market potential analysis was also done. Currently estimated 200 to 250 projects per anno (erection of new markets, refurbishments) are carried out in the food trade sector in Austria where sustainable power supply systems can be introduced.

Based on the findings of this study SPAR Warenhandels AG is already planning pilot projects for sustainable power supply systems which will be erected in the near future.

Erweiterte Kurzfassung

SUPOSS verfolgt das Ziel in drei Stufen (STEP 1: Technisch-wirtschaftliche Machbarkeit – STEP 2: Komponentenentwicklung/Systemintegration – STEP 3: Demonstrationsprojekte) die Vision einer nachhaltigen Energieversorgung für Filialen des Lebensmittelhandels und deren unmittelbarer energetischer Umfeldler zu realisieren.

Im nunmehr abgeschlossenen STEP 1 haben die beteiligten Projektpartner in Zusammenarbeit mit der SPAR Warenhandels AG eine umfassende Machbarkeitsstudie erstellt, um herauszufinden, welche technisch und kommerziell sinnvollen Energiesysteme auf Basis der Energieträger feste Biomasse und solare Einstrahlung bereits heute zur Verfügung stehen bzw. welche technischen Entwicklungsschritte, aber auch kommerzielle und rechtliche Voraussetzungen noch geschaffen werden müssen, um konkrete Fortschritte in diese Richtung zu erzielen.

Zunächst wurden sieben Filialen in unterschiedlichen Marktgrößen (3 Spar-Märkte, 3 Eurospar-Märkte, 1 Interspar-Markt) energetisch untersucht. Parallel dazu wurden Daten aus dem Umfeld erhoben und Abschätzungen über den Wärmebedarf im Umfeld getroffen.

Gegenwärtig kann die Art der Energieversorgung der untersuchten Lebensmittelmärkte wie folgt beschrieben werden:

- 100% Fremdbezug von elektrischem Strom
- 100% Kälteerzeugung mit strombetriebenen Kompressionskältemaschinen
- Beinahe 100%-ige Bereitstellung der Heizenergie mit fossilen Energieträgern, in Einzelfällen existiert eine Anbindung an Fernwärme-Netze

Im Zuge detaillierter energetischer Untersuchungen wurden die Leistungsdaten, die sonstigen relevanten technischen Daten (Vor-/Rücklauftemperaturen, Daten zu den Energieumwandlungs- und Verteilsystemen, Betriebsweisen, Regelung und Steuerung) und die zeitliche Verteilung der Energieflüsse der einzelnen Wärme-, Klimatisierungs- und Kälteerzeugungsanlagen sowie Sankey-Diagramme zur Visualisierung der Energieflüsse ermittelt. Diese Daten waren ein wesentlicher Punkt bei der Auswahl und Konzeption von SUPOSS relevanten Konzepten. In der nachstehenden Tabelle sind die durchschnittlichen zur Verfügung zu stellenden Leistungen in Bezug auf Kälte, Raumwärme und Klimatisierung in Abhängigkeit von der Filialgröße zusammengefasst:

Filialtyp	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Leistung Heizkessel/ Anschlussleistung Fernwärme	44 - 55 kW	108 - 160 kW	575 kW
Kälteleistung im „Plus“-Bereich	32 - 35 kW	59 - 81 kW	140 kW
Kälteleistung im „Minus“-Bereich	13 - 15 kW	23 - 36 kW	39 kW
Kühlleistung für Raumklimatisierung	ca. 25 kW	ca. 80 kW	ca. 160 kW

Das energetische Umfeld der untersuchten Märkte und die daraus abgeleiteten Wärmebedarfe sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

	Status	Verteilung Privat / Gewerblich		Bebauungsdichte		Wärmebedarf (Faktor)		Wärmebedarf
		privat	gewerbl.	privat	gewerbl.	privat	gewerbl.	[kWh/a]
Vasoldsberg	Entstehung	100%	–	offen	–	15 x	–	300.000
St. Marein	Entstehung	25%	75%	offen	dicht	8 x	1 x	210.000
Fernitz	Entstehung	50%	50%	offen	dicht	15 x	2 x	400.000
Gleisdorf	Entstehung	50%	50%	dicht	dicht	20 x	5 x	650.000
Fohnsdorf	Verbaut	50%	50%	dicht	dicht	20 x	4 x	600.000
Deutschlandsberg	Verbaut	50%	50%	dicht	dicht	15 x	8 x	750.000
Wienerstrasse	Verbaut	75%	25%	dicht	dicht	25 x	2 x	600.000

Im Zuge des Projektes wurde eine auf die Energieträger Biomasse und solare Einstrahlung fokussierte Erhebung des Standes der Technik im Kontext der Energieversorgung für Supermärkte und deren näherer Umgebung durchgeführt. Aus den Ergebnissen dieser Recherchen ging hervor, dass die in der nachstehenden Tabelle dargestellten Technologien für die Gestaltung von nachhaltigen Energiesystemen relevant sind:

Nutzenergie	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Gekoppelte Raum- (u. Prozess-) wärme und Stromerzeugung	Biomasse-KWK mit Stirlingmotor		
	Biomasse-KWK mit Linear-Dampfkolbenmotor		
„Plus“-Kälte und „Minus“-Kälte	Absorptionskältemaschinen auf Basis Ammoniak - Wasser		
	Kompressionskältemaschinen mit natürlichen Kältemitteln		
Raumkühlung	Desiccant-Anlagen	Geschlossene Adsorptionskühlung	
Raumwärme + Raumkühlung	Erdluftkollektoren Fassadenluftkollektoren Erdwärme-Wärmepumpen		
Stromerzeugung	Photovoltaik		

Auf Basis dieser Vorarbeiten wurden im nächsten Schritt Konzepte entwickelt und die aussichtsreichsten Konzepte einer näheren technischen und wirtschaftlichen Analyse unterzogen.

Für die Marktgröße Interspar wurden Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Basis der Stirlingmotortechnologie untersucht. Im Rahmen dieser Analysen wurden auch Möglichkeiten der Einbindung von thermisch getriebenen Kältemaschinen untersucht. Es hat sich

gezeigt, dass unter günstigen Voraussetzungen im energetischen Umfeld Stirling-KWK-Anlagen oder auch reine Biomasse-befeuerte Nahwärmenetze zur Versorgung des analysierten Markttyps und umliegender Wärmeabnehmer technisch und wirtschaftlich möglich sind, eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung derzeit jedoch nicht realisierbar ist.

Für die Markttypen Spar und Eurospar wurden ebenfalls Kraft-Wärmekopplungskonzepte mit der von der Fa. Button Energy entwickelten Linearkolbengenerator – Technologie untersucht. Diese sich gerade im Demonstrationsstadium befindliche Technologie kann mit den Brennstoffen Hackschnitzel oder Pellets betrieben werden. Die Mehrinvestition gegenüber den heute eingesetzten Gas- und Ölheizungen amortisiert sich nach den vorliegenden Berechnungen für die aussichtsreichsten Konzepte innerhalb von 7 – 13 Jahren.

Im Bereich der solargestützten Energieversorgung wurden zum einen Erdwärmepumpenkonzepte zur Raumwärme /-kühlung untersucht, zum anderen eine Reihe weiterer solarer Technologien (Fassadenluft- und Erdluftkollektoren zur Vorwärmung/-kühlung, Flachkollektoren zur Brauchwassererwärmung, Photovoltaik, DEC-Kühlung) bewertet. Erdwärmepumpen sind unter günstigen Voraussetzungen (Bodenbeschaffenheit, Grundwasserströme) ebenfalls wirtschaftlich sinnvoll (ein derartiges Konzept wurde bereits bei SPAR in einem Markt realisiert), einfache solare Systeme zur Vorwärmung und Kühlung sind in Verbindung mit gebäudetechnischen Maßnahmen (Verbesserung der Gebäudehüllenqualität, Bauteilaktivierung, Flächenheizung) ebenfalls interessant zumal dadurch zusätzliche Investitionen in Klimatisierungsanlagen vermieden werden könnten.

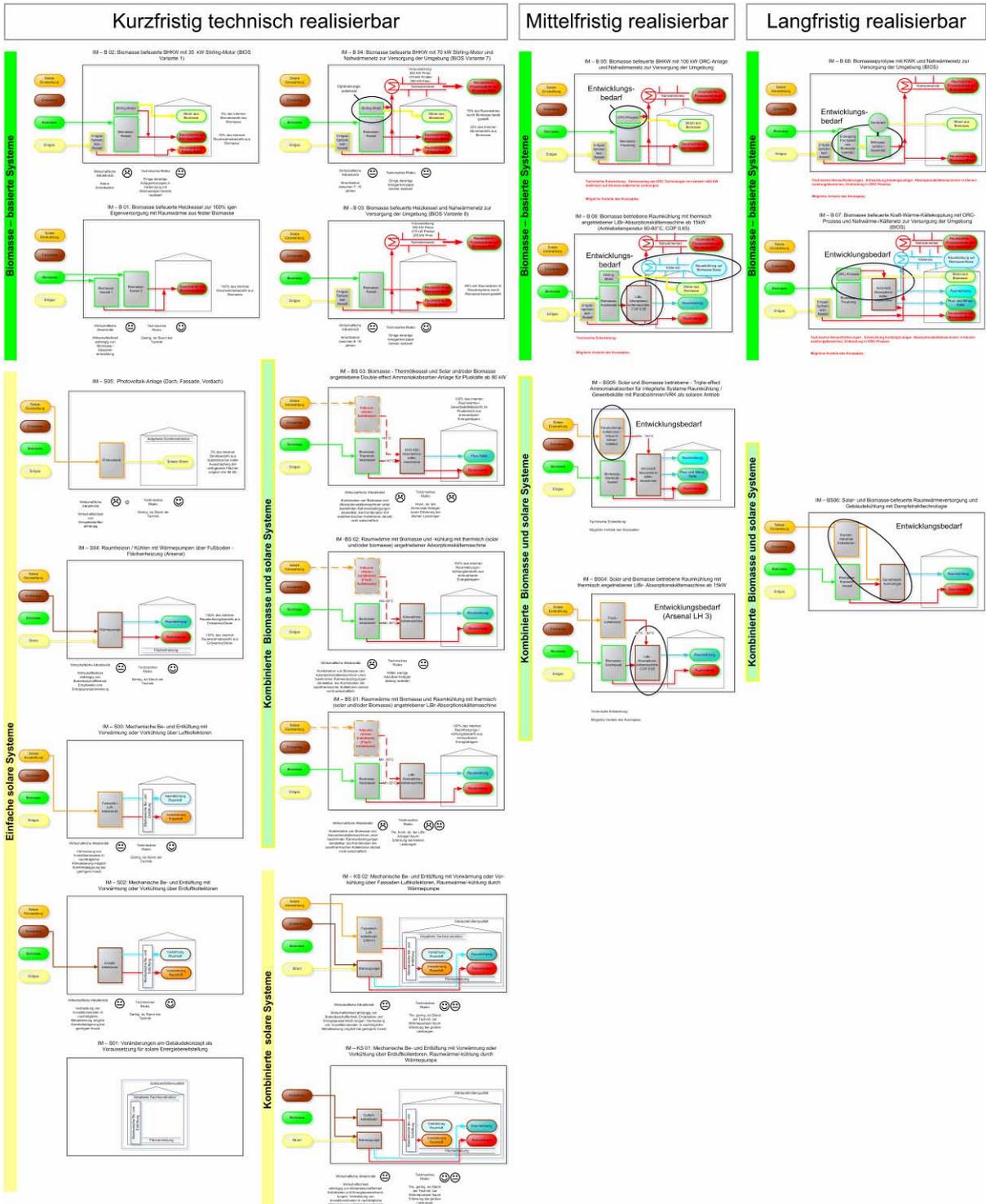
Ein wesentliches Technologiedefizit wurde im Bereich der Kältetechnik identifiziert. Für Die Erzeugung von Gewerbekälte sind lediglich Ammoniak-Wasser Absorptionskältemaschinen verfügbar, wobei in kleinen Leistungsbereichen bislang keine marktreifen Serienprodukte zur Verfügung stehen. Für Klimatisierungszwecke können gegenwärtig Lithium-Bromid-Absorptionskältemaschinen eingesetzt werden, zukünftig auch Adsorptions-, flüssige Sorptions- und Dampfstrahlkältemaschinen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind auf Grund der hohen Investitionskosten, der niedrigen COP (Coefficient of Performance) – Werte und der gegenwärtigen Strompreis-Wärmepreisverhältnisse derartige Anlagen nicht wirtschaftlich.

Leistungsfähige und in der Anschaffung günstige thermisch angetriebene Kältetechnik – Anlagen würden aber sowohl für KWK-Konzepte als auch für kombinierte Biomasse-Solarsysteme positive Effekte bringen, weshalb in diese Richtung Entwicklungsakzente gesetzt werden sollten.

In weiterer Folge wurden für die einzelnen Markttypen Technologieroadmaps entwickelt, die energetisch sinnvolle Konzepte in einer zeitlichen Dimension darstellen. Auf diese Weise wurde eine wertvolle Orientierungshilfe für zukünftige Aktivitäten zur Umsetzung nachhaltiger Energiesysteme im Kontext von Supermärkten geschaffen.

Datenbasis: IM 88 Plus-Kälteleistung ca. 140 kW Mittel-Kälteleistung ca. 40 kW Kälteleistung 16, 180 kW Strombedarf 1.400.000 kWh/a Gasbedarf 750.000 kWh/a Stromkosten 0,095 €/kWh Gaskosten 0,336 €/kWh



Aufbauend auf diesen Technologieroadmaps wurden wesentliche technische Entwicklungsthemen und Vorbereitungsarbeiten für Pilotprojekte identifiziert und beschrieben.

Konkret wurde für folgende Technologien ein Entwicklungsbedarf im Kontext der Erfordernisse nachhaltiger Energiesysteme für Lebensmittelmärkte identifiziert:

- Stirling-Motor

- ORC-Prozess
- Linearkolbengenerator
- Desiccant and Evaporative Cooling-Prozess
- Absorptionswärmepumpe
- LiBr-Kältemaschine
- Parabolrinnenkollektor

Begleitend zu den technischen Entwicklungsschritten wurden im Rahmen der vorliegenden Studie weitere Vorschläge zur Realisierung des SUPOSS-Konzeptes erarbeitet. Konkret wurden mit der SPAR Handelswaren AG drei Stoßrichtungen für die Umsetzung erarbeitet:

- Erstellung von repräsentativen Simulationsmodellen für die Dimensionierung und Abstimmung nachhaltiger Energieversorgungsanlagen mit geeigneten baulichen Maßnahmen
- Durchführung einer Potentialstudie bezüglich des Wärmebedarfs im Rahmen eines konkreten Bauprojektes für einen Intersparmarkt samt umliegendem Gebiet und Detailkonzeption einer Biomasse-KWK
- Realisierung eines energieautarken Sparmarktes als Demonstrationsprojekt. Nach Auskunft der Fa. Spar ist bereits in naher Zukunft geplant, einen energetisch autarken Sparmarkt zu bauen. Es gibt ganz konkrete Vorgespräche mit einem als Generalunternehmer auftretenden Technologieanbieter, der unter Berücksichtigung der in diesem Projekt erarbeiteten Grundlagen einen derartigen Markt realisieren möchte.

Das jährliche Marktpotenzial im gesamten österreichischen Lebensmittelhandel für die Realisierung derartiger Systeme wurde in einer ersten Betrachtung mit 200 – 250 Projekten in Österreich abgeschätzt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit dem Projekt SUPOSS – Step 1 eine sehr gute Grundlage für die Umsetzung der Vision einer nachhaltigen Energieversorgung für Filialen des Lebensmittelhandels und deren energetischer Umfeldler gelegt werden konnte und es ist zu hoffen, dass aus diesen Vorarbeiten weitere Aktivitäten und Anschlussprojekte im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft folgen werden.

EXTENDED SUMMARY

The vision of a sustainable power supply for supermarkets and other local consumers of electricity, heat and cooling energy (e.g. private households, industrial consumers) is the fundamental idea of SUPOSS. This vision should be put into practice in three steps (STEP 1: Technical and commercial feasibility – STEP 2: Components development & system integration – STEP 3: Pilot projects).

STEP 1 is now completed. In cooperation with SPAR Warenhandels AG the participating project partners carried out an extensive feasibility study. The aim of the study was manifold – to identify already existing energy systems on the basis of biomass or solar energy that meet the commercial and technical requirements of supermarkets and their local environment, to identify needs for further research and development and finally to make transparent existing commercial and legal barriers that have to be overcome, to make progress towards a sustainable power supply for supermarkets.

An in-depth energy analysis was carried out for seven supermarkets of different sizes (3 Spar Markets, 3 Eurospar Markets, 1 Interspar Market). At the same time relevant data had been collected in the local environment of these markets and based on this data the heat demand of potential local consumers was estimated.

The characteristics of energy supply systems of existing supermarkets are:

- 100% electricity from power station
- 100% cooling energy from electrical compressor cooling machines
- Almost 100% heating energy from fossil fuels (gas, oil), sometimes from district heating

Detailed energy studies were done to identify energy performance parameters, other relevant technical data (heating temperatures, technical data for heat storage and transport, energy management, ...) and curves with energy demands (heating, cooling, electricity). In addition SANKEY diagrams were made to show energy flows. All these data were needed to develop technical concepts for SUPOSS. The following table shows a summary of performance indicators for heating, cooling and air conditioning that are needed for different market sizes.

Type of market	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Heating performance	44 - 55 kW	108 - 160 kW	575 kW
Cooling performance for temperatures above 0°C	32 - 35 kW	59 - 81 kW	140 kW
Cooling performance for temperatures below 0°C	13 - 15 kW	23 - 36 kW	39 kW
Cooling performance for air conditioning	ca. 25 kW	ca. 80 kW	ca. 160 kW

The local surroundings of the above mentioned markets were also examined. The next table shows the estimated heating demands of local energy consumers.

	Status of local development	Ratio private / commercial		Building density		Heat demand (Factor)		Heat demand
		private	com.	private	com.	private	com.	[kWh/a]
Vasoldsberg	Start	100%	–	low	–	15 x	–	300.000
St. Marein	Start	25%	75%	low	high	8 x	1 x	210.000
Fernitz	Start	50%	50%	low	high	15 x	2 x	400.000
Gleisdorf	Start	50%	50%	high	high	20 x	5 x	650.000
Fohnsdorf	Completed	50%	50%	high	high	20 x	4 x	600.000
Deutschlandsberg	Completed	50%	50%	high	high	15 x	8 x	750.000
Wienerstrasse	Completed	75%	25%	high	high	25 x	2 x	600.000

As a part of the study a wide-ranging analysis of the state-of-the-art for solid biomass energy conversion technologies and for solar technologies was carried out to identify the relevant technologies for sustainable power supply for supermarkets. The results of this examination are summarized in the subsequent table.

End energy	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Combined heat and power generation	Solid Biomass based CHP with Stirling motor		
	Solid Biomass based CHP with linear piston generator		
Cooling > 0°C Cooling < 0°C	NH3 / H2O absorption cooling		
	Compressor cooling machines with CO2 free refrigerant		
Air conditioning	Desiccant-Cooling	Closed adsorption cooling	
Heating and cooling	Earth collectors		
	Air collectors		
	Earth coupled heat pumps		
Power generation	Photovoltaic		

On the foundation of these findings many technical concepts were developed in a next step. A more detailed economic and technical evaluation was made for the most promising solutions.

Solid biomass based Combined Heat-Power (CHP) systems were identified as highly attractive and consequently examined for all supermarket sizes.

For the biggest market size Interspar Biomass based CHP systems using stirling machines were examined in more detail. Also possibilities to combine CHP systems with different thermal driven cooling technologies were analysed. The conclusions of the calculations were

that biomass based CHP systems or biomass based district heat systems could be commercially successful operated if there is a high demand for district heat in the local environment of Interspar markets. A combination of thermal driven cooling technologies with these concepts is not possible at the moment due to technical and economic parameters.

Another Biomass based CHP technology – a linear piston machine by Button Energy which is currently in its demonstration phase – was examined for the smaller market sizes Spar and Eurospar. This linear piston machine can be fired with chipped wood and pellets. A pay-back-period of 7 to 13 years (depending on market size and technical concept) was calculated for the higher investment costs compared to oil or gas heating systems.

A lot of different solar energy based concepts were designed and analysed as earth coupled heat pumps for solar heating and cooling, air and earth collectors for pre-heating and cooling, flat plate collectors for water heating, photovoltaics, DEC-cooling.

Earth coupled heat pumps for heating and cooling could be operated economically successful if there are good ground conditions (such a system is already in operation at a Spar market). Low tech applications as air or earth collectors for preheating and cooling in combination with modifications of the building (as low temperature heating systems, better insulation, etc.) are also economically attractive due to the fact that the installation of other cooling devices could be avoided.

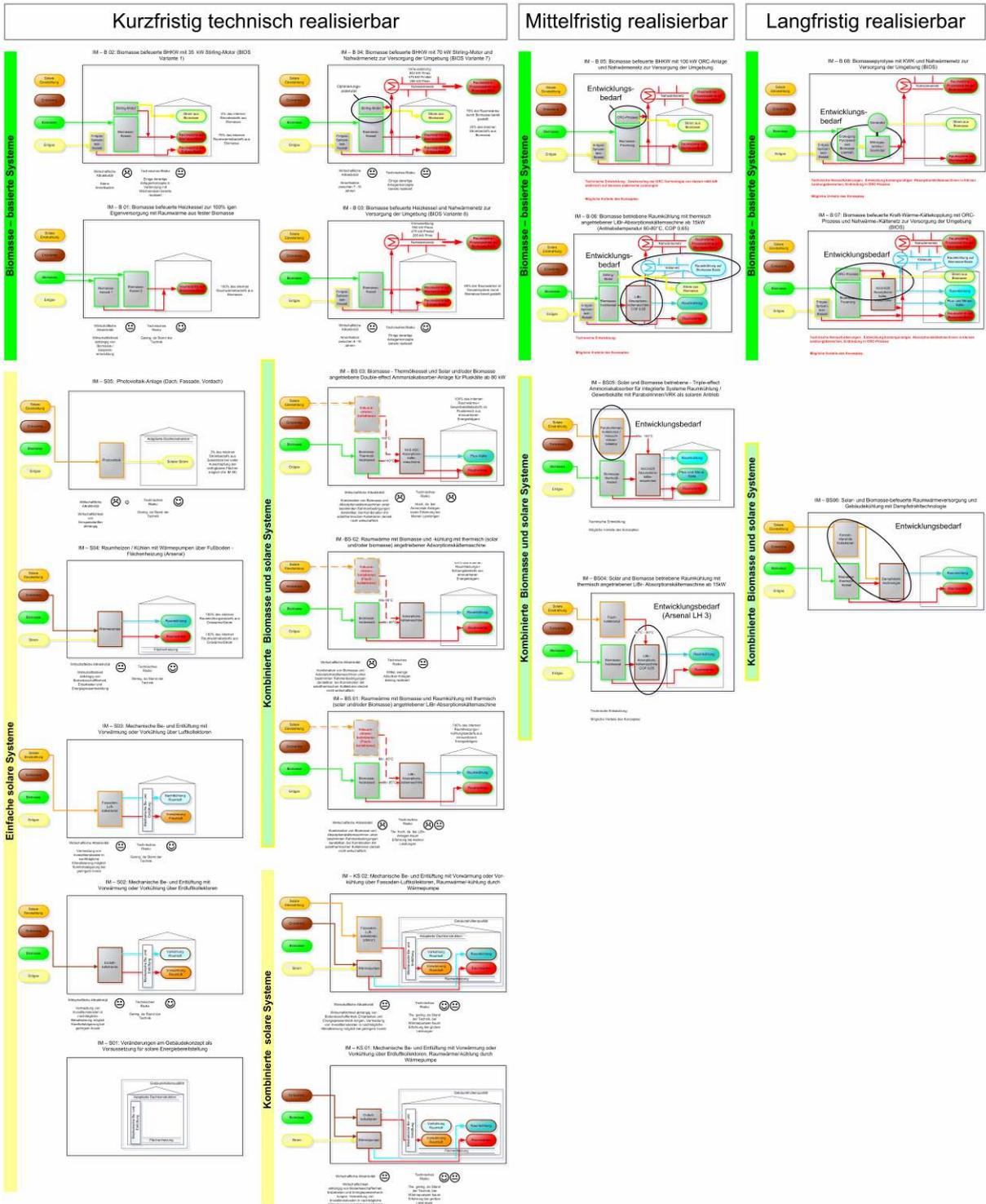
The study also showed a technological field – thermal driven cooling – where extensive further research and development is needed. For deep temperature cooling there is only $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ absorption available. Markets like Spar and Eurospar markets need small deep temperature cooling devices that are not on the market in the moment. For air conditioning LiBr absorption can be used – adsorption, fluid sorption and steam jet technologies are currently under development.

At the time being all these technologies are far away from being economically competitive. Further progress has to be made to raise Coefficient of Performance and decrease costs.

For a further step forward towards sustainable power supply systems in the context of SUPOSS such thermal driven cooling devices would also have a positive impact for the above mentioned biomass based CHP or district heating systems. R&D activities heading in this direction are strongly recommended.

Based on the developed concepts technology roadmaps were created for each market size. These roadmaps show basic technical concepts that contribute to sustainability. They are placed along a timeline that gives an indication when they will be available. This information will give value to those people involved in developing and planning future sustainable energy systems for supermarkets and their surroundings.

Datenbasis: IM 88 Heizleistung 575 kW Plus-Kälteleistung ca. 143 kW Minus-Kälteleistung ca. 40 kW Kälteleistung 16,150 kW Strombedarf 1.450.000 kWh/a Gasbedarf 750.000 kWh/a Stromkosten 0,090 €/kWh Gaskosten 0,036 €/kWh



With the help of the roadmaps important areas for further research and development could be identified. For these research fields a couple of project specifications were elaborated.

To meet the requirements of a sustainable energy supply for supermarkets there is a need to start developments for the following technologies:

- Solid biomass based Stirling motor

-
- Organic Rankine Cycle (ORC) process
 - Solid biomass based linear piston generator
 - Desiccant cooling
 - Absorption heat pump
 - LiBr cooling technology
 - Parabolic trough collector

In addition to the technical development needs suggestions were elaborated in cooperation with SPAR how to prepare pilot projects. Three main directions for preparing demonstration systems were recognized.

- Generating simulation models of supermarkets and analysing correlation between different building construction standards (insulation, materials,...) and different energy supply systems
- Conducting a detailed feasibility study for a biomass based CHP system with district heating for a new Interspar market
- Planning of a fully energy independent market (Spar, Eurospar) as a demonstration project. SPAR is already starting to talk about such a market together with a strong technology partner who is willing and able to work as a general contractor. The findings of the present study will give them a solid base.

A short market potential analysis was also done. Currently estimated 200 to 250 projects per anno (erection of new markets, refurbishments) are carried out in the food trade sector in Austria where sustainable power supply systems can be introduced.

It can be summarized that STEP 1 of SUPOSS gives a solid foundation for the next steps to transform the vision of a sustainable energy supply for supermarkets and their surroundings into reality.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Vision

Ausgangspunkt des Projektes SUPOSS ist die Vision einer nachhaltigen, energieeffizienten, CO₂-neutralen Energieversorgung von Filialen des Lebensmittelhandels unter Einbindung umliegender Abnehmer (z.B. Industrie- und Gewerbebetriebe bzw. private Haushalte und öffentliche Gebäude).



Abbildung 1: Vision von SUPOSS

Das flächendeckende Filialnetz, das große Lebensmittelhandelsketten (z.B. Billa, Spar, Hofer, ADEG, etc.) betreiben, stellt ein interessantes Potenzial dar, dort auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmte, multifunktionale Energiezentren im Sinne der Programmlinie zu etablieren. Supermärkte eignen sich insbesondere aus folgenden Gründen sehr gut:

- Lebensmittelmärkte haben selbst einen hohen Energiebedarf an Strom, Wärme und Kälte, der heute zu 100% durch Stromfremdbezug und fossile Energieträger für die Wärmeversorgung gedeckt wird
- Bei vielen Supermärkten stehen ausreichend Dachflächen zur Verfügung, die für solare Energiegewinnung genutzt werden könnten
- Viele Supermärkte befinden sich in dicht verbauten Gebieten, d.h. in unmittelbarer Nähe befinden sich andere Energieverbraucher (z.B. Einkaufszentren, Gewerbe-

gebiete, Wohngebiete), was wiederum für die Realisierung von lokalen Energienetzen (Nahwärme, Kälte, Strom) eine günstige Ausgangssituation darstellt

- Auf Grund der Konzentration des Lebensmittelhandels gibt es nur mehr sehr wenige, aber sehr große Unternehmen, die solche multifunktionalen Energiezentren bei entsprechender wirtschaftlicher und unternehmensstrategischer Attraktivität rasch multiplizieren könnten
- Die großen Lebensmittelhandelsketten betreiben eine intensive Standortpolitik, die mit einer entsprechenden Bau- und Sanierungstätigkeit verbunden ist. Im Zuge solcher Projekte lassen sich innovative Energiekonzepte leichter integrieren.
- Auf Grund der hohen Kundenfrequenz würden solche Energiezentren eine hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit erzielen, was zusätzliche Impulse in Richtung „Nachhaltig Wirtschaften“ schaffen könnte

1.2 Projektpartner und Arbeitspaketverantwortlichkeiten

In der nachfolgenden Tabelle sind die teilnehmenden Projektpartner und die von Ihnen verantworteten Arbeitsinhalte im Überblick dargestellt:

Projektpartner	Projektbeiträge
	Erhebung der energetischen IST-Situation in ausgewählten Spar-Märkten Erhebung von relevanten Daten im Umfeld von Spar-Märkten
	Durchführung von Technologieanalysen für thermische Nutzung und KWK-Technologien auf Basis des Energieträgers feste Biomasse und Identifikation SUPOSS-relevanter Technologien Gemeinsame Ermittlung technischer Gesamtanlagenkonzepte Erstellung und Bewertung von ausgewählten Detail-Konzepten Erstellung von Entwicklungslastenheften
	Durchführung von Technologieanalysen im Bereich KWK-Technologien in sehr kleinen Leistungsbereichen und Identifikation SUPOSS-relevanter Technologien Gemeinsame Ermittlung technischer Gesamtanlagenkonzepte Erstellung und Bewertung von ausgewählten Detail-Konzepten Erstellung von Entwicklungslastenheften
	Durchführung von Technologieanalysen im Bereich Solartechnik und alternativer Kältetechnik und Identifikation SUPOSS-relevanter Technologien Gemeinsame Ermittlung technischer Gesamtanlagenkonzepte Erstellung und Bewertung von ausgewählten Detail-Konzepten Erstellung von Entwicklungslastenheften
	Gesamtprojektkoordination Ermittlung rechtlicher und wirtschaftlicher Einflussfaktoren Beurteilung der wirtschaftlichen Machbarkeit und Erstellung einer Technologie-Roadmap in Abstimmung mit allen Projektpartnern
	Zur Verfügung Stellung von relevanten Daten Einbringen von Kundenanforderungen Feedback zu Detailkonzepten

Tabelle 1: Arbeitspaketverantwortliche

1.3 Energiemanagement der SPAR Handelswaren AG

Die SPAR Handelwaren AG ist ein nicht börsennotiertes österreichisches Familienunternehmen mit Firmensitz in Salzburg. Sie ist eine der bedeutendsten Lebensmittelhandelsketten in Österreich.

In der nachstehenden Tabelle sind die wesentlichen Unternehmensdaten im Überblick dargestellt:¹

Gesamtdaten	2002	2003	Veränderung
<i>Spar Österreich</i>			
<i>Konsolidierter Umsatz brutto</i>	3,57 Mrd.€	3,85 Mrd.€	+ 7,8 %
<i>Mitarbeiter²</i>	24.277	25.016	+ 3,1 %
<i>Bei Bewertung als Vollzeitkräfte</i>	18.801	19.404	+ 3,2 %
<i>Davon Lehrlinge</i>	1.888	1.848	
<i>Spar Organisation</i>			
<i>Verkaufsumsatz brutto</i>	4,06 Mrd.€	4,34 Mrd. €	+ 6,7 %
<i>Mitarbeiter</i>	31.127	32.027	
<i>Bei Bewertung als Vollzeitkräfte</i>	23.887	24.535	
<i>Davon Lehrlinge</i>	2.673	2.705	

STRUKTURDATEN	Anzahl Geschäfte		Verkaufsfläche m ²		Umsatz in Mio. €	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Spar/Eurospar ³	1.443	1.402	670.689	669.830	2.828,00	2.939,40
Interspar/Maximarkt	56	56	245.136	245.689	981,2	1.118,3
	1.499	1.458	915.825	915.519	3.809,20	4.057,80
Hervis ⁴	75	79	80.284	85.561	247,8	271,5
Restaurants	51	51	–	–	– ⁵	–
Diverses	–	–	–	–	5,9	6,6
Gesamt	1.625	1.588	996.109	1.001.080	4.062,90	4.335,80

Tabelle 2: Unternehmens- und Strukturdaten der Spar Österreichische Warenhandels-AG

¹ Quelle: <http://www.spar.at>, Spar Österreichische Warenhandels-AG, Stand 15.08.2004, Abfrage 05.09.2004

² Stichtag 31.12.

³ inklusive selbstständiger Spar-Kaufleute

⁴ Seit 2001 werden Hervis-Märkte im Ausland (SLO, H, CZ) von Hervis Österreich geführt

⁵ Restaurant-Umsätze im INTERSPAR- bzw. Maximarkt-Umsatz enthalten

Spar unterscheidet folgende Filialtypen:

Betriebstyp	Verkaufsfläche ⁶
Spar Markt	Bis 400 m ²
Spar Supermarkt ⁷	Von 400 m ² bis 1000 m ²
Eurospar	Von 1000 m ² bis 2000 m ²
Interspar	Größer 2000 m ²

Tabelle 3: Flächen nach Betriebstypen

Spar Markt: Spar Märkte sind typische Nachbarschaftsgeschäfte mit einer Verkaufsfläche von bis zu 400 m².

Spar Supermarkt: Die Spar Supermärkte bieten ein breites, tiefes und dabei sehr preisgünstiges Lebensmittel-Vollsortiment auf einer Verkaufsfläche von 400 bis 1.000 m² an.

Eurospar: Das Angebot in den Eurospar Filialen umfasst, neben dem Sortiment der Spar Supermärkte, ein erweitertes Food und Non-Food-Angebot. Die Verkaufsfläche liegt zwischen 1.000 und 2.000 m².

Interspar: Die meisten Interspar Filialen befinden sich, mit weiteren attraktiven Shop-Partnern, in Einkaufszentren. Sie bieten ein Vollsortiment aus allen Bereichen des täglichen Lebens. 40.000 Artikel werden auf Verkaufsflächen von über 2.000 m² angeboten.

Gegenwärtig kann die Art der Energieversorgung von SPAR-Lebensmittelmärkten wie folgt beschrieben werden:

- 100% Fremdbezug von elektrischem Strom
- 100% Kälteerzeugung mit strombetriebenen Kompressionskältemaschinen
- Beinahe 100%-ige Bereitstellung der Heizenergie mit fossilen Energieträgern, in Einzelfällen existiert eine Anbindung an Fernwärme-Netze

Das gesamte Aufgabenfeld der Planung, Errichtung, Optimierung, Wartung und Instandhaltung von Energieumwandlungs- und -verteilanlagen ist auf mehrere Organisationseinheiten aufgliedert.

⁶ Definition lt. Modellhandbuch, Spar 2003: Alle Flächen innerhalb der Filiale die der Präsentation und dem Verkauf von Waren dienen. Diese besteht in der Regel aus Kassenzone, Feinkost- und Bedienungszone, Windfang und Packzone

⁷ In diesem Bericht werden die Betriebsgrößen Spar-Markt und Spar-Supermarkt unter dem Begriff Spar-Markt subsummiert.

Im Sinne einer strategischen Planung und Steuerung für Fragen des betrieblichen Energiemanagements ist die Organisationseinheit „Zentrale Bau/Energie/Technik Facility Management“ verantwortlich. Hr. Ing. Valenta war aus diesem Bereich Ansprechpartner für SUPOSS.

Im Sinne einer regionalen Betreuung, speziell in der Errichtungsphase und bei technischen Problemen, sind in den jeweiligen Regionszentralen die Bauabteilungen verantwortlich. Da im vorliegenden Projekt Märkte in der Region Graz untersucht wurden, war Fr. DI Zieger Ansprechpartner für SUPOSS.

Im operativen Bereich ist es Aufgabe der Filialleiter, die Funktionstüchtigkeit und den laufenden Betrieb der Energieversorgungssysteme zu überwachen. Bei Störungen an Anlagen gibt es innerhalb der Organisation festgelegte Prozeduren, wie Probleme (meist durch Einschaltung von in der Ausführung tätigen Firmen, speziell im Bereich Kältetechnik gibt es einen fixen Vertrag mit einem Geräteelieferanten für alle Märkte) behoben werden.

Das Interesse von SPAR am Projekt SUPOSS kann in zwei Gebiete unterteilt werden:

- Identifikation von kurzfristig wirksamen Einsparungspotenzialen in existierenden Energieversorgungssystemen: Energiekosten stellen in der Kostenstruktur von Lebensmittelhandelsketten nach den Personalkosten bereits die zweitgrößten Kostenposition dar, daher hat das Thema „Energiekosten“ generell eine hohe Aufmerksamkeit.
- Identifikation von mittelfristigen Innovationspotenzialen: In einer weiteren Betrachtungsweise sind neue technologische als auch nicht-technologische Möglichkeiten im Bereich des betrieblichen Energiemanagements für Spar von Interesse, da auf Grund der weiteren Bautätigkeit und dem nationalen und internationalen Ausbau des Filialnetzes und der Langfristigkeit von Investitionen in die Energieversorgungsinfrastruktur die bestehenden Strategien kontinuierlich hinterfragt werden.

1.4 Aufbau des Endberichtes

Der Endbericht orientiert sich in seinem Aufbau am Projektplan zur Durchführung des Projektes SUPOSS. Im Kapitel 2 werden die Projektziele und der Grad der Zielerreichung diskutiert. Im Kapitel 3 werden die Ergebnisse des Projektes SUPOSS ausführlich dargestellt. Das Kapitel 4 legt die Beiträge des Projektes SUPOSS zu den Zielen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft und die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dar. Im Kapitel 5 werden schließlich ergänzende Empfehlungen und ein Ausblick auf die zukünftigen Aktivitäten gegeben.

2 Projektziele und Grad der Zielerreichung

2.1 Projektziele

SUPOSS wurde im Sinn der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft als dreistufiges Gesamtkonzept erstellt.

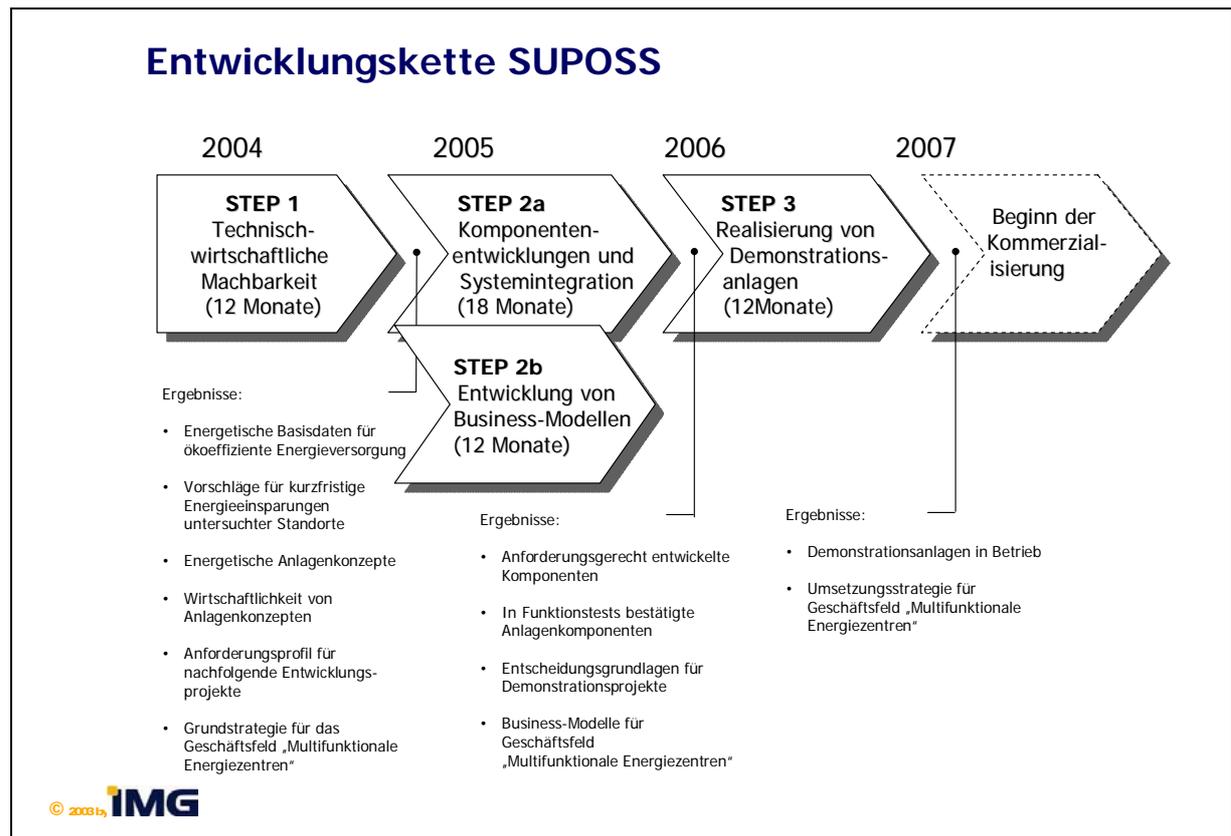


Abbildung 2: Gesamtkonzept SUPOSS

Das primäre Ziel des Projektes SUPOSS STEP 1 war es, herauszufinden, welche technisch und kommerziell sinnvollen Energiesysteme auf Basis der Energieträger feste Biomasse und solare Einstrahlung zu einer nachhaltigen Energieversorgung von Filialen des Lebensmittelhandels und der unmittelbaren Umgebung bereits heute zur Verfügung stehen bzw. welche technischen Entwicklungsschritte, aber auch kommerzielle und rechtliche Voraussetzungen noch geschaffen werden müssen, um konkrete Fortschritte in diese Richtung zu erzielen.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden folgende Fragestellungen im Detail bearbeitet:

- Welche Energiebedarfe und -verbrauchsprofile liegen in unterschiedlichen Filialtypen und Standorttypen und deren unmittelbarer Umgebung vor? (Deliverables 2.1 und 2.2 gemäß Antrag)

- Welche rechtlichen und kommerziellen Parameter sind für SUPOSS relevant? (D 2.3)
- Welche in Entwicklung bzw. bereits am Markt befindlichen Technologien im Bereich der alternativen Kältetechnik sind für SUPOSS relevant? (D 2.4)
- Welche Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien in sehr kleinen Leistungsbereichen (1-100kW elektrisch) auf Basis nachhaltiger Energieträger sind für SUPOSS relevant? (D 2.5)
- Welche in Entwicklung bzw. bereits am Markt befindlichen Technologien im Bereich solarer Nutzung sind für SUPOSS relevant? (D 2.6)
- Welche in Entwicklung bzw. bereits am Markt befindliche Technologien der thermischen Nutzung von fester Biomasse sind für SUPOSS relevant? (D 2.7)
- Welche technischen Konzepte eignen sich für die identifizierten energetischen und sonstigen Rahmenbedingungen (Leistungsgrößen, Verteilung und Nachfrage nach bestimmten Endenergieformen (Kälte, Wärme, Strom, Klimatisierung, Filialgröße, Standort, Fernwärmenetz, Energiebedarfsprofil angrenzender Abnehmer, etc.)? (D 3.1)
- Welche zeitlichen Entwicklungsstufen (Technologieroadmaps) für nachhaltige Energieversorgungssysteme zur Versorgung von Supermärkten und deren Umfeld zeichnen sich aus heutiger Sicht ab? (D 3.2)
- Welche technischen Entwicklungen (Groblastenhefte) sind erforderlich? (D 4)
- Wie ist die wirtschaftliche Machbarkeit und das Marktpotenzial für die ermittelten Konzepte zu beurteilen? (D 5)

2.2 Grad der Zielerreichung

D 2.1: Energieflussanalysen

Es wurden insgesamt sieben (gegenüber zwei im Antrag geplante) Märkte energetisch untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die jeweils 3 untersuchten Märkte in der Größenklasse Spar und Eurospar ähnliche energetische Profile aufwiesen, sodass die ermittelten Daten durchaus als für derartige Markttypen (in Summe über 1400 Geschäfte) repräsentativ angesehen werden können. In der Größenklasse Interspar wurde nur ein Markt (gesamt 56 Märkte) untersucht. Interspar-Märkte weisen eine wesentlich höhere Variabilität im Baukörper als auch in der Einbettung ins Umfeld auf, da diese sehr oft in größere Einkaufszentren eingebettet sind. Die erhobenen Daten waren vom Detaillierungsgrad und der Aussagekraft betrachtet für die Erarbeitung von Grobkonzepten zur internen Energieversorgung sehr gut geeignet.

D 2.2: Erhebung des energetischen Umfeldes

Eine repräsentative Analyse des energetischen Umfeldes von Filialen des Lebensmittelhandels war nicht möglich und wurde auch nicht angestrebt. Eine großzahlige empirische Erhebung hätte den Rahmen der Arbeit gesprengt. Zudem ist es bei der Realisierung konkreter Projekte, in denen das energetische Umfeld mit einbezogen werden soll, ohnehin erforderlich, in jedem einzelnen Fall das energetische Umfeld im Detail zu analysieren und die Ergebnisse bei der Dimensionierung von Anlagen und Verteilnetzen und der Berechnung der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen. Deshalb wurde der Weg gewählt in ausgewählten Umfeldern der untersuchten Märkte einerseits qualitative Untersuchungen hinsichtlich des Bedarfs, der Anforderungen und Motive zum Anschluss an derartige nachhaltige Energiezentren durchzuführen und andererseits möglichst plausible quantitative Abschätzungen bzgl. des Energiebedarfs anzustellen. Diese Abschätzungen wurden wiederum für die Plausibilisierung von erarbeiteten Konzepten in denen das energetische Umfeld einbezogen wurde, herangezogen.

D 2.3 – D 2.4: Studien über Stand der Technik bzw. rechtliche und kommerzielle Parameter

Der aktuelle Stand der Technik wurde von den beteiligten Partnern sehr ausführlich erhoben und analysiert. Es wurde ein vollständiges Screening aller relevanten Energieumwandlungstechnologien im Bereich fester Biomasse und solarer Technologien bzw. alternativer Kälteerzeugungstechnologien durchgeführt.

Bzgl. rechtlicher und kommerzieller Parameter wurden die derzeit in Österreich relevanten Gesetze, Brennstoffpreise und sonstigen Einflussfaktoren (Förderungen) erhoben, die für die rechtliche und kommerzielle Bewertung einzelner Technologien notwendig sind. Viele dieser Parameter (z.B. aktuelle Fördermodelle und -quoten, Preise für Öl, Gas, Biomasse und Strom) sind ständig im Fluss, weshalb Prognosen sehr schwierig sind. Zum Teil wurden einzelne Parameter in den Wirtschaftlichkeitsanalysen einer Sensitivitätsanalyse unterzogen. Letztlich gilt auch für dieses Thema, dass mit den erarbeiteten Daten grundsätzliche Aussagen und Bewertungen möglich waren, jedoch für die Realisierung konkreter Projekte unbedingt detaillierte Recherchen notwendig sind.

D 3.1 und D 3.2: Technische Konzepte und Technologieroadmaps

Bereits nach den ersten Analysen hat sich gezeigt, dass sehr viele technische Möglichkeiten bestehen, um die Nachhaltigkeit in der Energieversorgung von Supermärkten und deren Umfeld zu erhöhen. Es wurden daher seitens der Projektpartner eine Vielzahl von Konzepten entwickelt und bewertet.

Die energetisch sinnvollsten Konzepte je Marktgröße wurden in Technologieroadmaps zusammengefasst. Insgesamt wurden 62 (!) Konzepte (17 für Sparmärkte, 22 Eurospar, 23 Interspar-Märkte) beschrieben.

D 4: Entwicklungsbedarf

Für insgesamt sieben Erfolg versprechende Technologien wurden mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad Entwicklungsziele beschrieben. Diese Entwicklungslastenhefte sind ein wesentlicher Input für weitere Teilprojekte im Bereich Komponentenentwicklung und Systemintegration:

- Stirling-Motor
- Linearkolbengenerator
- ORC-Prozess
- DEC-Technologie
- Absorptionswärmepumpe
- LiBr-Kältemaschine
- Parabolrinnenkollektor

D 5: Wirtschaftliche Machbarkeit und Marktpotenzial

Die vorgeschlagenen Konzepte wurden einer Wirtschaftlichkeitsanalyse unterzogen. Die Biomasse basierten Konzepte wurden einer Discounted Cash Flow – Analyse unterzogen, während für die Bewertung solarer Konzepte einfachere Bewertungsverfahren (Statische Amortisation, statische Kostenvergleiche,...) herangezogen wurden.

In einer ersten Annäherung wurden aus den Daten und Angaben der Fa. SPAR Marktpotenziale für nachhaltige Energieversorgungssysteme durchgeführt. Eine detaillierte Marktanalyse konnte im Rahmen des vorliegenden Projekts jedoch nicht durchgeführt werden.

3 Inhalte und Ergebnisse

3.1 Erhebung der IST-Situation

Im Zuge des Projektes wurde eine umfassende Recherche zum Status Quo durchgeführt. Die wesentlichen Ergebnisse der eingehenden Datensammlung und –analyse wurden in einzelnen Studien zusammengefasst. Sie bildeten eine solide Basis für die Erstellung der nachfolgenden technischen Konzepte:

- D 2.1: Studie über Energiefluss und Energieeffizienzpotenziale von Lebensmittelmärkten (Partner IBL)
- D 2.2: Studie über energetisches Umfeld und mögliche Einbindung in lokale Energienetze (Partner IBL)
- D 2.3: Studie über rechtliche und kommerzielle Rahmenbedingungen (IMG)
- D 2.4: Studie über Stand der Technik und Anlagenkonzepte für alternative Kälteanlagen im Kontext derartiger Energiezentren (Arsenal)
- D 2.5: Studie über Stand der Technik und Anlagenkonzepte für KWK-Anlagen in kleinen und mittleren Leistungsbereichen (Button Energy, Bios)
- D 2.6: Studie über Stand der Technik und Anlagenkonzepte für Solartechnik und der Status der Solararchitektur im Kontext derartiger Energiezentren (Arsenal)
- D 2.7: Studie über Stand der Technik und Anlagenkonzepte für thermische Biomasse-Nutzung im Kontext derartiger Energienetze (Bios)

3.1.1 Studie über Energiefluss und Energieeffizienzpotenziale von Lebensmittelmärkten

In enger Abstimmung zwischen Spar, IMG und IBL wurden für die Ermittlung relevanter energetischer Daten für das Projekt SUPOSS zu untersuchende Sparfilialen ausgewählt, die für den jeweiligen Markttyp repräsentativ sind. Konkret wurden folgende Märkte einer detaillierten Energieanalyse unterzogen:

- Supermarkt: Vasoldsberg (Filial-Nr. 309), St. Marein bei Graz (Nr. 355), Fernitz (Nr. 390)
- Eurospar: Gleisdorf (Nr. 313) , Fohnsdorf (Nr. 672), Deutschlandsberg (Nr. 335)
- Interspar: Graz Wiener Straße (480 IM 88)

Für diese Märkte wurden Daten aus unterschiedlichen vorhandenen Aufzeichnungen erfasst:

- Umsätze, Energiemengen und -kosten für mehrere Perioden, Tarifmodelle, Arbeits- und Leistungspreise, u.a.m. aus dem Rechnungswesen und aus Energielieferverträgen
- Grundrisse, Flächen, Volumina, Daten für Berechnung von Wärmelasten, Traglasten, Geographische Ausrichtung, Fensterflächen, Sonstige gebäuderelevante Daten aus vorhandenen Bauplänen
- Daten über die Verteilnetze (Gas, Strom, Wasser), Messstellen, hydraulischen Verschaltungen aus Installationsplänen
- Beschreibungen der relevanten Aggregate (Anzahl, Alter, Leistung, sonstige technische Daten) und Messsysteme aus Maschinenlisten und Anlagenkarteien

Darüber hinaus wurden Begehungen und Messungen direkt vor Ort durchgeführt um zu wesentlichen Informationen zu gelangen:

- Erhebung der aktuell eingesetzten Wärme- bzw. Kälteversorgungsanlage(n)
- Verwendete Heizungsanlagen (Kesseltyp, Kesselnennleistung, Kesselbaujahr)
- Verwendete Kältemaschinen (Typ, Nennleistung, Baujahr, Gewerbekälte, Klimatisierung; Kühlung; Dezentrale Kälte)
- Erhebung der Brennstoffart und des Brennstoffverbrauchs pro Jahr (für jede Anlage)
- Erhebungen bzgl. der Brennstofflagerung (Lagerfläche, Lagervolumen, Zugänglichkeit von außen)
- Eruiere von verfügbaren Flächen bzw. Räumlichkeiten für eine Biomasse-KWK-Anlage (Pläne, Daten)
- Erhebung aller Wärme-/ Kälteverbraucher im Versorgungsbereich
- Erhebungen bzgl. der Raumwärmeerzeugung sowie Vorlauf-/Rücklauftemperaturen
- Erhebungen bzgl. der Warmwassererzeugung sowie Vorlauf-/Rücklauftemperaturen
- Erhebungen bzgl. der Prozesswärmeerzeugung sowie Vorlauf-/Rücklauftemperaturen
- Erhebungen bzgl. der Kälteerzeugung sowie Vorlauf-/Rücklauftemperaturen
- Erhebungen bzgl. der beheizten / gekühlten Flächen bzw. Raumvolumina
- Außentemperaturverläufe
- Erhebungen bzgl. des zeitlichen Wärme-/ Kälte-/ Stromabnahmeverhalten

- Erhebungen bzgl. Heiz- und Kühllast der Märkte
- Ermittlung der Beleuchtungssysteme

Aus diesen Daten wurden im nächsten Schritt die betrieblichen Energieflüsse analysiert und dargestellt. Da sich im Zuge der Analysen herausgestellt hat, dass die sieben untersuchten Filialen in ihrem energetischen Profil sehr ähnlich sind, werden die einzelnen Analyseschritte im Detail anhand einer Filiale exemplarisch dargestellt und die Ergebnisse der anderen sechs Filialen werden am Ende dieses Abschnittes zusammengefasst.

3.1.1.1 Raumwärme

Grundlagen zur Heizlastberechnung

Die Heizlast setzt sich aus zwei Teilen zusammen:⁸

- Transmissionswärmebedarf (entspricht den Wärmeverlusten über den Umschließungsflächen des Gebäudes)
- Lüftungswärmebedarf (entspricht der Wärmemenge, die aufgewendet werden muss, um die eingedrungene Frischluft zu erwärmen)

Die Transmissionswärmeverluste Q_T berechnen sich nach folgender Formel:

$$Q_T = \sum_j k_j * A_j * (t_i - t_a)$$

k_jWärmedurchgangskoeffizient [W/m²K]

A_jAußenfläche des Gebäudes [m²]

t_iMittlere Innentemperatur [°C]

t_aNormaußentemperatur [°C]

⁸ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 879

Der Wärmedurchgangskoeffizient k berechnet sich wie folgt:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}$$

α_iinnere Wärmeübergangszahl [W/m²K]

α_aäußere Wärmeübergangszahl [W/m²K]

λWärmeleitfähigkeit [W/m²K]

d.....Wandstärke [m]

Gebäudeheizlastberechnung Filiale Fernitz

Bruttoinhalt der beheizten Volumen: $V_r=4.885 \text{ m}^3$

Mittlere Innentemperatur: $t_i=20^\circ\text{C}^9$

Normaußentemperatur: $t_a=-12^\circ\text{C}^{10}$

Die k-Werte wurden aus den Bauunterlagen der Filiale entnommen.

Wärmeverluste durch Bauteile: Q_{trans}

Bauteil	Korrekturwert ¹¹ F	Fläche A [m ²]	k-Wert [W/m ² K]	A*F*k [W/°C]
Außenwand Dämmsystem	1	350	0,45	157,5
Außenwand Metallfassade	1	120	0,43	51,6
Fußboden gedämmt	0,15	180	0,46	12,4
Flachdach	1	910	0,19	172,9
Fenster/Türen nach Außen				
A _{FT}	1	50	1,7	85,0
Glasoberlicht	1	20	1,7	34,0
Nurverglasung ¹²	1	55	1,7	93,5
Fußboden ungedämmt	0,15	750	3,34	375,8
Summe				$Q_{\text{trans}}=982,7 \text{ [W/°C]}$

Tabelle 4: Transmissionsberechnung Filiale Fernitz

⁹ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S.888

¹⁰ Angabe Technisches Büro Werhonik, Lazarettgürtel 56, 8020 Graz

¹¹ Angabe Architektengemeinschaft Malek, Körösistrasse 17, 8010 Graz

¹² Verglasungsfassade Eingangs- und Kassebereich

Spezifische Wärmeverluste durch die Bauteile $Q_{\text{transspez}}$:

$$Q_{\text{transspez}} = \frac{Q_{\text{rans}}}{V_r} = \frac{982,7}{4.885} = 0,2011 \text{ W / m}^3 \text{ K}$$

Spezifische Lüftungsverluste $Q_{\text{Lüftungspez}}$: $WF=0,2$ ¹³

$$Q_{\text{Lüftungspez}} = \frac{A_{FT} * WF}{V_r} = \frac{50 * 2}{4.885} = 0,0204 \text{ W / m}^3 \text{ K}$$

Spezifische Heizlast: Q_{Hspez}

$$Q_{\text{Hspez}} = Q_{\text{transspez}} + Q_{\text{Lüftungspez}} = 0,2011 + 0,0204 = 0,2215 \text{ W/m}^3 \text{ K}$$

Gebäudeheizlast: Q_H

$$Q_H = Q_{\text{Hspez}} * V_r * (t_i - t_a) = 0,2215 * 4.885 * (20 + 12)$$

$$Q_H = 34,6 \text{ kW}$$

Gemäß der vorliegenden Berechnung beträgt die Heizlast für die Filiale Fernitz 34,6 kW.

¹³ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S.892

Anforderung an Heizungsanlagen

Die Aufgabe der Heizung besteht darin, die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers in der kalten Jahreszeit durch Erwärmung derart zu regulieren, dass sich ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe einstellt und der Mensch sich wärmephysiologisch behaglich fühlt.

Charakterisierung der Anforderungen an eine Heizung:¹⁴

- Die Empfindungstemperatur in dem beheizten Raum soll räumlich und zeitlich möglichst konstant sein
- Die Heizung soll regelbar sein, d. h. auf die gewünschte Empfindungstemperatur eingestellt werden können
- Die Raumluft soll durch die Heizung nicht verschlechtert werden
- Die gleichzeitig mit der Heizung erfolgende Erwärmung der zur Behaglichkeit erforderlichen Außenluft soll zugfrei und ohne störende Luftströmung bewirkt werden
- Die Heizung soll kostengünstig im Betrieb und in der Anschaffung sein
- Die Heizung muss den geltenden Umweltvorschriften entsprechen

Sechs der untersuchten Filialen werden mittels Erdgas beheizt. Nur eine Filiale, die Filiale St. Marein, wird mittels Nahwärme heizungsenergetisch versorgt. Bei Neuinstallation von Heizungsanlagen wird derzeit von Spar folgende Priorität bei der Wahl der Art der Raumwärmeerzeugung verfolgt:

1. Gasbetrieb, wenn die Filiale an ein öffentliches Fernwärmenetz angeschlossen werden kann
2. Fernwärme, wenn die Filiale im Versorgungsbereich eines Fern- oder Nahwärmenetzes liegt
3. Ölfeuerbetrieb

¹⁴ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 431

Wärmeerzeugungsanlage Filiale Fernitz

Da die Filiale Fernitz an ein öffentliches Ferngasnetz angeschlossen werden konnte, wurde diese Filiale mit einer Gasheizung ausgestattet. Die Brennstoffversorgung erfolgt mit Erdgas.

Art:	Modulierender Gasspezialkessel mit modulierender Brennkammer, stufenloser Leistungsregelung und Abgasrückgewinnung
Hersteller:	Hoval
Type:	Top Gas 45
Leistungsbereich:	10,7 bis 47,1 kW
Normnutzungsgrad nach DIN 4702:	Bei 40/30°C 109,7 %
Baujahr:	2000
Nennwärmeleistung:	44 kW
Aufstellungsraum:	Im Heizraum, von außen frei zugänglich Heizraumfläche: 8,8 m ² , Heizraumhöhe: 2,8 m

Tabelle 5: Technische Beschreibung der Gasheizung (Filiale Fernitz)

Der Gaskessel ist an einen doppelwandigen und freistehenden Kamin angeschlossen. Die Kaminhöhe beträgt 6,5 Meter. Im Weiteren ist diese Abgassystem für Brennwerttechnik baulich geeignet und geprüft.

Wärmeverteilung allgemein

Alle untersuchten Filialen werden durch eine zentrale Gebäudeheizung raumbeheizt. Die Versorgung der Deckenstrahlplatten und Radiatoren erfolgt mittels Stahlrohrleitungen.

Ausgeführte Wärmeverteilung Filiale Fernitz

Folgende Raumluftzustände werden durch die Raumheizung angestrebt:

Raum oder Bereich	Solltemperatur [°C]
Verkaufsraum	18
Kasbereich	20
Fleischübernahmebereich	18
Lager-/Anlieferaum	18
Sozialräume, Büro, WC	20

Tabelle 6: Sollraumtemperaturen laut Modellhandbuch

Das Wärmeverteilungsnetz ist aus fünf unterschiedlichen Kreisen aufgebaut. Das gesamte System wird über eine, in der Gastherme eingebaute wärmebedarfsgeführte Kesselregelung versorgt. Folgende Heizkreise sind ausgeführt:

Kreis 1: Kassebereich:

Vorlauftemperatur: 70°C

Rücklauftemperatur: 55°C

Wassermassendurchsatz: 600 kg/h

Wärmebedarf: 9.270 Watt

Deckenstrahlplatten: Defrotherm :Type ADD03/900

Kreis 2: Sozialbereich:

Vorlauftemperatur: 70°C

Rücklauftemperatur: 55°C

Wassermassendurchsatz: 200 kg/h

Wärmebedarf:3.250 Watt

Plattenradiatoren

Kreis 3: Lagerbereich:

Vorlauftemperatur: 80°C

Rücklauftemperatur: 70°C

Wassermassendurchsatz: 600 kg/h

Wärmebedarf: 9.470 Watt

Deckenstrahlplatten: Defrotherm: Type ADD02/900 und Type ADD02/600

Kreis 4: Fleischübernahmebereich:

Vorlauftemperatur: 40°C

Rücklauftemperatur: 35°C

Wassermassendurchsatz: 200 kg/h

zonengeregelt

Deckenstrahlplatten: Defrotherm: Type ADD02/600

Kreis 5: Verkaufsbereich:

Vorlauftemperatur: 80°C

Rücklauftemperatur: 43°C

Wassermassendurchsatz: 600 kg/h

Wärmebedarf: 21.040 Watt

Deckenstrahlplatten: Defrotherm: Type ADD02/600

Regelbeschreibung Heizungssystem der Filiale Fernitz:

Gaskessel: Der Gaskessel ist Außentemperatur-, Zeit- und Vorlauftemperaturgeregelt. Die Zeitregelung berücksichtigt die Nach- und die Wochenendzeiten. Diese Gaskesselregelung liefert eine konstante Vorlauftemperatur von 70°C für den Heizkreis 1 und 2 und eine konstante Vorlauftemperatur von 80°C für die Heizkreise 3 bis 5 .

Heizkreise: Als einziger Heizkreis ist der Heizkreis 4 (Fleischübernahmebereich) zonen geregelt, da die vom Gaskessel gelieferte Vorlauftemperatur von 80°C für diesen Heizkreis zu hoch ist. In diesem Bereich wird die Raumluft gemessen und über ein Zonenreguliertventil die Vorlauftemperatur von 40°C eingestellt. Durch Veränderung des Massedurchsatzes in den Wärmeverteilungszuleitungen wird der erforderliche Wärmestrom eingebracht. Die Radiatoren sind mit Thermostatventilen ausgestattet (Tag:10-22°C, Nacht: Frostschutzsicherung), um ein Überhitzen der Raumluft zu vermeiden. Über 16°C Außentemperatur wird der Radiatorenheizkreis abgeschaltet.

Im Bereich über den Kühlmöbeln und der Obst- und Gemüseabteilung werden keine Deckenstrahlplatten angebracht. Somit bleiben diese Zonen unbeheizt. Strahlerplattenheizkreise werden bei einer Temperatur, welche um 2°C höher liegt als für die jeweilige Zone erforderlich ist, durch die Regelung abgeschaltet.

Raumheizungseinrichtungen

In einem Lebensmittelmarkt ist es wünschenswert, dass es durch die Heizung zu keiner negativen Beeinflussung der Kühlstellen kommt (z. B. durch Luftregister, welche in ein offenes Kühlmöbel blasen). Dies wird durch Deckenstrahlplatten erfüllt, die bei allen untersuchten Filialen im Verkaufsraum, Lagerraum, Anlieferungsbereich und Fleischübernahmebereich eingesetzt werden. Sozial-, Büroräume und WC-Anlagen werden durch Radiatoren beheizt. Diese Raumheizungseinrichtungen (Deckenstrahlplatten, Radiatoren) haben die Aufgabe, die vom Heizmittel der Zentralheizung gelieferte Wärme in den zu heizenden Räumen durch Konvektion und Strahlung an die Raumluft zu übertragen.

Deckenstrahlplatten

Deckenstrahlplatten sind Raumheizkörper, die waagrecht unter der Decke aufgehängt werden und ihre Wärme vorwiegend durch Strahlung an die Raumluft abgeben. Die Wärmeleistung liegt bei einer Normübertemperatur von 55°C im Bereich von 500 bis 650 W/m². Deckenstrahlplatten können auch zur Raumkühlung eingesetzt werden.

Vorteile von Deckenstrahlplatten:¹⁵

- Verursachen geringe Luftbewegungen, sodass der Transport von Staub- und Verunreinigungen unterbunden werden
- Die Fußbodentemperatur wird durch Wärmestrahlung angehoben, wodurch die Behaglichkeit steigt
- Geringere Lüftungswärmeverluste als bei Luftheizsystemen
- Der Strahlungsanteil von 60 bis 70 % bewirkt eine ausgeglichene Lufttemperaturverteilung im Aufenthaltsbereich
- Durch den hohen Strahlungsanteil wird die Wärmeabgabe behaglicher empfunden als warme Luftströmungen
- Wegen des geringen Wasserinhaltes in den Deckenstrahlplatten besteht eine sehr gute Regelfähigkeit (meist durch strahlungsempfindliche Temperaturfühler)

Jahresnutzungsgrad¹⁶ der Heizungsanlage Fernitz

Der jährliche Energie- bzw. Brennstoffverbrauch ist wegen der Wärmeverluste des Kessels und der Rohrleitungen größer als der jährliche Nutzwärmebedarf.

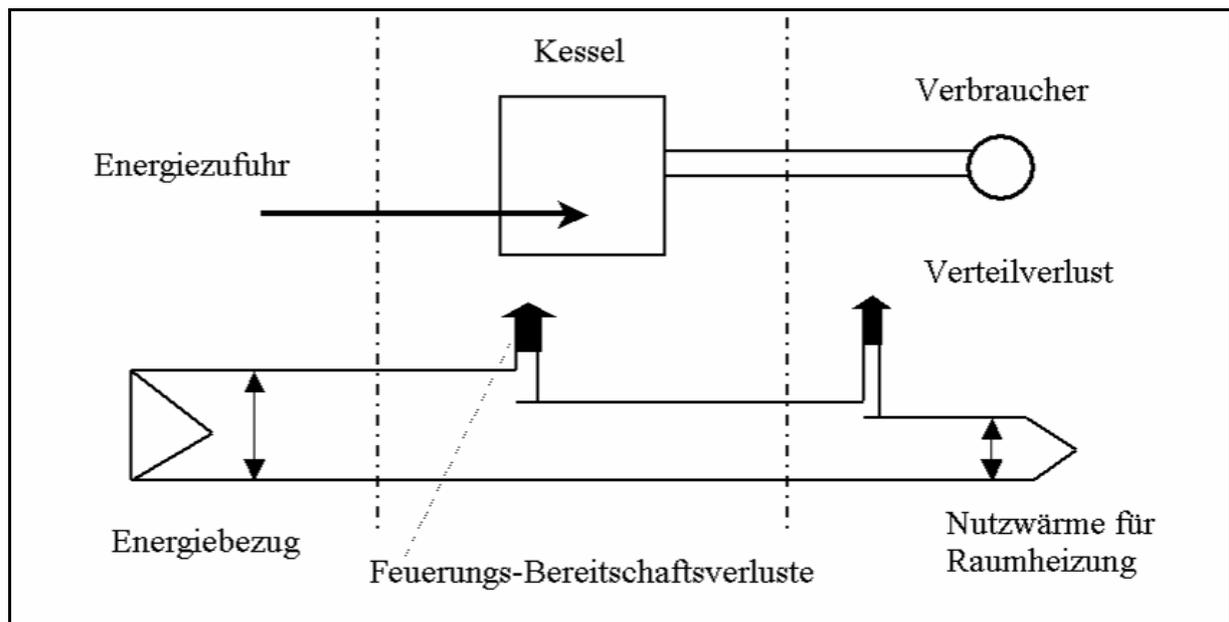


Abbildung 3: Nutzwärme und Verluste einer Heizanlage

¹⁵ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 944

¹⁶ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 1027

Der Jahresnutzungsgrad, oder auch Gesamtwirkungsgrad, über eine Heizperiode, berücksichtigt die Verluste bei der Wärmeerzeugung, der Wärmeverteilung und das der Heizkessel nicht die ganze Heizperiode voll im Betrieb ist.

$$\eta_{\text{ges}} = \eta_k * \eta_b * \eta_v$$

η_kmittlerer Kesselwirkungsgrad der Heizperiode ($\eta_k=0,9^{17}$)

η_{ges}Jahresnutzungsgrad oder Gesamtwirkungsgrad

η_b Bereitschaftsnutzungsgrad

η_vVerteilungsnutzungsgrad

$$\eta_b = \frac{1}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) * q_B + 1}$$

b ...Bereitschaftsdauer des Kessels: Annahme: $b=5.500$ h/a

q_B ...Bereitschaftsverluste: Annahme $q_B=0,03$

b_{vk} ...Vollbetriebsstunden des Kessels [h/a]

$$b_{vk} = \frac{\text{Jahreswärmeverbrauch}}{\text{Nennleistung Kessel}} = \frac{70.683}{44} = 1.606 \text{ h/a}$$

$$\eta_b = \frac{1}{\left(\frac{5.500}{1.606} - 1\right) * 0,03 + 1} = 0,93$$

Annahme: $\eta_v=0,95$ (für moderne Gebäude)

Jahresnutzungsgrad:

$$\eta_{\text{ges}} = \eta_k * \eta_b * \eta_v = 0,9 * 0,93 * 0,95 = 0,795$$

^{17,2} Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 1028

Berechnung der Heizwärme aus dem Gasverbrauch Fernitz:

Gasverbrauch 2003: $W_{\text{gas}}=70.683 \text{ kWh/a}$

$W_{\text{heiz}}=W_{\text{gas}} \cdot \eta_{\text{ges}}=70.683 \cdot 0,795=56.192 \text{ kWh/a}$

Gesamte Verluste der Heizungseinrichtung:

$W_{\text{verl}}=W_{\text{gas}}-W_{\text{heiz}}=70.683-56.192=14.491 \text{ kWh/a}$

Wärmerückgewinnung aus Abwärme der Verbundanlage

Begriffsdefinition: Wärmerückgewinnung

Die Wärmerückgewinnung nutzt die im Rahmen eines Kälteerzeugungsprozesses abzuführender Wärmeenergie (Abwärme), anstatt sie an die Umgebung abzuführen.¹⁸

Die primäre Nutzung einer Kälteanlage ist die Erzeugung von Kälte für die einzelnen Kühlstellen (Kühlmöbel, Kühlzellen und Tiefkühlzellen). Gleichzeitig fällt auf der Hochdruckseite der Verbundkälteanlage Wärme quasi als Abfallprodukt an. Diese Wärme wird, wenn sie nicht mit einer Abwärmerückgewinnung genutzt wird, mittels eines Kondensators an die Umgebungsluft abgegeben. Wenn man die Abwärme für die Warmwasservorwärmung oder Raumheizung nutzen kann, so steigt der Gesamtwirkungsgrad der Anlage beträchtlich an.

Die abfallende Abwärme setzt sich aus der Verflüssigungswärme und der Erhitzungswärme des Kältemittels zusammen. Die Gesamtmenge der zur Verfügung stehenden Heizenergie setzt sich überschlägig aus der produzierten Kälteenergie und der eingesetzten elektrischen Energie zum Antrieb der Kompressoren der Verbundanlage zusammen.¹⁹

Ausgeführte Anlage

In den Filialen Gleisdorf und Deutschlandsberg wird eine Abwärmerückgewinnungsanlage für Raumwärmeerzeugung eingesetzt. In beiden Filialen ist ein Wärmetauscher mit einem Wärmepufferspeicher von 750 Liter Fassungsvermögen aufgestellt.

Abwärmerückgewinnungswassertemperatur des Wärmepuffers bei der Begehung: 75°C.

¹⁸ Vgl.: ECKERT, H. J.; MAAKE, W.: Taschenbuch der Kältetechnik, 17. Auflage, Karlsruhe 1998, S. 623

¹⁹ Vgl.: WIFI: Energiekennzahlen und –sparpotentiale im Lebensmittel-Einzelhandel, 1996, S. 39

3.1.1.2 Warmwasserversorgung

Allgemeines

Die Anforderungen an die Warmwasserversorgung können wie folgt beschrieben werden:²⁰

1. Das Warmwasser (WW) soll in gewünschter Menge und Temperatur zur Verfügung stehen.
2. Die WW–Temperatur soll an der Entnahmestelle regelbar sein.
3. Die WW–Anlage soll betriebssicher sein.
4. Das WW soll hygienisch einwandfrei sein.
5. Der Betrieb soll kostengünstig und umweltfreundlich sein.

Die Warmwasserbereitung erfolgt in den Filialen dezentral mit elektrischen Untertischboilern oder Elektrowarmwasserspeichern (Boiler). Dezentral deshalb, weil die Warmwasserentnahmestellen örtlich in den Filialen so weit auseinander liegen, dass bei Warmwasserentnahmepausen die Leitungsabkühlung bei zentralen Warmwasserversorgungen zu große Energieverluste bringen würde. Ein weiterer Vorteil der dezentralen Warmwasserversorgung ist der geringere Investitions- und Installationsaufwand.²¹

Warmwasserverbrauchsberechnung Filiale Fernitz

In der Filiale Fernitz sind folgende dezentralen Warmwassererzeugungseinrichtungen im Einsatz:

- Sozialbereich: 5 Stück Untertischwasserspeicher, Fassungsvermögen 5 Liter, elektrische Leistung 1.200 Watt
- Fleischübernahmebereich: 1 Stück Boiler, Volumen 120 Liter, elektrische Leistung 2.000 Watt
- Lager- und Anlieferungsbereich: 1 Boiler, Fassungsvermögen 100 Liter, elektrische Leistung 2.000 Watt

²⁰ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 1687

²¹ Im Verlauf der weiteren Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass auf Grund dieser Rahmenbedingungen eine solare Warmwasserbereitstellung aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht zu realisieren ist.

Durch Befragung des Marktleiters wurden folgende Wasserverbräuche ermittelt:

Bereich	Wasserverbrauch [l/d]
Fleischübernahme	70
Lager- und Anlieferung	50

Tabelle 7: Wasserverbrauchswerte Filiale Fernitz

Im Sozialbereich wurde der Wasserverbrauch wie folgt ermittelt:

Spezifischer Wasserbedarf: $V_{\text{spez}}=10^{22} \text{ l/MA} \cdot \text{d}$

Gesamtmitarbeiteranzahl: $x=20 \text{ MA}$

$V_{\text{soz}}=V_{\text{spez}} \cdot x \cdot G=10 \cdot 20 \cdot 0,5=100 \text{ l/d}$

GMitarbeiteranwesenheitsgleichzeitigkeitsfaktor (Annahme: $G=0,5$)

Ermittlung des Jahresstromverbrauches für die Warmwassererwärmung:

$$W_{\text{wasser}} = \frac{1}{3600} * A * \sum_i (m_i * c_p * (t_{Ai} - t_E))$$

W_{wasser}jährlicher Energieaufwand zur Wassererwärmung [kWh/a]

ABetriebstage im Kalenderjahr [d/a], $A= 303 \text{ d/a}$

m_iWarmwasserbedarf [kg/d]

c_pspezifische Wärmekapazität [kJ/kgK]: $c_p=4,187 \text{ kJ/kgK}$

t_{Ai}Wasserentnahmetemperaturen [°C]

t_EWassereintrittstemperatur [°C], Annahme: $t_E=10 \text{ °C}^{23}$

²² Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 1736

²³ Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: a. a. O., S. 1739

Wasserentnahmetemperaturen:

Bereich	Wasserentnahmetemperaturen [°C]
Fleischübernahme	85
Lager- Anlieferung	60
Sozialbereich	50

Tabelle 8: Wasserentnahmetemperaturen Filiale Fernitz

$$W_{\text{wasser}} = \frac{303}{3600} * (70 * 4,187 * 75 + 50 * 4,187 * 50 + 100 * 4,187 * 40)$$

$$W_{\text{wasser}} = 4.141 \text{ kWh/a}$$

3.1.1.3 Gewerbekälte

Grundlagen Kälteanlagen²⁴

Häufig werden die installierten Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten hinsichtlich ihrer Einsatzbereiche unterschieden und zwar in:

- Pluskühlung
- Minuskühlung

Unter Pluskühlung, auch als Normalkühlung bezeichnet, versteht man Anlagen, die eine Lagertemperatur über 0°C haben. Verwendet man den Begriff Minuskühlung, so sind Lagertemperaturen von unter 0°C gemeint.

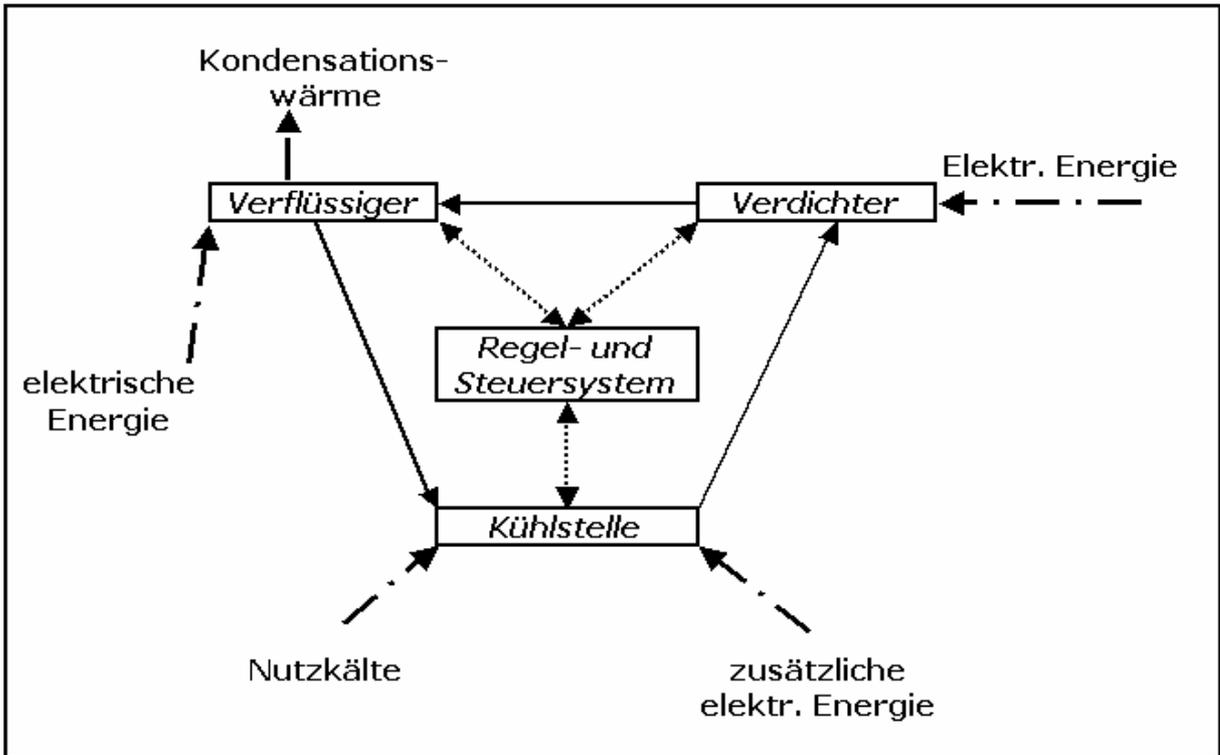
Funktionsschema einer Kälteanlage

Die Kälteanlage bildet einen geschlossenen thermodynamischen Kreislauf, wobei alle Hauptkomponenten dieses Gesamtkreislaufes so ausgelegt werden sollten, dass ein optimales thermodynamisches Gleichgewicht bei jeweiligen Betriebsverhältnissen erreicht werden kann. In Abbildung 4 wird das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten, nämlich Verdichter, Kondensator, Kühlstelle und Regelung- und Steuerungssystem mit den wichtigsten Energieströmen schematisch gezeigt.

Eine Kälteanlage besteht aus folgenden Komponenten:

- Verdichter: Bei gewerblichen Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten werden vorwiegend einstufige Hubkolbenverdichter verwendet
- Kondensator: Der Kondensator, auch als Verflüssiger bezeichnet, dient zur Verflüssigung des Kältemittels
- Kühlstelle: Bestehend aus Verdampfer (Verdampfungstemperatur unterhalb von 0°C) und Drosselung (meist mittels thermostatischen Expansionsventil)
- Kältemittel: Bei allen Verbundanlagen wird das Kältemittel R 404 A verwendet.
- Regelung: Regelkreis Verdichter, Regelkreis Verdampfer, Regelkreis Kondensator und Regelkreis Kühlmedientemperatur
- Kältemittelleitungen: Der Kältekreislauf wird durch die Kältemittelleitungen (meist isolierte Kupferrohre) zwischen den einzelnen Komponenten der Verbundanlage vervollständigt

²⁴ Vgl.: CUBE, H. L.; STEIMLE, F.; LOTZ, H.: Lehrbuch der Kältetechnik, Band 2, 4. Auflage, Heidelberg, 1997, S.1041 ff.

Abbildung 4: Funktionsschema einer Kälteanlage²⁵

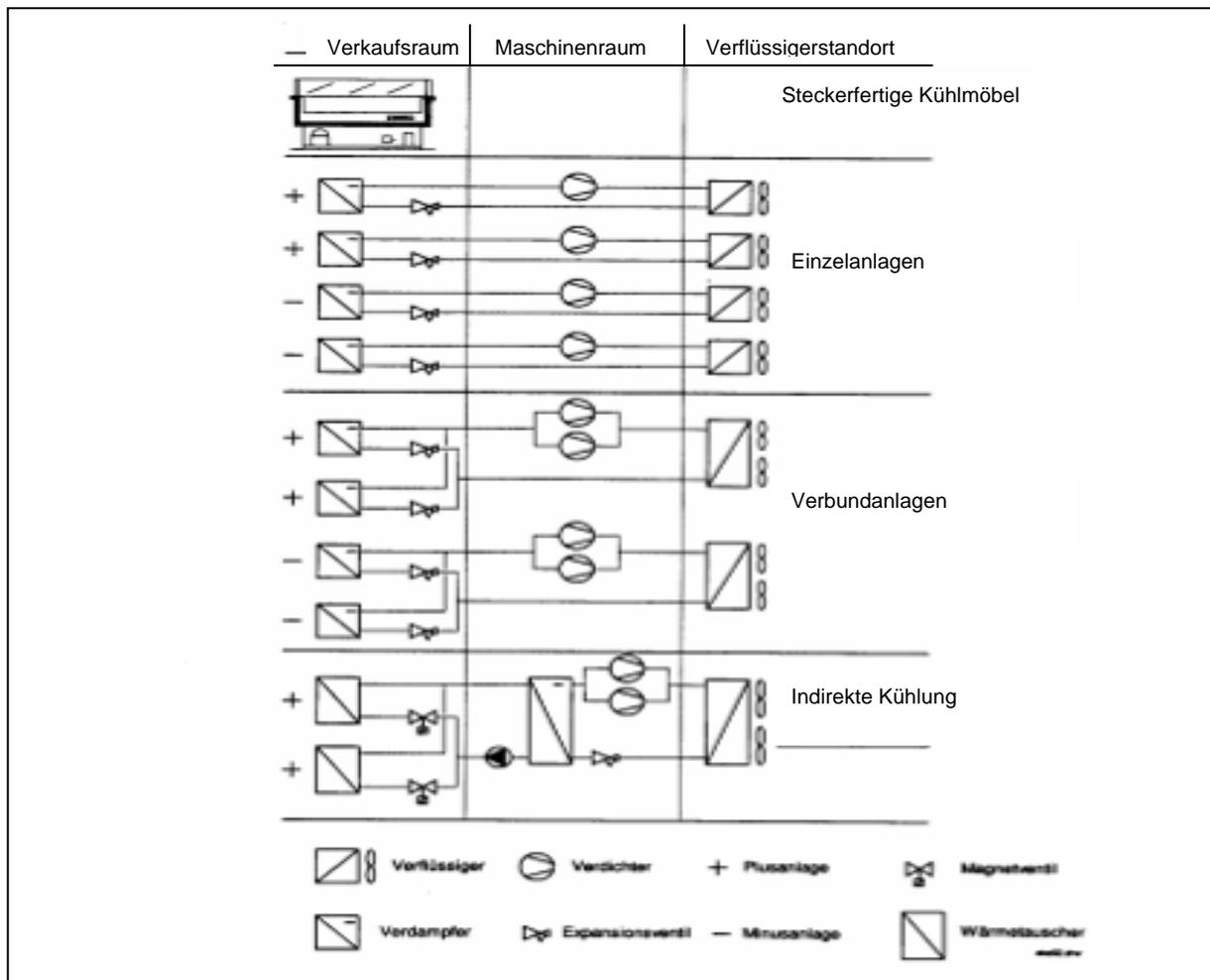
Ausführungsvarianten von Kälteanlagen

Im Lebensmittelhandel werden grundsätzlich drei verschiedene Arten von Anlagen zur Kälteerzeugung verwendet, die jeweils im Plus- und Minusbereich eingesetzt werden:

- Steckerfertige Kühlmöbel
- Einzelanlagen
- Verbundanlagen

Je nach Anwendungsfall werden diese unterschiedlichen Ausführungsvarianten in den untersuchten Filialen eingesetzt. Steckerfertige Kühlmöbel sind in der Minderheit, diese werden vorwiegend wegen ihrer Flexibilität bezüglich des Aufstellortes in Kassennähe verwendet. Verbundanlagen bilden den Großteil der eingesetzten Kälteanlagen.

²⁵ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 8

Abbildung 5: Kälteanlagen Anlagenkonzepte²⁶

Steckerfertige Kühlmöbel

Bei steckerfertigen Kühlmöbeln sind sämtliche Komponenten einer Kälteanlage direkt im Kühlmöbel eingebaut. Zur Kälteerzeugung werden hermetische Kompressoren²⁷ verwendet, die Kondensation erfolgt mittels luftgekühlter Verflüssigersätze.

²⁶ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 18

²⁷ Hermetische Verdichter: Motorverdichter mit verschweißten oder verlöteten Gehäuse

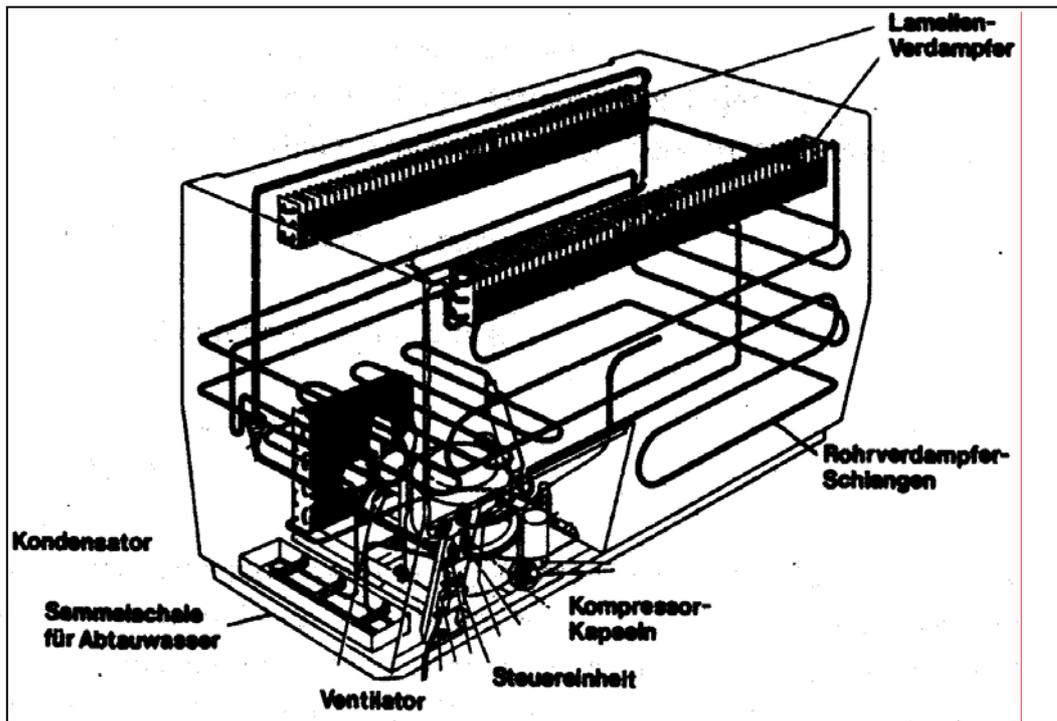


Abbildung 6: Prinzipaufbau eines steckerfertigen offenen Kühlmöbels²⁸

Vorteile von steckerfertigen Kühlmöbeln:²⁹

- Geringer Installationsaufwand (kurze Rohrleitungen)
- Flexible Einsatzmöglichkeit (örtlich und zeitlich)
- Niedrige Investitionskosten (kein extra Anlageraum erforderlich, einfache Regelung und Steuerung der Kälteanlage)

Nachteile von steckerfertigen Kühlmöbeln:³⁰

- Höherer Stromverbrauch (kleinere Kompressoren, mangelnde Wartung, fehlende bedarfsgerechte Abtauung)
- Abwärme der Kondensatoren erhöht im Sommer die Aufstellungsorttemperatur (zusätzliche Wärmequelle für Raumkühlung)

²⁸ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 19

²⁹ Vgl.: HEIM, J.: a. a. O., S. 20

³⁰ Vgl. HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 20

Verwendete steckerfertige Kühlmöbel Filiale Fernitz

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch eines steckerfertigen Kühlmöbels:

$$W_{\text{eljahr}} = W_{\text{spez24}} \cdot d$$

d.....Anzahl der Betriebstage

W_{spez24}24 Stunden elektrischer Arbeitsverbrauch (Herstellerangabe)

Aufgestellte steckerfertige Kühlmöbel in der Filiale Fernitz:

Im Plusbereich:

Anzahl: 3 Stück

Hersteller: Linde Kältetechnik

Type: Proteneus Plus

Kühlmöbellänge: 1.250 mm

Temperaturbereich: von 0 bis 2°C

W_{spez24} : 6 kWh/24h

$$W_{\text{eljahr1}} = W_{\text{spez24}} \cdot d \cdot \text{Anzahl} = 6 \cdot 365 \cdot 3 = 6.570 \text{ kWh/a}$$

Anzahl: 1 Stück

Hersteller: Linde Kältetechnik

Type: Performer 45

Kühlmöbellänge: 2.030 mm

Temperaturbereich: von 0 bis 2°C

W_{spez24} : 13,8 kWh/24h

$$W_{\text{eljahr2}} = W_{\text{spez24}} \cdot d \cdot \text{Anzahl} = 13,8 \cdot 365 \cdot 1 = 5.037 \text{ kWh/a}$$

Anzahl: 1 Stück

Hersteller: Linde Kältetechnik

Lagerung: Obst und Gemüse

Kühlmöbellänge: 990 mm

Temperaturbereich: von 0 bis 2°C

W_{spez24} : 15,1 kWh/24h

$$W_{\text{eljahr3}} = W_{\text{spez24}} \cdot d \cdot \text{Anzahl} = 15,1 \cdot 365 \cdot 1 = 5.511,8 \text{ kWh/a}$$

Elektrischer Gesamtjahresarbeitsverbrauch im Plusbereich:

$$W_{\text{eljahrp}} = W_{\text{eljahr1}} + W_{\text{eljahr2}} + W_{\text{eljahr3}} = 6.570 + 5.037 + 5.511,8$$

$$W_{\text{eljahrp}} = 17.118,8 \text{ kWh/a}$$

Steckerfertige Kühlmöbel im Minusbereich der Filiale Fernitz:

Anzahl: 1 Stück

Hersteller: Linde Kältetechnik

Typ: Premor, Eiskremsel

Temperaturbereich: von -18 bis -23°C

W_{spez24} : 29,4 kWh/24h

$$W_{\text{eljahrm}} = W_{\text{spez24}} \cdot d \cdot \text{Anzahl} = 29,4 \cdot 365 \cdot 1 = 10.731 \text{ kWh/a}$$

Gesamter elektrischer Jahresarbeitsverbrauch der steckerfertigen Kühlmöbel in der Filiale Fernitz:

$$W_{\text{eljahr}} = W_{\text{eljahrp}} + W_{\text{eljahrm}} = 17.118,8 + 10.731 = 27.849,8 \text{ kWh/a}$$

Verbundanlage

Allgemeines

Von Verbundanlagen spricht man, wenn mehrere Kälteverbraucher über einen Kältekreislauf, von örtlich getrennten, aber parallel geschalteten Verdichtern versorgt werden. Die Verflüssigung erfolgt zumeist zentral durch einen lüftgekühlten Verflüssiger (=Kondensator), der meist über dem Anlageraum am Dach aufgestellt ist.

Vorteile von Verbundanlagen:³¹

- Einfache Leistungsregelung durch partielles Wegschalten von einzelnen Kompressoren
- Senkung der installierten Verdichterkälteleistung durch einen Gleichzeitigkeitsfaktor (bis zu 20 %)
- Wirtschaftliche Voraussetzung zu Optimierung der Anlage
- Möglichkeit zur Verdampfungsdruckanhebung

^{31,2} Vgl. CUBE, H. L.; STEIMLE, F.; LOTZ, H.: Lehrbuch der Kältetechnik, Band 2, 4.Auflage, Heidelberg, 1997, S.1050

- Große Ausfallsicherheit durch parallel arbeitende Kompressoren
- Stufenweise Anpassungsfähigkeit der Verdichterleistungen an den sich ändernden Kälteleistungsbedarf
- Abwärmerückgewinnung prinzipiell möglich (zur Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung)

Nachteile von Verbundanlagen

- Verlust der Flexibilität (durch örtlich fixe Versorgungsleitungen)
- Sehr hoher Installationsaufwand
- Aufwendige Regelung
- Höhere Investitionskosten (durch aufwendige Verdichterregelung, Leitungskosten, zusätzlicher Maschinenraum)
- Komplexe Anlagen
- Lange Kältemittelrohrleitungen (Druck –und Temperaturverluste)
- Große Kältemittelverluste bei Leckagen

Vorlauftemperatur Kältemittel

Als Vorlauftemperatur gibt der Hersteller der Verbundanlage (Linde Kältetechnik) eine um 2°C höhere Temperatur als die Kompressorenentemperatur an.

Rücklauftemperatur Kältemittel

Als Rücklauftemperatur gibt der Hersteller der Verbundanlage (Linde Kältetechnik) eine um 22°C höhere Temperatur als die Kompressorenentemperatur an.

Regelung von Verbundanlagen

Die Regelung von Verbundanlagen ist sehr aufwendig und beeinflusst die energetische Effizienz von Verbundanlagen, sowie die Einhaltung der Solltemperatur an den Kühlstellen erheblich.

Die Regelung von Verbundanlagen gliedert sich in:

- Regelkreis Kühlstelle/Kühlstellentemperatur: Meist durch einen 2-Punkt Regler (Magnetventil)
- Regelkreis Verdichter: Die Verdichterleistungsregelung erfolgt normalerweise über den Saugdruck des Kältemittels
- Regelkreis Kondensator

Komponenten von Verbundanlagen: Kühlstellen

Die Kühlstellen, als eigentliche Kälteverbraucher, gliedern sich in Kühlmöbel und Kühlräume/Kühlzellen. Dabei entfallen im Allgemeinen rund 90 % des Kältebedarfes auf die Kühlmöbel und nur 10 % auf die Kühlräume/Kühlzellen.³² Der Kälteleistungsbedarf in Lebensmittelmärkten hängt im Wesentlichen von der Innenraumtemperatur und der Raumluftfeuchtigkeit ab.

Gewerbliche Kühlmöbel

Nach ÖNORM EN 441-1 (1991) werden die gewerblichen Kühlmöbel folgenderweise definiert:

Ein gewerbliches Kühlmöbel ist ein offenes oder geschlossenes Kühlmöbel, das für den Verkauf/Ausstellung von gekühlten/tiefgekühlten Lebensmittelprodukten geplant und konstruiert ist und Türen haben kann, aber nicht haben muss.

Temperaturbereiche von Verkaufskühlmöbel:

Möbelart	Soll-Kühlmöbelinnentemperatur	Verdampfungstemperatur
Pluskühlmöbel	0 bis 2 °C	-8 bis -14 °C
	2 bis 4 °C	-6 bis -12 °C
	4 bis 6 °C	-4 bis -10 °C
	6 bis 8 °C	-3 bis -5 °C
Minuskühlmöbel	-18 bis -20 °C	-30 bis -35 °C
	-23 bis -25 °C	-35 bis -40 °C

Tabelle 9: Temperaturbereiche von Verkaufskühlmöbel

Das Kühlmöbel hat im Lebensmittelhandel folgende Aufgaben zu erfüllen:³³

- Frischhalten der im Kühlmöbel gelagerten Ware, somit Einhaltung der geforderten Kühlguttemperaturen und Vermeidung von großen Temperaturschwankungen im Kühlmöbel
- Einhaltung der geforderten Luftfeuchtigkeit bei der Einlagerung von unverpackten Produkten
- Entsprechende Präsentation der Ware im Verkaufsraum
- Dem Kunden einen unkomplizierten Wareneinsatz zu ermöglichen

³² Vgl. HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 25

³³ Vgl. WIFI: Energiekennzahlen und –sparpotentiale im Lebensmittel-Einzelhandel, 1996, S. 28

- Dem Gestaltungskonzept des Marktes im Verkaufsbereich zu entsprechen (Imagepflege)

Diese Aufgaben müssen durch das Kühlmöbel bei Einhaltung der wirtschaftlichen Anforderungen (Minimierung der Investitions- und Betriebskosten) erfüllt werden.

Konstruktive Ausführungen von gewerblichen Kühlmöbeln:

Im Minusbereich:

- Tiefkühltruhe (werden an der Wand aufgestellt)
- Tiefkühlkombination
- Tiefkühlschrank (geschlossen mittels Glastür)
- Tiefkühlinsel (stehen im Verkaufsraum)

Im Plusbereich:

- Kühlvitrine
- Kühltheke
- Containerkühlregal (Roll-in)
- Kühlregal

Kühlzellen und Kühlräume

Nach ÖNORM B 4951 (1989) werden die zerlegbaren Kühlzellen folgendermaßen definiert: Kühlzellen sind mittels vorgefertigter Bauteile geschaffene, begeh- oder befahrbare Räume, zur Abkühlung und Kühlhaltung gelagerter Waren und Stoffe.

Der Kühlraum unterscheidet sich von der Kühlzelle insofern, als alle Wände aus Mauerwerk bestehen, welche, je nach Temperaturanforderung an den Kühlraum, mit einer entsprechenden Wärmedämmschicht versehen sind.

Temperaturbereiche von Kühlzellen und Kühlräumen:

- Fleischkühlraum/-zelle: Temperaturbereich von 0 bis 2°C, Luftfeuchtigkeit von 80 bis 85 %
- Obst- und Gemüsekühlraum/-zelle: Temperaturbereich von 0,5 bis 4°C, Luftfeuchtigkeit von 85 bis 96 %
- MOPRO³⁴-Kühlräume/-zelle: Temperaturbereich von 0 bis 8°C, die Luftfeuchtigkeit ist ohne Bedeutung (da hauptsächlich verpackte Produkte eingelagert werden)

³⁴ MOPRO: Molkereiprodukte

Berechnung des Energieverbrauches bei Verbundanlagen

Bei der Berechnung des Energieverbrauches der Verbundanlagen wurden 2 verschiedene Methoden verwendet:

Methode 1

Wurde im Energiehandbuch eine Aufzeichnung der gesamten Elektrizitätsaufnahme des Plusverbundes durchgeführt, so wurde aus diesen Aufzeichnungen der Anteil der Kompressoren und die somit die Kälteleistung berechnet. Diese Methode wurde bei folgenden Filialen angewandt:

- Filiale 313 Gleisdorf
- Filiale 672 Fohnsdorf
- Filiale IM 88 Wienerstrasse 286

Methode 2

Liegen aus den Energiehandbuchaufzeichnungen keine Werte für die elektrische Leistungsaufnahme der gesamten Verbundanlage vor, so wurde anhand des spezifischen Kälteleistungsbedarfes der Kühlstellen die Leistungsaufnahme der Kompressoren und somit der Kälteleistung ermittelt. Diese Methode wurde zur Berechnung des Jahreskältebedarfes für die restlichen 4 Filialen angewandt:

- Filiale 309 Vasoldsberg
- Filiale 355 St. Marein
- Filiale 390 Fernitz
- Filiale 335 Deutschlandsberg

Im Weiteren wird für die Filiale Gleisdorf die Plusverbundanlage detailliert durchgerechnet und für die beiden anderen Filialen (Fohnsdorf, Interspar Graz) werden nur die Ergebnisse in Kapitel 5 angegeben (der Rechengang erfolgt analog dem Rechengang der Filiale Gleisdorf).

Plusverbundberechnung Eurospar Gleisdorf

Bei dieser Methode wird der Anteil der benötigten elektrischen Arbeit des Kompressors mittels einer, auf statistischen Erhebungen beruhenden Verteilung des Energieeinsatzes von Verbundanlagen berechnet.

Hersteller	Firma Linde Kältetechnik
Verbundsatz	Typ VPP 300-400 4210
Verdichter	4 Stück 8T-8.2 Y
Kälteleistung	81,44 kW bei $t_0=-14^{\circ}\text{C}$, $t_c=45^{\circ}\text{C}$
Leistungsaufnahme	34,16 kW bei $t_0=-14^{\circ}\text{C}$, $t_c=45^{\circ}\text{C}$
Verdampfungsnenntemperatur t_0	-14°C
Kondensationsnenntemperatur t_c	45°C
Kältemittel Verbundsatz	R 404 A
Füllmenge Kältemittel Verbundsatz	210 kg
Aufstellort Verbundsatz	im Aggregatraum von Außen frei zugänglich

Tabelle 10: Verbundanlagendaten Filiale Gleisdorf

Kälteleistung der Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}}=81,44 \text{ kW}$

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$P_{\text{elektr.}}=34,16 \text{ kW}$

Vorlauftemperatur Kältemittel: -12°C

Rücklauftemperatur Kältemittel: 8°C

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{81,44}{34,16} = 2,38$$

ϵ_eeffektive Leistungszahl [1]

$P_{\text{kälte}}$Nutzkälteleistung [kW]

$P_{\text{elektr.}}$ zugeführte elektrische Leistung [kW]

Die im Energiehandbuch aufgezeichneten elektrischen Arbeitsverbräuche sind jene Arbeitsmengen, welche die gesamte Verbundanlage während eines Jahres benötigt. Um den Kompressoranteil zu erhalten, ist der jeweilige elektrische Arbeitsaufwand mit dem Faktor 0,627 (aus Tabelle 11, Verdichteranteil V) zu multiplizieren.

Bezeichnung	Einheit/Bauteil	Aufteilung [%]
Kälteerzeugung 69,8 %	Verdichter	62,7
	Verflüssigungsventilator	3,6
	Zylinderkopfventilator	2,1
	Carterheizung	0,7
	Schaltschrank	0,7
Kühlmöbel 30,2 %	Abtauung	8
	Rahmenheizung	6,5
	Verdampfungsventilatoren	10,8
	Beleuchtung	4,9

Tabelle 11: Aufteilung Elektrizitätsverbrauch bei Verbundanlagen³⁵

Verdichteranteil: $V=62,7\%$

Umrechnung auf die Kältearbeit: $W_{\text{kältevorh}}=W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e$

Für das Kalendermonat Jänner gilt:

$$W_{\text{kältevorh}}=W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e =19.548 \cdot 0,627 \cdot 2,38=29.182 \text{ kWh}$$

Jahr	Monat	W_{elektges} [kWh/m]	$W_{\text{kältevorh}}$ [kWh/m]
2003	Januar	19.548	29.182
	Februar	15.430	23.035
	März	18.165	27.118
	April	18.667	27.867
	Mai	22.464	33.536
	Juni	21.349	31.871
	Juli	25.940	38.725
	August	23.138	34.542
	September	19.452	29.039
	Oktober	19.012	28.382
	November	18.102	27.024
	Dezember	18.645	27.834
Summe 2003		239.912	358.154

Tabelle 12: Monatlicher Stromverbrauch Plusverbund Filiale Gleisdorf

³⁵ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 82

Plusverbundberechnung Eurospar Fohnsdorf

Installierte Kälteanlage im Plusbereich:

Kälteleistung Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}}=64,5$ kW

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$P_{\text{elektr.}}=25,5$ kW

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{64,5}{25,5} = 2,52$$

Umrechnung auf die Kältearbeit:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} * V * \epsilon_e$$

Für den Jahreskältearbeitsbedarf gilt:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} * V * \epsilon_e = 164.418 * 0,627 * 2,52$$

$$W_{\text{kältevorh}} = 257.725 \text{ kWh/a}$$

Plusverbundberechnung Interspar IM 88

Installierte Kälteanlage im Plusbereich:

Kälteleistung der Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}}=139,4$ kW

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$P_{\text{elektr.}}=60,2$ kW

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{139,4}{60,2} = 2,31$$

Umrechnung auf die Kältearbeit: $W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} * V * \epsilon_e$

Jahreskältearbeitsbedarf:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e = 338.735 \cdot 2,31 \cdot 0,627$$

$$W_{\text{kältevorh}} = 493.320 \text{ kWh/a}$$

Minusverbundberechnung Eurospar GleisdorfInstallierte Kälteanlage im Minusbereich:

Kälteleistung der Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}} = 26,04 \text{ kW}$

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$$P_{\text{elektr.}} = 13,9 \text{ kW}$$

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{26,04}{13,9} = 1,62$$

Umrechnung auf die Kältearbeit:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e$$

Jahreskältearbeitsbedarf:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e = 168.493 \cdot 1,62 \cdot 0,627$$

$$W_{\text{kältevorh}} = 173.188 \text{ kWh/a}$$

Minusverbundberechnung Eurospar FohnsdorfInstallierte Kälteanlage im Minusbereich:

Kälteleistung der Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}} = 24,3 \text{ kW}$

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$$P_{\text{elektr.}} = 15,84 \text{ kW}$$

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{24,3}{15,84} = 1,53$$

Umrechnung auf die Jahreskältearbeit:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e$$

$$W_{\text{kältevorh}} = 199.510 \cdot 1,62 \cdot 0,627 = 190.782 \text{ kWh/a}$$

Minusverbundberechnung IM 88

Installierte Kälteanlage im Minusbereich:

Kälteleistung der Verdichter im Plusbereich: $P_{\text{kältenenn}} = 38,97 \text{ kW}$

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter im Plusbereich:

$$P_{\text{elektr.}} = 22,41 \text{ kW}$$

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kältenenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{38,97}{22,41} = 1,73$$

Umrechnung in Kältearbeit:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e$$

Jahreskältearbeitsbedarf:

$$W_{\text{kältevorh}} = W_{\text{elektges}} \cdot V \cdot \epsilon_e = 263.250 \cdot 1,73 \cdot 0,627$$

$$W_{\text{kältevorh}} = 287.057 \text{ kWh/a}$$

Weiters wird für die Filiale Deutschlandsberg die Verbundanlage detailliert durchgerechnet und für die anderen Filialen (Vasoldsberg, Fernitz, St. Marein) werden nur die Ergebnisse im Anhang angegeben (der Rechengang erfolgt analog dem Rechengang der Filiale Deutschlandsberg).

Plusverbundberechnung Deutschlandsberg

Da bei dieser Filiale die elektrische Leistungsaufnahme der kompletten Plusverbundanlage nicht im Energiehandbuch aufgezeichnet wurde, musste der Jahreskältearbeitsverbrauch wie folgt ermittelt werden:

Spezifischer Kältebedarf der Kühlmöbel:

Der Hersteller der Kühlmöbel (Firma Linde Kältetechnik) gibt für ein Verkaufsrauminnentemperatur von 25°C und einer relativen Luftfeuchte $\phi=60\%$ den spezifischen Kälteleistungsbedarf für die Kühlmöbel an.

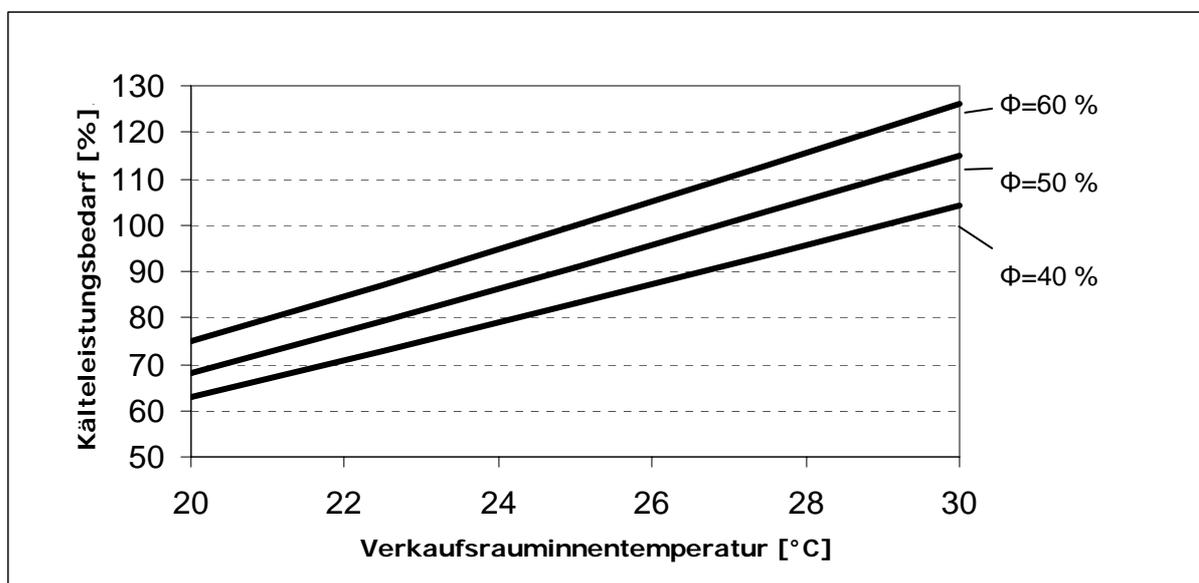


Abbildung 7: Einfluss der Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit auf den Kältebedarf eines Kühlmöbels³⁶

Aus Abbildung 7 ist zu erkennen, dass sich der Kältebedarf des Kühlmöbels durch Senkung der Raumtemperatur um beispielsweise 3°C, bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit um ca. 18 % vermindern würde. Bei einer Luftfeuchtigkeitssenkung um 10 % würde sich der Kältebedarf um ca. 8 % verringern. Die Lufttemperatur wirkt sich also wesentlich stärker auf den Energiehaushalt eines Kühlmöbels aus als die Luftfeuchtigkeit. Damit wird verdeutlicht, wie wichtig es ist, die Raumtemperatur und die Luftfeuchtigkeit auf der einen Seite und die Behaglichkeit auf der anderen Seite auf ein Optimum einzustellen.

³⁶ Vgl. HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 30

Stück	Kühlmöbel Art	Länge [m]	Kälteleistungsbedarf [kW]
2	Kühlregal 375 ARF 1225 L1	7,6	11,20
1	Kühlregal 250 ARF 0425 L1	2,6	2,10
1	Kühlregal ARF 1025 L1	6,35	4,29
1	Kühlregal 250 ARF 0425 L1	2,6	1,33
1	Kühlregal 250 ARF 0425 L1	2,6	1,56
1	Containerregal AVF 375 35 L	3,75	3,96
2	KIS 375 AIB 1245 S	7,71	4,34
1	KIS 250 AIB 0445 S	2,71	0,73
1	Theke 375 AIB 0946 A3	3,83	0,97
1	Theke 188	1,95	0,49
1	Theke 375 AIB 1046 A 3	3,83	0,97
1	Theke 250	2,58	0,65
1	Theke 250	2,58	0,72
1	SB Theke 375 AST 0646	3,83	0,97
1	SB Theke 250 AST 0446	2,58	0,65
1	Theke 188 ABT 0546 A3	1,95	0,49
1	Theke 125	1,95	0,65
1	Kühlregal 250 ARF 0425 L1	2,58	3,45
1	Theke IE 90	Ecke	0,46
Kälteleistungsbedarf summiert			39,98 kW

Tabelle 13: KM im Plusbereich Filiale Deutschlandsberg

Berücksichtigt man, dass die durchschnittliche Verkaufsrauminnentemperatur unter der Temperatur der Angabe des spezifischen Kälteleistungsbedarfes der Kühlmöbel liegt mit dem Faktor $F=0,9$, so ergibt sich ein Jahreskältearbeitsbedarf der Kühlmöbel von:

$$W_{KM} = P_{KM\text{Spez}} \cdot F \cdot t = 39,98 \cdot 0,9 \cdot 8.760 = 315.202 \text{ kWh/a}$$

t.....Betriebszeit von 8.760 h

Neben den Kühlmöbeln werden von der Verbundanlage auch die Kühlzellen mit Kälteenergie versorgt.

Ermittlung des Kältearbeitsbedarfes der Kühlzellen:

Alle Kühlzellen im Plusbereich wurden durch Panele der Firma Bruche ausgekleidet. Somit ergibt sich ein bei einer Panelstärke von 80 mm ein k-Wert von $k=0,275 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Herstellerangabe) für alle Kühlzellen im Plusbereich.

Folgende Kühlzellen sind bei der Filiale Deutschlandsberg in Verwendung:

Raum	Grundfläche A_G [m ²]	Raumhöhe h [m]	Raumvolumen V [m ³]	k-Wert [W/m ² K]
Fleisch KZ ³⁷	24,0	2,4	57,6	0,275
Wurst KZ	16,8	2,4	40,3	0,275
Obst/Gemüse KZ	33,3	2,4	79,9	0,275

Tabelle 14: KZ Filiale Deutschlandsberg

Berechnung der Transmissionsverluste der Fleisch Kühlzelle:

Temperatur in der KZ: $T_i=4 \text{ °C}$

Umgebungstemperatur: $T_a=20 \text{ °C}$

Jahresbetriebsstunden: $t=8.760 \text{ h}$

Verlustfaktor: $V=2^{38}$ (berücksichtigt Lüftungsverluste)

Vereinfachte Berechnung der Oberfläche O der Kühlzelle:

$$O = 2 * A_G + \sqrt{A_G} * h * 4 = 2 * 24 + \sqrt{24} * 2,4 * 4 = 95,03 \text{ m}^2$$

³⁷ KZ: Kühlzelle

³⁸ Angabe Firma Linde Kältetechnik

Transmissionsjahresverlust der Kühlzellen:

$$W_{\text{ver1}} = k \cdot O \cdot (T_a - T_i) \cdot t = 0,275 \cdot 95,03 \cdot (20 - 4) \cdot 8.760$$

$$W_{\text{ver1}} = 3.662 \text{ kWh/a}$$

Berechnung der Transmissionsverluste der Wurst-Kühlzelle:

Temperatur in der Kühlzelle: $T_i = 4 \text{ °C}$

Umgebungstemperatur: $T_a = 20 \text{ °C}$

Jahresbetriebsstunden: $t = 8.760 \text{ h}$

Verlustfaktor: $V = 2$ (berücksichtigt die Lüftungsverluste)

Vereinfachte Berechnung der Oberfläche O der Kühlzelle:

$$O = 2 \cdot A_G + \sqrt{A_G} \cdot h \cdot 4 = 2 \cdot 16,8 + \sqrt{16,8} \cdot 2,4 \cdot 4 = 72,95 \text{ m}^2$$

Transmissionsjahresverluste der Kühlzelle:

$$W_{\text{ver2}} = k \cdot O \cdot (T_a - T_i) \cdot t = 0,275 \cdot 72,95 \cdot (20 - 4) \cdot 8.760$$

$$W_{\text{ver2}} = 2.811 \text{ kWh/a}$$

Berechnung der Transmissionsverluste der Obst- und Gemüse Kühlzelle:

Temperatur in der Kühlzelle: $T_i = 4 \text{ °C}$

Umgebungstemperatur: $T_a = 20 \text{ °C}$

Jahresbetriebsstunden: $t = 8.760 \text{ h}$

Verlustfaktor: $V = 2$ (berücksichtigt die Lüftungsverluste)

Vereinfachte Berechnung der Oberfläche O der Kühlzelle:

$$O = 2 \cdot A_G + \sqrt{A_G} \cdot h \cdot 4 = 2 \cdot 33,28 + \sqrt{33,28} \cdot 2,4 \cdot 4 = 121,94 \text{ m}^2$$

Transmissionsjahresverlust:

$$W_{\text{verl3}} = k \cdot O \cdot (T_a - T_i) \cdot t = 0,275 \cdot 121,84 \cdot (20 - 4) \cdot 8.760$$

$$W_{\text{verl3}} = 4.700 \text{ kWh/a}$$

Summe Transmissionsverluste der Kühlzellen im Plusbereich:

$$W_{\text{verlges}} = (W_{\text{verl1}} + W_{\text{verl2}} + W_{\text{verl3}}) \cdot V = (3.662 + 2.811 + 4.700) \cdot 2 =$$

$$W_{\text{verlges}} = 22.346 \text{ kWh/a}$$

Berechnung des Gesamtkältearbeitsbedarfes des Plusverbundes:

$$W_{\text{plus}} = W_{\text{KM}} + W_{\text{verlges}} = 315.202 + 22.346 = 337.548 \text{ kWh/a}$$

W_{plus} Jahreskältearbeitsbedarf Plusverbund [kWh/a]

W_{KM} Jahreskältearbeitsbedarf Kühlmöbel [kWh/a]

W_{verlges} Jahreskältearbeitsbedarf Kühlzellen [kWh/a]

Jahresstromverbräuche Plusverbund Deutschlandsberg:

Installierte Kälteanlage (Leistungsdaten):

Verdichter Nennkälteleistung: 58,95 kW

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter: 30,51 kW

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kälteem}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{58,95}{30,51} = 1,93$$

Jahresarbeitsverbrauch der Kühlzellen: W_{elKZ}

$$W_{\text{verlges}} = 22.346 \text{ kWh/a}$$

$$W_{\text{elKZ}} = \frac{W_{\text{verlges}}}{\epsilon_e} = \frac{22.346}{1,93} = 11.578 \text{ kWh/a}$$

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch der Kühlmöbel: W_{elKM}

W_{KM} Jahresarbeitsbedarf der Kühlmöbel [kWh/a]

$W_{KM}=315.202$ kWh/a

$$W_{elKM} = \frac{W_{KM}}{\varepsilon_e * V} * EDF$$

EDF.....Einschaltdauerfaktor³⁹: EDF=(16 bis 18)/24

Annahme: EDF = 18/24, da die Kältemaschine einen Volllastanteil T_{voll} von 5.721 Stunden besitzt.

$$T_{voll} = \frac{\text{Jahreskältearbeitsbedarf}}{\text{Nennkälteleistung}} = \frac{337.610}{59} = 5721 \text{ h / a}$$

$$W_{elKM} = \frac{W_{KM}}{\varepsilon_e * V} * EDF = \frac{315.202}{1,93 * 0,627} * \frac{18}{24} = 195.355 \text{ kWh / a}$$

Gesamter elektrischer Arbeitsverbrauch im Plusverbund: $W_{elgesplus}$

$W_{elgesplus}=W_{elKZ} * W_{elKM} = 11.578 + 195.355 = 206.933$ kWh/a

Minusverbundberechnung Deutschlandsberg

Da bei dieser Filiale die elektrische Leistungsaufnahme der kompletten Minusverbundanlage nicht im Energiehandbuch aufgezeichnet wurde, musste der Jahreskältearbeitsverbrauch wie folgt ermittelt werden:

³⁹ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 52

Kältebedarf der Kühlmöbel im Minusbereich:

Stück	Kühlmöbel Art	Länge [m]	Kälteleistungsbedarf [kW]
1	TK Set 375 ATR 0675 L	3,8	1,65
2	TK Set ATR 1275 L1	7,6	9,4
2	TK Set ATR 1275 L2	7,6	10,2
		Summe	21,25

Tabelle 15: Kältebedarf der KM im Minusbereich, Deutschlandsberg

$$W_{KM} = P_{KM\text{Spez}} \cdot F \cdot t = 21,25 \cdot 0,9 \cdot 8.760 = 167.555 \text{ kWh/a}$$

t.....Betriebszeit von 8.760 h

Ermittlung des Kältearbeitsbedarfes der Tiefkühlzelle:

Alle Tiefkühlzellen im Minusbereich wurden durch Panele der Firma Bruche ausgekleidet. Somit ergibt sich ein k-Wert bei einer Panelstärke von 140 mm von $k=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Herstellervangabe) für alle Kühlzellen im Plusbereich.

Folgende Tiefkühlzelle ist bei der Filiale Deutschlandsberg in Verwendung (Tabelle 16):

Raum	Grundfläche A_G [m ²]	Raumhöhe h [m]	Raumvolumen V_{ol} [m ³]	k-Wert [W/m ² K]
Backwaren TKZ ⁴⁰	24,0	2,4	57,6	0,275

Tabelle 16: TKZ Filiale Deutschlandsberg

Berechnung der Transmissionsverluste der Fleisch Tiefkühlzelle:

Temperatur in der Tiefkühlzelle: $T_i = -20^\circ\text{C}$

Umgebungstemperatur: $T_a = 20^\circ\text{C}$

Jahresbetriebsstunden: $t = 8.760 \text{ h}$

Verlustfaktor: $V = 2$ (Angabe Firma Linde Kältetechnik, berücksichtigt die Lüftungsverluste)

Vereinfachte Berechnung der Oberfläche O der Tiefkühlzelle:

⁴⁰ TKZ: Tiefkühlzelle

$$O = 2 * A_G + \sqrt{A_G} * h * 4 = 2 * 24 + \sqrt{24} * 2,4 * 4 = 41,96 \text{ m}^2$$

Transmissionsjahresverlust:

$$W_{\text{verl1}} = k * O * (T_a - T_i) * t = 0,16 * 41,96 * (20 + 20) * 8.760$$

$$W_{\text{verl1}} = 2.552 \text{ kWh/a}$$

Summe Transmissionsverluste Tiefkühlzelle des Minusverbundes:

$$W_{\text{verlges}} = W_{\text{verl1}} * V = 2.552 * 2 = 5.104 \text{ kWh/a}$$

Berechnung des Kältearbeitsbedarfes des Minusverbundes:

$$W_{\text{minus}} = W_{\text{KM}} + W_{\text{verlges}} = 167.555 + 5.104 = 172.659 \text{ kWh/a}$$

W_{minus} Jahreskältearbeitsbedarf Minusverbund [kWh/a]

W_{KM} Jahreskältearbeitsbedarf Kühlmöbel [kWh/a]

W_{verlges} Jahreskältearbeitsbedarf Kühlzellen [kWh/a]

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch durch den Minusverbund Filiale Deutschlandsberg:

Installierte Kälteanlage: (Leistungsdaten)

Nennkälteleistung der Verdichter: 23,069 kW

Elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter: 13,65 kW

Effektive Leistungszahl: ϵ_e

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kälteenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{23,069}{13,65} = 1,69$$

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch der Kühlzellen: W_{elKZ}

$$W_{\text{verlges}} = 2.552 \text{ kWh/a}$$

$$W_{\text{elKZ}} = \frac{W_{\text{verlges}}}{\epsilon_e} = \frac{2.552}{1,69} = 1.510 \text{ kWh / a}$$

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch der Kühlmöbel: W_{elKM}

W_{KM} Jahreskältearbeitsbedarf Kühlmöbel [kWh/a]

$$W_{KM} = 167.555 \text{ kWh/a}$$

$$W_{elKM} = \frac{W_{KM}}{\varepsilon_e * V} * EDF$$

EDF.....Einschaltdauerfaktor⁴¹: $EDF = (18 \text{ bis } 20) / 24$

Annahme: $EDF = 18/24$, da die Kältemaschine einen Volllastanteil T_{voll} von 7.506 Stunden besitzt.

$$T_{voll} = \frac{\text{Jahreskältearbeitsbedarf}}{\text{Nennkälteleistung}} = \frac{172.659}{23} = 7.506 \text{ h/a}$$

$$W_{elKM} = \frac{W_{KM}}{\varepsilon_e * V} * EDF = \frac{167.555}{1,69 * 0,627} * \frac{22}{24} = 144.948 \text{ kWh/a}$$

Elektrischer Jahresarbeitsverbrauch des gesamten Minusverbundes:

$$W_{elgesminus} = W_{elKZ} * W_{elKM} = 144.948 + 1.510 = 146.458 \text{ kWh/a}$$

⁴¹ Vgl.: HEIM, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993, S. 52

3.1.1.4 Lüftung und Klimatisierung

Allgemeines

Aufgabe der Lüftungs- und Klimatechnik ist es, den Zustand der Raumluft hinsichtlich Reinheit, Temperatur und Feuchte innerhalb bestimmter Grenzen zu halten.

Einteilung der Lüftungstechnik:⁴²

1. Freie Lüftungssysteme: (Fugen-, Fenster-, Schacht-, Dachausatzlüftung): Die Lüftung erfolgt nur durch Druckunterschiede infolge Wind oder/und Temperaturunterschiede zwischen außen und innen des Gebäudes.
2. Raumlufttechnische Anlagen: (Lüftungsanlage, Teilklimaanlage, Klimaanlage)

Klimaanlagen:

Diese haben die Aufgabe, Temperatur und Feuchte der Raumluft innerhalb vorgeschriebener Grenzen konstant zu halten. Sie vereinigen in sich alle 4 thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen: heizen, kühlen, befeuchten und entfeuchten.

Gliederung von Klimaanlagen nach dem Anwendungsgebiet:⁴³

- Komfortklimaanlagen (Humanklimaanlagen): Dienen zur Erzeugung von günstigen Luftzuständen in Aufenthaltsräumen von Menschen wie z.B. Bürogebäude, Theater und Kaufhäuser.
- Industrieklimaanlagen (Prozessklimaanlage): Haben die Aufgabe, für die Fabrikation bestimmter Güter einen günstigen Luftzustand herzustellen.

Ausgeführte Lüftung bei der Filiale Fernitz

Bei dieser Filiale werden der Verkaufsraum und die Nebenräume ausschließlich über Fenster und Türen natürlich belüftet. Nur der innenliegende Fleischübernahmebereich und der Aggregatraum wird mittels Axiallüfter zwangsbelüftet.

Verkaufsraumkühlung

⁴² Vgl.: RECKNAGEL, H.; SCHRAMEK, E. R.; SPRENGER, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998, S. 1054

⁴³ Vgl.: IHLE, C.: Klimatechnik und Kältetechnik, 3.Auflage, Karlsruhe 1996, S. 58

Als einzige der untersuchten Filialen ist bei der Eurosparfiliale Fohnsdorf die Verkaufsfläche vollständig raumgekühlt. In der Intersparfiliale IM 88 wird nur der Kassebereich zonenweise und der Tresorraum mit einem Split-Klimagerät raumgekühlt. Der Tresorraum ist aufgrund der temperatursensiblen Alarmanlage gekühlt.

Verkaufraumkühlung Filiale Fohnsdorf

Der Verkaufsraum der Eurosparfiliale Fohnsdorf wird mittels zehn Stück Split-Klimageräte der Firma Linde Kältetechnik klimatisiert. Diese Split-Klimageräte sind in drei Gruppen aufgeteilt. Um Einschaltstromspitzen zu verringern, werden diese drei Gruppen zeitverzögert ein- und ausgeschaltet. Die Temperaturregelung erfolgt durch Temperaturfühler am Lufteintritt des Niederdruckteiles. Die Bedienung dieser Split-Klimageräte erfolgt per Fernbedienung. Die voreingestellte Einschaltdauer dieser Geräte ist von 8 Uhr bis maximal 20 Uhr. Nachts erfolgt eine Lüftung der Räumlichkeit durch automatisches Öffnen der Dachluken.

Technische Daten eines Split-Klimagerätes:

- Kältenennleistung: 13,8 kW
- Elektrische Leistungsaufnahme Verdichter: 7,8 kW
- Kältemittel: R 407 C

Beschreibung von Klimageräten in Split Bauweise

Diese Geräte bestehen aus einem Innen- und einem Außenteil, die kältemittelseitig und elektrisch miteinander verbunden sind. Der Innenteil, der direkt unter der Dachunterseite montiert ist, ist der Niederdruckteil des Kälteaggregates und übernimmt die eigentliche Aufgabe der Raumklimatisierung. Dieser Innenteil besteht aus einem Verdampfer, einem Ventilator, einem Filter und einem Bedienungsteil. Das Split-Außenteil ist auf der Außenseite des Daches montiert und besitzt einen lüftgekühlten Kondensator, der die im Raum vom Verdampfer (Kühler) aufgenommene Wärme wieder an die Umgebungsaußenluft abgibt. Problematisch bei dieser Art der Verkaufsräumkühlungen von Lebensmittelfilialen mit Kühlmöbeln ist, dass deren Innenteile (Ventilatoren) zu starke Luftbewegungen im Verkaufsraum erzeugen und somit die Luftschleier der Kühlmöbel verletzt werden.

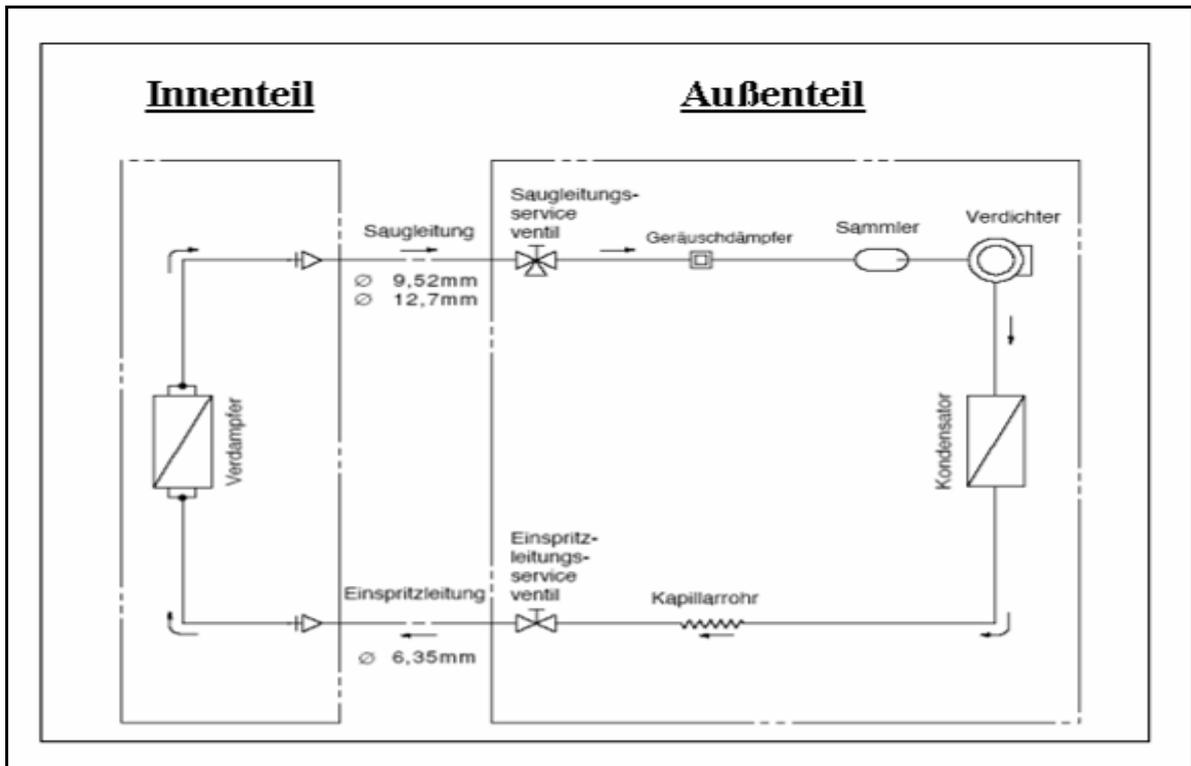


Abbildung 8: Schema eines Klimagerätes in Split-Bauweise

Vorteile von Split-Klimageräten:⁴⁴

- Relativ einfach zu montieren und gut nachrüstbar
- Flexibel bei der Aufstellung (kleine Mauerdurchbrüche notwendig)
- Geringe Investitionskosten
- Geringer Geräuschpegel, da Verdichter und Axialventilator sich im Außenteil befinden, welcher im Freien aufgestellt ist
- Geringer Raumbedarf (durch Flachbauweise)

Definition Kühllast:⁴⁵

Unter Kühllast versteht man, die auf den Raum einwirkenden Wärmeströme, welche die Raumlufttemperatur über den gewünschten Sollwert ansteigen lässt. Es handelt sich demnach um den Wärmestrom, der zu einem bestimmten Zeitpunkt aus dem Raum abzuführen ist, damit die festgelegte Raumlufttemperatur eingehalten werden kann.

⁴⁴ Vgl.: IHLE, C.: Klimatechnik und Kältetechnik, 3.Auflage, Karlsruhe 1996, S. 154

⁴⁵ Vgl.: IHLE, C.: a. a. O., S. 182

Die Kühllast wird nach VDI 2078 in innere Kühllast (innerhalb des Gebäudes) und äußere Kühllast (Sonneneinfluss) aufgeteilt. Die innere Kühllast ist eine Wärmequellen, die innerhalb des Gebäudes auf den zu klimatisierenden Raum einwirkt. Die äußere Kühllast ist der Wärmestrom, der von außen auf die Gebäudeumschließungsfläche einwirkt.

Bestandteile der inneren Kühllast:

- Wärmeabgabe durch Personen
- Wärmeabgabe durch Einrichtungen (z.B. Beleuchtung, Maschinen)
- Wärmestrom durch Nachbarräume

Bestandteile der äußeren Kühllast:

- Wärmestrom durch Außenwand und Außenfenster
- Wärmestrom durch Dächer
- Einfluss der Fugenlüftung

Als Grundlage zur Berechnung des elektrischen Jahresenergieverbrauches der Verkaufsräumkühlung wurde die Kühllastberechnung des Planungsbüros ATP Innsbruck vom 18.03.2003 genommen.

Ergebnis der Kühllastberechnung nach VDI 2078 vom Planungsbüro ATP⁴⁶

Uhrzeit	Konvektion innen	Luftströme/ Nebenträume	Raumlufttemperatur	Transmission Fenster	Transmission Außenwände	Strahlung innen	Luft Temperatur Soll	Luft Temperatur Außen	Q _{kli} , Stündliche Kühllast
	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[°C]	[°C]	[W]
1	0	7.742	7.473	-516	1.851	9.402	22	16,5	25.952
2	0	7.742	6.417	-837	995	8.279	22	15,5	22.596
3	0	7.742	5.621	-1.038	304	7.411	22	15,2	20.041
4	0	7.742	5.012	-1.121	-180	6.730	22	15,5	18.183
5	1078	7.742	4.536	-1.064	-360	6.814	22	16,5	18.746
6	3253	7.742	4.158	-888	117	8.102	22	18	22.485
7	5642	7.742	3.851	-607	1.426	10.387	22	19,9	28.440
8	54668	8.646	3.595	-222	3.398	15.677	22	22,2	85.761
9	63.498	19.947	784	236	5.774	21.110	22,3	24,7	95.422
10	63.908	31.248	-7.589	733	8.269	25.243	23,3	27,2	113.366

⁴⁶ ATP: Architekten und Planungsbüro, Heiligengeiststrasse 16, 6010 Innsbruck

Uhrzeit	Konvektion innen	Luftströme/ Nebenräume	Raumlufttemperatur	Transmission Fenster	Transmission Außenwände	Strahlung innen	Luft Temperatur Soll	Luft Temperatur Außen	Q _{kli} , Stündliche Kühllast
11	63.663	41.645	-13.677	1.230	10.627	28.110	24,2	29,5	117.304
12	63.408	50.234	-17.188	1.686	12.621	30.091	24,9	31,4	122.011
13	63.285	57.015	-19.507	2.087	14.101	31.519	25,5	32,9	125.761
14	62.762	61.535	-19.985	2.407	15.061	32.312	25,9	33,9	128.755
15	61.731	62.891	-18.075	2.608	15.373	32.343	26	34,2	130.884
16	60.161	61.535	-15.024	2.691	14.982	31.507	25,9	33,9	130.514
17	50.743	57.015	-10.087	2.634	13.926	29.002	25,5	32,9	120.495
18	48.951	50.234	-4.382	2.458	12.311	26.181	24,9	31,4	116.912
19	47.622	41.645	1.200	2.177	10.349	23.412	24,2	29,5	112.113
20	32.629	31.248	7.644	1.792	8.341	24.355	23,3	27,2	97.563
21	0	7.742	14.010	1.334	6.596	19.281	22,3	24,7	48.372
22	0	7.742	13.485	937	5.191	15.494	22	22,2	42.749
23	0	7.742	10.820	340	3.957	12.847	22	19,9	35.706
24	0	7.742	8.892	-116	2.842	10.879	22	18	30.240

Tabelle 17: Kühllastberechnung Filiale Fohnsdorf

Ermittlung der Häufigkeit der Außenluftextremtemperaturen für 2003:

Als Grundlage der Außentemperaturverläufe 2003 wurden die Wetterdaten für Zeltweg verwendet.

Um die Häufigkeit zu ermitteln, wurde ein idealisierter Außentemperaturverlauf angenommen, der bei 3 Uhr sein Temperaturminimum und bei 15 Uhr sein Temperaturmaximum besitzt.

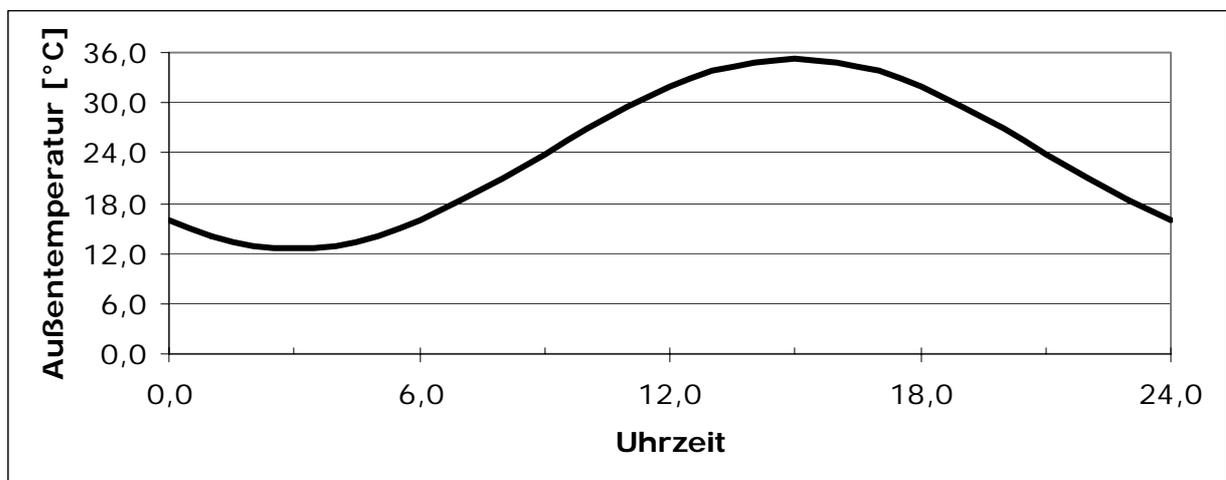


Abbildung 9: Idealisierter Außentemperaturverlauf vom 13.08.2003, Filiale Fohnsdorf

Uhrzeit	Außentemperatur [°C]	Uhrzeit	Außentemperatur [°C]
0:00	15,9	12:00	32,0
1:00	14,1	13:00	33,8
2:00	13,0	14:00	34,9
3:00	12,6	15:00	35,3
4:00	13,0	16:00	34,9
5:00	14,1	17:00	33,8
6:00	15,9	18:00	32,0
7:00	18,3	19:00	29,6
8:00	21,0	20:00	26,9
9:00	24,0	21:00	24,0
10:00	26,9	22:00	21,0
11:00	29,6	23:00	18,3

Tabelle 18: Außentemperaturwerte vom 13.08.2003, Filiale Fohnsdorf

Berechnet man nun für alle Jahreskalendertage 2003 deren Tagestemperaturverlauf und zählt die Stunden der Außentemperaturwerte die, über 26°C liegen, so bekommt man folgende Häufigkeit der Außentemperaturstundenwerte:

Index i	Außentemperaturbereich [°C]	Gesamtstunden 2003 [h]	Kühlleistung Q_{kli} [W]
1	von 26 bis 28	199	109.035
2	von 28 bis 30	131	113.366
3	von 30 bis 32	107	122.011
4	von 32 bis 34	36	125.761
5	von 34 bis 36	5	130.888

Tabelle 19: Außentemperaturhäufigkeit für 2003, Filiale Fohnsdorf

Die Kühlleistung Q_{kli} ist aus der Kühllastberechnung von ATP für den jeweiligen Außentemperaturbereich entnommen.

Berechnung des Jahreskältearbeitsbedarfes: $W_{\text{kälteerf}}$

$$W_{\text{kälteerf}} = \sum_{i=1}^5 (Q_{\text{kli}} * x_{ii}) = 199 * 109035 + 131 * 113366 + 107 * 122011 + 36 * 125761 + 5 * 130888$$

$$W_{\text{kälteerf}} = 54.785.924 \text{ Wh} = 54.785 \text{ kWh}$$

Technische Daten eines Split-Klimagerätes:

Kältenennleistung Verdichter: $P_{\text{kältenenn}}=13,8 \text{ kW}$

Elektrische Leistungsaufnahme Verdichter: $P_{\text{elektr.}}=7,8 \text{ kW}$

Effektive Leistungszahl ϵ_e des Split-Klimagerätes:

$$\epsilon_e = \frac{P_{\text{kälteenn}}}{P_{\text{elektr.}}} = \frac{13,8}{7,8} = 1,76$$

Jahresstromarbeitsbedarf aller 10 Split-Klimageräte für 2003: W_{elerf}

$$W_{\text{elerf}} = \frac{W_{\text{kälteerf}}}{\epsilon_e} = \frac{54.785}{1,76} = 31.127 \text{ kWh}$$

3.1.1.5 Elektrische Verbraucher

Beleuchtung

Neben der Kälteerzeugung ist die Beleuchtung der zweitgrößte elektrische Verbraucher in einem Lebensmittelmarkt.⁴⁷ Lebensmittelmärkte haben in der Regel nur einen geringen Anteil an natürlicher Beleuchtung, deshalb ist die Einschaltdauer der Beleuchtung relativ hoch. Zumeist wird bei allen Filialen die Verkaufsräumebeleuchtung eine Stunde vor Geschäftsbeginn eingeschaltet und kurz nach Geschäftsschluss ausgeschaltet.

Die Anforderungen an eine effizient gestaltete Beleuchtung haben sich nach der primären Nutzung des Innenraumes bzw. nach den darin durchgeführten Tätigkeiten und Bedürfnissen zu richten. So findet man in den Verkaufsräumen von Lebensmittelmärkten neben der Grundbeleuchtung Zonen, mit Themenbeleuchtungen die eine höhere Beleuchtungsstärke haben, um Produkte oder Plakate hervorzuheben oder in bestimmten Arbeitsbereichen die Arbeitsqualität zu verbessern (z. B. Frischfleischbereich, Kassebereich).

Als Grundbeleuchtung werden bei allen untersuchten Filialen Leuchtstofflampen verwendet.

Leuchtstofflampen⁴⁸

Leuchtstofflampen gehören zur Familie der Entladungslampen und stellen die wichtigste künstliche Lichtquelle dar (es wird angenommen, dass mehr als 50 % des künstlichen Lichts durch Leuchtstofflampen erzeugt wird). Entladungslampen bestehen im Allgemeinen aus einem mit Gasen und Dämpfen gefüllten Glaskolben, in dem zwei Elektroden eingeschmolzen sind. Wird nun eine genügend hohe Spannung angelegt, so werden Ladungsträger, Elektronen und Ionen, beschleunigt. Atome, auf die sie stoßen, werden angeregt oder ionisiert, das Gas wird leitend und es bildet sich ein Plasma. Je nach Gasfüllung wird sichtbares Licht direkt abgestrahlt oder UV-Strahlung durch Leuchtstoffe auf der Innenseite des Glaskolbens in sichtbares Licht umgewandelt. Entladungslampen benötigen zum Betrieb ein Vorschaltgerät, das hauptsächlich dazu dient, den Strom durch die Lampe bei der Entladung zu begrenzen.

Die zwei Grundkomponenten der Werbewirksamkeit und damit einer Anregung der Kauflust, sind die statische Werbung durch die Ware und die dynamische durch den Verkäufer. Die Verkaufsräumebeleuchtung hat daher andere Aufgaben zu erfüllen, als bei Arbeitsräumen. Vorerst soll der Käufer zum Laden durch Lichtlinien hingeführt werden, zusätzliche Lichtinseln und Lichteffekte verstärken den Werbeeffect durch die Beleuchtung. Sodann hat die Beleuchtung die eigentliche Verkaufshandlung durch Anreize zu unterstützen. Licht in sei-

⁴⁷ WIF: Energiekennzahlen und –sparpotentiale im Lebensmittel-Einzelhandel, 1996, S.36

⁴⁸ Vgl.: SEYR, S.; RÖSCH, G.: Elektroinstallation, Blitzschutz und Lichttechnik, 5. Auflage, Wien 1982, S. 201 ff.

nen verschiedenen Variationen hilft die Besonderheiten der Ware herauszustellen: Licht lockt den Menschen, Licht hilft werben, Licht hilft verkaufen.

Bei der Festlegung der erforderlichen Beleuchtungsstärke ist im Eingangsbereich des Verkaufsräumens besondere Vorsicht geboten. Der Käufer, der an hellen Tageslichtstunden den Verkaufsräumens betritt, darf nicht das unangenehme Gefühl haben, in einen dunklen Raum einzutreten. Um dieses Unbehagen zu vermeiden, sind in diesen Bereichen hohe Beleuchtungsstärken zu erzeugen. Dies ist bei den untersuchten Filialen gut gelöst, da der Anteil der natürlichen Beleuchtung durch Glasfassadenflächen in diesen Bereichen relativ groß ist.

Schattigkeit und plastisches Aussehen:

Da der Anteil an Non-Food Produkten in den Lebensmittelfilialen immer mehr steigt, ist es wichtig für ein ansprechendes und zum Kauf der Waren anregendes Licht- und Schattenverhältnis zu sorgen. Erst durch das Wechselspiel von Licht und Schatten erscheinen die Verkaufsgüter plastisch und animierend. Zu beachten ist ferner, dass die Warenaufschriften, Preisauszeichnungen und andere Details durch die Beleuchtung entsprechend leicht vom Kunden gelesen werden können.

Ausgeführte Beleuchtungsanlage Filiale Fernitz

Berechnung des elektrischen Jahresenergieverbrauchs der Beleuchtung:

$$W_{elges} = \sum W_{eli}$$

$$W_{el} = P_i * X_i * ED_i * \ddot{O}T$$

W_{elges} ...gesamter elektrischer Arbeitsbedarf der Beleuchtung [KWh/a]

W_{el} elektrischer Arbeitsbedarf einer Leuchte [KWh/a]

P_ielektrische Leistung einer Lampe [W]

X_iAnzahl der Lampen/Leuchte [Stück]

ED_iEinschaltdauer einer Leuchte am Tag [h/d]

$\ddot{O}T$Öffnungstage der Filiale pro Jahr [d/a], $\ddot{O}T=303$ d/a

In der Filiale Fernitz sind die in der Tabelle 20 und 21 angeführten Beleuchtungseinrichtungen installiert.

Im Innenbereich:

Raumart	Art	Leistung/Lampe [W/Stk.]	Anzahl [Stk.]	Leistung gesamt [W]	ED [h/d]	W _{el} [kWh/a]
Verkaufsraum	Regal Spots	70	11	770	12	2.799,7
Verkaufsraum	Leuchtstofflampe	58	117	6.786	12	24.673,9
Verkaufsraum	Leuchtstofflampe	58	22	1276	12	4.639,5
Verkaufsraum	Regal Spots	58	5	290	12	1.054,4
Verkaufsraum	Regal Spots	36	9	324	12	1.178,1
Windfang	Leuchtstofflampe	98	2	196	12	712,7
Lager	Leuchtstofflampe	36	7	252	2	152,7
Aggregate	Leuchtstofflampe	36	1	36	0	0,0
Büro	Leuchtstofflampe	72	4	288	4	349,1
Flur	Leuchtstofflampe	36	2	72	4	87,3
Pausen Raum	Leuchtstofflampe	72	2	144	4	174,5
Brot-TKZ	Leuchtstofflampe	36	2	72	0,5	10,9
Fleisch-ÜB	Leuchtstofflampe	36	4	144	12	523,6
Anliefer-KZ	Leuchtstofflampe	36	2	72	12	261,8
Anliefer Raum	Leuchtstofflampe	36	8	288	4	349,1
Garderobe	Leuchtstofflampe	36	1	36	4	43,6
WC	Glühbirne	60	1	60	2	36,4
Leergut	Leuchtstofflampe	58	4	232	2	140,6
Ladezone	Leuchtstofflampe	58	6	348	4	421,8
MOPRO-KZ	Leuchtstofflampe	58	2	116	1	35,1

Tabelle 20: Innenbeleuchtung Filiale Fernitz

Im Außenbereich:

Raumart	Art	Leistung/Lampe [W/Stk.]	Anzahl [Stk.]	Leistung gesamt [W]	ED [h/d]	W _{el} [kWh/a]
Parkplatz	Zumtobel 9316	250	9	2.250	2	1.363,5
Fassade	Halogenstrahler	150	4	600	6	1090,8
Einkaufswagen	Hängelampen	50	3	150	2	90,9

Tabelle 21: Außenbeleuchtung Filiale Fernitz

Summe Innenbereich:

Verkaufsraum: 35.058 kWh/a

Nebenräume: 2.586 kWh/a

Summe Außenbereich: 2.545 kWh/a

Weitere elektrische Verbraucher

In den untersuchten Filialen gibt es eine Reihe von elektrischen Geräten zur Bereitstellung von thermischer Energie für unterschiedliche Anwendungsfälle. Ihnen ist gemeinsam, dass sie meist einen großen elektrischen Anschlusswert besitzen und über das Jahr gesehen einen kleinen Anteil von Volllaststunden haben. Durch das oftmals gleichzeitige Einschalten von diesen elektrischen Verbrauchern kann es kurzzeitig zu Stromspitzen kommen, was die Energiebezugskosten stark ansteigen lässt.

Jahresenergieberechnung sonstiger elektrische Verbraucher Filiale Fernitz

$$W_{el} = 12 * \sum_i (\ddot{O}DM * EDF * W_{spezi})$$

W_{el}Jahresenergieverbrauch [kWh/a]

$\ddot{O}DM$Öffnungszeit der Filiale/Monat [h/m], $\ddot{O}T=281$ h/m

EDFrelative Einschaltdauer [%] , Angabe Marktleiter

W_{spezi}Spezifischer Energieverbrauch/Stunde Dauerbetrieb [kWh/h]

Backöfen:

Anzahl: 2 Stück

Bezeichnung: Backofen CPC 101

Relative Einschaltdauer: $ED=80$ %

Spezifischer Energieverbrauch: $W_{spez}=5$ kWh/h (Herstellerangabe)

Jahresarbeitsverbrauch:

$$W_{elBack}=12*281*0,8*4*2=26.975 \text{ kWh/a}$$

Neben den Backöfen, wurden den sonstigen elektrischen Verbrauchern die Heiße Theke⁴⁹ und weitere elektrische Verbraucher zugeordnet.

⁴⁹ Heiße Theke: Verkaufsmöbel (befindet sich im Frischfleischbereich) mit der Aufgabe, Wurst- und Fleischwaren warm zu halten.

3.1.1.6 Energiebezugskosten

Strombezugskosten

Das in diesem Abschnitt verwendete Schema zur Berechnung der elektrischen Arbeitskosten bezieht sich auf die Systematik, welche Spar für die Abrechnung der elektrischen Arbeitskosten für 2003 verwendet hat.

Die elektrischen Arbeitskosten (=Stromkosten) setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

$$\begin{array}{l}
 + \text{ Wirkarbeitskosten} \\
 + \text{ Leistungskosten} \\
 + \text{ Mietkosten/Messpreis} \\
 + \text{ Elektrizitätsabgabe} \\
 + \text{ KLKW}^{50}, \text{ Öko- und KWK}^{51}\text{-Abgabe} \\
 + \text{ Stranded Costs} \\
 \hline
 = \text{ Elektrische Arbeitskosten}
 \end{array}$$

Wirkarbeitskosten

$$\begin{array}{l}
 + (\text{Wirkarbeit HT}^{52} * \text{spezifische Wirkarbeitskosten für HT-Bezug}) \\
 + (\text{Wirkarbeit NT}^{53} * \text{spezifische Wirkarbeitskosten für NT-Bezug}) \\
 \hline
 = \text{Wirkarbeitskosten}
 \end{array}$$

⁵⁰ KLKW: Kleinwasserkraftanlagen

⁵¹ KWK: Kraft-Wärme-Kopplung

⁵² Wirkarbeit HT: Energiebezug von 6⁰⁰ bis 22⁰⁰ Uhr

⁵³ Wirkarbeit NT: Energiebezug von 22⁰⁰ bis 6⁰⁰ Uhr

Filiale	Netzebene	Netzverlustebene
309 Vasoldsberg	6	7
355 St. Marein	6	
390 Fernitz	6	7
313 Gleisdorf	6	
672 Fohnsdorf	6	
335 Deutschlandsberg	7	
IM 88 Graz	6	7

Tabelle 22: Übersicht Netz-/Netzverlustebenen der Filialen

Die spezifischen Wirkarbeitskosten hängen vom Bundesland (Energieversorger) und der Netz- bzw. Netzverlustebene ab. Die untersuchten Filialen unterliegen der in Tabelle 23 angeführten Netz- und Netzverlustebenen.

Die spezifischen Wirkarbeitskosten setzen sich wie folgt zusammen:

$$\begin{array}{l}
 + \text{ Spezifische Netzkosten} \\
 + \text{ Spezifische Energiekosten} \\
 \hline
 = \text{ Spezifische Wirkarbeitskosten}
 \end{array}$$

Spezifische Netzkosten: (Gilt für die Steiermark)

	Spezifische Netzkosten	
	HT	NT
Netzebene 6	0,034 €/kWhm	0,023 €/kWhm
Netzebene 6, Netzverlustebene 7	0,035 €/kWhm	0,024 €/kWhm
Netzebene 7	0,062 €/kWhm	0,053 €/kWhm

Tabelle 23: Spezifische Netzkosten für die Steiermark

Spezifische Energiekosten (für die Steiermark): 0,029 €/kWhm

Leistungskosten

In allen untersuchten Filialen werden ¼-Stunden-Messungen zur Ermittlung der höchsten ¼-Stunden-Durchschnittsleistung⁵⁴ vom jeweiligen Netzbetreiber durchgeführt. Jedes Monat wird aus den durchgeführten Messungen der Spitzenwert (=Verrechnungsleistung) der ¼-Stunden-Durchschnittsleistungen zur Berechnung der Leistungskosten herangezogen.

⁵⁴ ist die elektrische Leistungs- bzw. Lastspitze, gemittelt über ein 15-minütiges Intervall

Leistungskosten=Verrechnungsleistung*spezifische Leistungskosten

Spezifische Leistungskosten: (hängen vom Bundesland und von der Netz- und der Netzverlustebene ab)

Die spezifischen Leistungskosten betragen bei allen untersuchten Filialen 4 €/kW.

Mietkosten- und Messpreis

Durch das Entgelt für Messleistungen werden dem Netzbetreiber jene direkt zuordenbaren Kosten abgegolten, die mit der Errichtung und dem Betrieb von Zähleinrichtungen, der Eichung und der Datenauslesung verbunden sind. Die Höhe des Entgeltes ist behördlich festgelegt.

Filialnummer	Filiale	Versorger	Monatspreis
309	Vasoldsberg	E-Werk Fernitz	52,00 €
355	St. Marein	E-Werk Fernitz	52,00 €
390	Fernitz	E-Werk Fernitz	52,00 €
313	Gleisdorf	Feistritzwerke Steweag	52,00 €
672	Fohnsdorf	Stadtwerke Judenburg	97,32 €
335	Deutschlandsberg	Steweag	52,00 €
IM 88	Graz	E-Werk Gösting	37,53 €

Tabelle 24: Übersicht der Mietkosten und Messpreise

Elektrizitätsabgabe

Durch die Elektrizitätsabgabe wird seit 1996 neben Mineralöl und Flüssiggas auch der leitungsgebundene Energieträger „elektrische Energie“ einer Besteuerung unterzogen.

Elektrizitätsabgabe=Wirkarbeit*spezifische Elektrizitätsabgabe

Spezifische Elektrizitätsabgabe: 0,015 €/kWh (für alle Filialen gleich)

KLKW-, Öko- und KWK- Abgabe

Zuschlag für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):

In Kraft-Wärmekopplungsanlagen wird gleichzeitig Strom und Wärme produziert. Da es sich hierbei um eine sehr umweltfreundliche, aber kostspielige Technologie handelt, erhalten Betreiber von KWK-Anlagen Einspeisetarife, die über dem Marktpreis liegen und vom Endverbraucher in Form eines verordneten Zuschlages finanziert werden.

Netzebene	KLKW	Öko	KWK	Summe
6	0,00005 €/kWh	0,00115 €/kWh	0,00150 €/kWh	0,00270 €/kWh
7	0,00005 €/kWh	0,00134 €/kWh	0,00150 €/kWh	0,00289 €/kWh

Tabelle 25: KLKW-, Öko-, und KWK-Abgaben

Förderbeiträge für Kleinwasserkraftanlagen (KLWK) und sonstigen Ökostrom (ÖKO):

Die Erzeugung von Ökostrom (Kleinwasserkraft, Windkraft, Biomasse, Photovoltaik etc.) ist teurer als die herkömmliche Stromerzeugung. Um den vom Gesetzgeber festgeschriebenen Ökostromanteil an der Stromaufbringung in Österreich erreichen zu können, sind Unterstützungsinstrumente erforderlich, die in Form von verordneten Förderbeiträgen finanziert werden.

Stranded Costs

Die Stranded Costs sind Beihilfen zur Abdeckung von Investitionen z. B. in Kraftwerke, die durch die Marktöffnung unrentabel geworden sind und in Form eines verordneten Zuschlages finanziert werden.

Stranded Costs=Wirkarbeit*spezifischen Stranded Costs

Filialnummer	Filiale	Versorger	Spezifische Stranded Costs
309	Vasoldsberg	E-Werk Fernitz	0,000201 €/kWh
355	St. Marein	E-Werk Fernitz	0,000308 €/kWh
390	Fernitz	E-Werk Fernitz	0,000201 €/kWh
313	Gleisdorf	Feistritzwerke Steweag	0,000290 €/kWh
672	Fohnsdorf	Stadtwerke Judenburg	0,000170 €/kWh
335	Deutschlandsberg	Steweag	0,000308 €/kWh
IM 88	Graz	E-Werk Gösting	0,003030 €/kWh

Tabelle 26: Übersicht der spezifischen Stranded Costs

Elektrische Arbeitskosten

Filialnummer	Filiale	Wirkarbeitsbezug 2003	Elektrische Arb- eitskosten 2003	Durchschnitts- kosten
309	Vasoldsberg	192.159 kWh/a	18.283 €	0,095 €/kWh
355	St. Marein	274.108 kWh/a	24.111 €	0,088 €/kWh
390	Fernitz	294.825 kWh/a	26.437 €	0,090 €/kWh
313	Gleisdorf	678.472 kWh/a	59.207 €	0,087 €/kWh
672	Fohnsdorf	953.120 kWh/a	82.938 €	0,087 €/kWh
335	Deutschlandsberg	667.686 kWh/a	72.265 €	0,108 €/kWh
IM 88	Graz	1.985.520 kWh/a	179.548 €	0,090 €/kWh

Tabelle 27: Elektrische Arbeitskostenvergleich 2003

$$\text{Durchschnittskosten} = \frac{\text{Elektrische Arbeitskosten [€/a]}}{\text{Wirkarbeitsbezug [kWh/a]}} \text{ [€/kWh]}$$

Elektrischer Energieverbrauch

Definition Ganglinie:

Die Ganglinie ist eine grafische Darstellung des Verlaufes von Beobachtungswerten in der Reihenfolge ihres zeitlichen Auftretens. Z.B. wird die in Anspruch genommene Leistung über der Zeit als Tagesganglinie oder Jahresganglinie dargestellt. Die Fläche, begrenzt durch die Ganglinie, entspricht der benötigten Arbeit (Energie).⁵⁵

Bezug der elektrischen Arbeit für 2003: Filiale Fernitz

Wirkarbeit		JÄN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	
Bezogen im HT	[kWh]	19.175	17.455	19.599	17.817	19.043	18.641	
Bezogen im NT	[kWh]	4.145	3.663	4.213	5.426	5.969	6.680	
Gesamtbezug	[kWh]	23.321	21.118	23.813	23.243	25.012	25.321	
Wirkarbeit		JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Summe
Bezogen im HT	[kWh]	20.912	20.266	18.858	21.074	19.461	19.494	231.795
Bezogen im NT	[kWh]	6.548	7.138	5.814	4.697	4.382	4.354	63.029
Gesamtbezug	[kWh]	27.460	27.404	24.672	25.772	23.843	23.848	294.825

Tabelle 28: Bezug elektrische Arbeit Fernitz 2003

⁵⁵ Vgl.: WOHINZ, J. W.; MOOR, M.: Betriebliches Energiemanagement, Graz 1988, S. 288

Energiekennzahlenberechnung

In diesem Kapitel werden für die untersuchten Lebensmittelfilialen aus den elektrischen Energieverbräuchen Kennwerte berechnet. Das Kennwerteberechnungsschema wurde analog dem Energiebenchmark „Strom 2003“, durchgeführt von der Sparzentrale Salzburg, aufgebaut. Bei diesem Energiebenchmark wurden österreichweit 482 Filialen und 64 Filialen, die im Verantwortungsbereich der Zweigniederlassung ZN 05 liegen, untersucht. Es werden für nur sechs der untersuchten Filialen Kennzahlen gebildet, da die Filiale Vasoldsberg erst im März 2003 in Betrieb gegangen ist. Somit ist diese Filiale nicht vergleichbar.

Filiale	Betriebstyp	Filiale	Betriebstyp
Fernitz	SM 3	Fohnsdorf	ES 3
St. Marein	SM 3	Deutschlandsberg	ES 2
Gleisdorf	ES 3	IM 88 ⁵⁶	ES 3

Tabelle 29: Zuordnung: Filiale zu Betriebstyp

Folgende Kennwerte, aus dem Energiebenchmark „Strom 2003“ von der Sparzentrale Salzburg, wurden zum Vergleich herangezogen:

		Filialtyp		
		SM 3	ES 2	ES 3
Kennwert 1	El. ⁵⁷ Arbeit/VK ⁵⁸ -Fläche	El. Arbeit/VK-Fläche	El. Arbeit/VK-Fläche	El. Arbeit/VK-Fläche
ZN 05	461 kWh/m ²	384 kWh/m ²	384 kWh/m ²	344 kWh/m ²
Spar gesamt	477 kWh/m ²	413 kWh/m ²	413 kWh/m ²	368 kWh/m ²

		Filialtyp		
		SM 3	ES 2	ES 3
Kennwert 2	Stromkosten/VK-Fläche	Stromkosten/VK-Fläche	Stromkosten/VK-Fläche	Stromkosten/VK-Fläche
ZN 05	47 €/m ²	34 €/m ²	34 €/m ²	29 €/m ²
Spar gesamt	44 €/m ²	34 €/m ²	34 €/m ²	30 €/m ²

Kennwert 3	JVB ⁵⁹ -Stunden	Kennwert 4	Tag-Anteil	Nacht-Anteil
-------------------	----------------------------	-------------------	------------	--------------

⁵⁶ Der Interspar IM 88 wurde vereinfacht zu diesem Filialtyp zugeordnet.

⁵⁷ el.: elektrische

⁵⁸ VK: Verkaufsfläche

⁵⁹ JVB: Jahresvollbetriebsstunden

ZN 05	4.568 h/a	ZN 05	74 %	26 %
Spar gesamt	4.496 h/a	Alle	77 %	23%

Kennwert 5	Sommer-Anteil	Winter-Anteil	Kennwert 6	NT-Anteil SHJ ⁶⁰	NT-Anteil WHJ ⁶¹
ZN 05	52 %	48 %	ZN 05	59 %	41 %
Spar gesamt	52 %	48 %			

Tabelle 30: Energiebenchmarkkennwerte

- **Kennwert 1: Elektrische Arbeit pro Verkaufsfläche [kWh/m²]**

Filiale	Wirkarbeitsbezug 2003	Verkaufsfläche	el. Arbeit/Verkaufsfläche
St. Marein	274.108 kWh/a	599 m ²	457 kWh/m ²
Fernitz	294.825 kWh/a	598 m ²	493 kWh/m ²
Gleisdorf	678.472 kWh/a	2.031 m ²	334 kWh/m ²
Fohnsdorf	953.120 kWh/a	2.249 m ²	423 kWh/m ²
Deutschlandsberg	667.686 kWh/a	1.545 m ²	432 kWh/m ²

Tabelle 31: Vergleich: Elektrische Arbeit/Verkaufsfläche

Bei diesem Kennwert sind die Filialen Fernitz, Fohnsdorf und Deutschlandsberg auffällig. Fernitz deshalb, weil diese Filiale mit einem 2. Backofen ausgestattet ist. Deutschlandsberg ist mit einem sehr hohen Anteil an steckerfertigen Kühlmöbeln ausgestattet. Zusätzlich traten im Jahr 2003 Problem bezüglich des Betriebes der Verbundkälteanlage auf. Die Filiale Fohnsdorf ist mit einer Verkaufsraumkühlung, mit einer Tiefgarage und einen sehr hohen Anteil an Beleuchtung im Verkaufsraum ausgestattet.

⁶⁰ SHJ: Sommerhalbjahr

⁶¹ WHJ: Winterhalbjahr

- **Kennwert 2: Stromkosten pro Verkaufsfläche [€/m²]**

Filiale	Stromkosten 2003	Verkaufsfläche	Stromkosten/Verkaufsfläche
St. Marein	24.111 €	599 m ²	41 €/m ²
Fernitz	26.437 €	598 m ²	44 €/m ²
Gleisdorf	59.207 €	2.031 m ²	29 €/m ²
Fohnsdorf	82.938 €	2.249 m ²	37 €/m ²
Deutschlandsberg	72.265 €	1.545 m ²	47 €/m ²

Tabelle 32: Vergleich: Elektrische Arbeitskosten/Verkaufsfläche

Da bei der Filiale Deutschlandsberg als einzige der untersuchten Filialen die Netzebene sieben gilt, sind die bei dieser Filiale geltenden spezifischen Netzkosten am höchsten. Somit sind die Wirkarbeitskosten sehr hoch und diese Filiale ist bei diesem Kennwert auffällig. Die Filiale Fohnsdorf fällt aufgrund ihres hohen elektrischen Arbeitsverbrauches (siehe Kennwert 1) auch beim Kennwert 2 auf.

- **Kennwert 3: Jahresvollbenutzungsstunden b_{vh}**

$$b_{vh} = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{W_{eli}}{P_{eli}} \right) \quad [\text{h} / \text{a}]$$

i.....Kalendermonat (i=1 bis 12)

W_{eli}Elektrische Arbeit/Monat i [kWh/m]

P_{eli}Verrechnungsleistung im Monat i [kW]

Filialnummer	Filiale	Jahresvollbenutzungsstunden
355	St. Marein	4.581 h/a
390	Fernitz	4.191 h/a
313	Gleisdorf	4.292 h/a
672	Fohnsdorf	5.014 h/a
335	Deutschlandsberg	4.992 h/a
IM 88	Graz	4.622 h/a

Tabelle 33: Vergleich: Jahresvollbenutzungsstunden

„Jahresvollbenutzungsstunden“ ist ein Kennwert, der die Gleichmäßigkeit der Leistungsabnahme über der Betriebszeit zum Ausdruck bringt. Als Richtwert bei Lebensmittelfilialen sollte dieser Wert zwischen 4.500 und 5.500 Jahresvollbenutzungsstunden liegen. Der Energiebenchmark sagt aus, dass Filialen dann zu untersuchen sind, wenn deren Jahresvollbetriebsstunden außerhalb 4000 bis 6000 h liegen. In diesem Bereich liegen alle untersuchten Filialen.

- **Kennwert 4: HT-Elektrische Arbeit/NT-Elektrische Arbeit**

$$\text{Anteil HT} = \frac{\text{Wirkarbeit HT}}{\text{Wirkarbeit HT} + \text{Wirkarbeit NT}} * 100 \%$$

$$\text{Anteil NT} = \frac{\text{Wirkarbeit NT}}{\text{Wirkarbeit HT} + \text{Wirkarbeit NT}} * 100 \%$$

Filialnummer	Filiale	Wirkarbeit HT	Wirkarbeit NT	Anteil HT	Anteil NT
355	St. Marein	204.703 kWh/a	69.405 kWh/a	74,7 %	25,3 %
390	Fernitz	231.795 kWh/a	63.029 kWh/a	78,6 %	21,4 %
313	Gleisdorf	531.528 kWh/a	146.944 kWh/a	78,3 %	21,7 %
672	Fohnsdorf	740.560 kWh/a	212.560 kWh/a	77,7 %	22,3 %
335	Deutschlandsberg	495.233 kWh/a	172.453 kWh/a	74,2 %	25,8 %
IM 88	Graz	1.494.336 kWh/a	491.181 kWh/a	75,3 %	24,7 %

Tabelle 34: Vergleich: HT-Anteil/NT-Anteil

Dieser Kennwert gibt Auskunft über das Verbrauchsverhältnis Tag/Nacht. Per Definition ist Tag von 600 bis 2200 (16 Stunden) und Nacht von 2200 bis 600 (8 Stunden). Aus diesem Kennwert lässt sich vorrangig beim Nachtverbrauch der Wirkungsgrad der Kühlung und indirekt der Einsatz der Nachtdeckungen der Kühlmöbel ableiten. Auffällig sind die Filialen St. Marein und Deutschlandsberg. Laut Befragung der Marktleitung werden die Nachtdeckungen der Kühlmöbel bei beiden Filialen konsequent verwendet. Bei der Filiale Deutschlandsberg traten bei der Verbundkälteanlage Austrittsverluste des Kältemittels auf. Außerdem ist die Kälteverbundanlage die älteste der untersuchten Filialen (Inbetriebnahme 1996). Ein weiterer Grund könnte sein, dass es durch die direkt neben der Filiale sehr hohe Laubbewaldung zu Verbundanlagenkondensatorverschmutzungen am Dach der Filiale kommt (Blütenstaub und abfallendes Laub).

- **Kennwert 5: Sommerarbeit/Winterarbeit**

Wirkarbeit Sommerhalbjahr:

Wirkarbeit Sommerhalbjahr ist die Summe der elektrischen Monatsarbeitsverbräuche von Mai bis September in einem Kalenderjahr.

Wirkarbeit Winterhalbjahr:

Wirkarbeit Winterhalbjahr ist die Summe der elektrischen Monatsverbrauche von Oktober bis April.

Filialnummer	Filiale	Wirkarbeit SHJ ⁶²	Wirkarbeit WHJ ⁶³	Anteil SHJ	Anteil WHJ
355	St. Marein	141.639 kWh/a	132.468 kWh/a	51,7 %	48,3 %
390	Fernitz	153.111 kWh/a	141.714 kWh/a	51,9 %	48,1 %
313	Gleisdorf	347.144 kWh/a	331.328 kWh/a	51,2 %	48,8 %
672	Fohnsdorf	484.040 kWh/a	469.080 kWh/a	50,8 %	49,2 %
335	Deutschlandsberg	355.200 kWh/a	313.486 kWh/a	53,1 %	46,9 %
IM 88	Graz	984.544 kWh/a	1.000.976 kWh/a	49,6 %	50,4 %

Tabelle 35: Vergleich: Sommerarbeit/Winterarbeit

Auch dieser Kennwert zielt auf den Wirkungsgrad der Warenkühlung ab und kann bei überalterten oder verschmutzten Rückkühlern zu hohen Sommergebrauchswerten führen. Hierbei wieder auffällig ist die Filiale Deutschlandsberg (siehe Anmerkungen zu dem Kennwert 4).

- **Kennwert 6: NT-Anteil Sommerhalbjahr, NT-Anteil Winterhalbjahr**

Filialnummer	Filiale	Anteil NT-SHJ	Anteil NT-WHJ
355	St. Marein	54,9 %	45,1 %
390	Fernitz	59,6 %	40,4 %
313	Gleisdorf	58,5 %	41,5 %
672	Fohnsdorf	57,2 %	42,8 %
335	Deutschlandsberg	59,4 %	40,6 %
IM 88	Graz	49,6 %	50,4 %

Tabelle 36: Vergleich: NT-Anteil SHJ/NT-Anteil WHJ

Da in der Niedertarifzeit (von 2200 bis 600) der Großteil der elektrischen Arbeit durch die Verbundkälteanlage verbraucht wird, ist diese Kennzahl ein weiterer Indikator für die Effizienz der Kälteanlage und der Nachtdeckung.

⁶² SHJ: Sommerhalbjahr

⁶³ WHJ: Winterhalbjahr

Erdgas- und Fernwärmeverbrauch

Bis auf die untersuchte Filiale St. Marein werden alle sechs anderen Filialen mit Erdgas versorgt. Bei der Filiale St. Marein erfolgt eine Nahwärmeversorgung durch die Nahwärme St. Marein GmbH, welche direkt hinter der Sparfiliale betrieben wird.

Berechnung des Wärmeinhaltes des Erdgasbezuges⁶⁴

Um aus den durch den Gaszähler gemessenen Volumen in m³B (Kubikmeter in durchschnittlichen Betriebszustand) den Energieinhalt des verbrauchten Erdgas in kWh zu erhalten, wurde folgende Umrechnung durchgeführt:

Energiemenge=gemessene Menge*Zustandszahl*Brennwert

Energie-Menge [kWh]

Gemessene Menge [m³B]

Zustandszahl: Z [Nm³/m³B]

Brennwert [kWh/Nm³]

Der Energieinhalt des gelieferten Erdgases errechnet sich durch Multiplikation des im Gaszähler gemessenen Volumens mit der Zustandszahl (Z) und dem Brennwert des Erdgases. Der Brennwert und die Zustandszahl können an unterschiedlichen Orten sich unterscheiden. Die Zustandszahl berücksichtigt den Lieferdruck des Erdgases, die Gastemperatur und den Luftdruck (Höhenlage) am versorgten Ort. Der Brennwert drückt den Wärmeinhalt eines Kubikmeters Erdgases im Normzustand aus.

Die Abrechnung der Gaslieferung durch die Steirische Energie Graz GmbH&Co KG erfolgt äquivalent dem wirklich verbrauchten Energieinhalt der Gaslieferung.

Berechnung der Erdgaskosten anhand der Filiale IM 88: (für die Netzebene 3)

$$\text{Erdgaskosten} : K_{ges} = \sum_{i=1}^7 (W_{Zonei} * W_{spezZonei}) + W_{ges} * EA + ML * M + EP$$

W_{Zonei}.....Erdgasenergieverbrauch in der Zone i

W_{spezZonei}.....Preis pro Einheit in der Zone i

W_{ges}.....Gesamtenergiemenge Gasverbrauch in der Periode [kWh]

EA.....Erdgasabgabe: EA=0,003939 €/kWh

ML.....Entgelt für Messleistung: ML=23,37 €/m

⁶⁴ Vgl. <http://www.steirische.ferngas.at>, Energie Graz GmbH&Co KG, Stand 2004, Abfrage 25.08.2004

M.....Anzahl der Monate in der Periode: M=12 m

EP.....Energiepreis: $EP=W_{ges} * \text{Preis/Einheit}$

Tarifart	Verbrauch [kWh]	Preis / Einheit [€/kWh]	Monate [m]	Betrag [€]
Energiepreis	848.073	0,015176	12	12.870
NNT ⁶⁵ -AP ⁶⁶ Zone 1	8.000	0,017922	12	143
NNT-AP Zone 2	7.000	0,017922	12	125
NNT-AP Zone 3	25.000	0,017189	12	429
NNT-AP Zone 4	40.000	0,016264	12	651
NNT-AP Zone 5	120.000	0,014227	12	1.707
NNT-AP Zone 6	200.000	0,009375	12	1.875
NNT-AP Zone 7	448.073	0,009344	12	4.186
NNT- Pauschale	12 Monate	4,82	12	58
Entgeld für Messleistung		23,37	12	280
Erdgasabgabe	848.073	0,003939	12	3.340
Umsatzsteuer (20 %)				5.133
Energiekosten 2003				30.801

Tabelle 37: Gaskostenzusammensetzung 2003, Filiale IM 88

Berechnung der Heizkosten für die Nahwärme St. Marein

Arbeitspreis=Energiemenge*spezifischer Arbeitspreis=55.038*0,044

Arbeitspreis=2421,67 €

Energiemenge [kWh/a]

Spezifischer Arbeitspreis [€/kWh]

Die Heizkosten für die Filiale St. Marein setzen sich für die Heizperiode 2002/2003 wie folgt zusammen:

⁶⁵ NNT: Netznutzungsentgeld

⁶⁶ AP: Arbeitspreis

+ Anteil Grundpreis (für 49 kW)	€ 539.-
+ Anteil Messpreis	€ 90.-
+ Arbeitspreis	€ 2.421,67.-
+ Verbraucherpreisindexanpassung	€ – 49,28
= Gesamtsumme	€ 3.001,39

Vergleich der Erdgas- und Fernwärmekosten der Filialen:

Filiale	Verrechnungszeitraum	Gesamtverbrauch [kWh]	Kosten gesamt [€]
Vasoldsberg67	23.01.2003 bis 26.09.2003	56.200	2.476
St. Marein	Heizperiode 2002/2003	55.038	3.001
Fernitz	04.10.2001 bis 01.10.2002	65.166	2.757
	02.10.2002 bis 26.09.2003	65.743	2.824
Gleisdorf	02.10.2001 bis 25.09.2002	256.292	10.825
	27.09.2002 bis 01.10.2003	240.392	9.576
Deutschlandsberg	28.09.2001 bis 26.09.2002	74.682	2.927
	29.07.2002 bis 26.09.2003	88.068	3.715
Fohnsdorf	Heizperiode 2001/2002	543.994	19.078
	Heizperiode 2002/2003	593.288	21.883
Interspar IM 88 inklusive Küche	01.01.2003 bis 31.12.2003	848.073	30.801
Interspar IM 88 ohne Küche	01.01.2003 bis 31.12.2003	779.483	28.309

Tabelle 38: Erdgas- und Fernwärmekosten für 2003, Vergleich aller 7 Filialen

Spar Supermärkte:

Von den drei untersuchten Supermärkten hat die Filiale St. Marein für die betrachtete Periode die höchsten Energiebezugskosten. Betrachtet man nun die um die Feuerungs-, Bereitschafts- und Verteilverluste korrigierten Energien, welche als Nutzwärmen für die Raumheizungen zur Verfügung stehen, so ist ersichtlich, dass alle drei Filialen einen sehr ähnlichen Bedarf an Nutzwärme haben.

Eurospar:

Die Filialen Deutschlandsberg und Gleisdorf verfügen über eine Abwärmerückgewinnung der Verbundanlage zur Raumwärmegewinnung. Nach Angabe der Marktleitung wird in der Filiale Deutschlandsberg im Winter eine maximale Innenraumtemperatur von 18°C gewählt. Im Weiteren verfügt diese Filiale als einzige der untersuchten Filialen eine abgehängte

⁶⁷ Eröffnung März 2003

Decke, somit sind die Wärmeverluste über die Dachfläche in dieser Filiale am geringsten. Daraus lässt sich der geringste Bedarf an Erdgas von den drei Eurosparfilialen erklären. Die Filiale Gleisdorf erfordert aufgrund seiner besonderen Lage (in der Nähe eines Baches, in einem „Kältesee“) trotz einer Abwärmerückgewinnung deutlich mehr an Gasenergie als die Filiale Deutschlandsberg.

3.1.1.7 Zusammenfassung der Energieflussberechnungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Energieberechnung angegeben:

	Vasoldsberg		St. Marein	
Anteil steckerfertige KM ⁶⁸	11.029 kWh/a	5,74 %	18.177 kWh/a	7,02 %
Anteil Verbundanlage	120.574 kWh/a	62,75 %	157.709 kWh/a	60,87 %
Anteil Beleuchtung	36.164 kWh/a	18,82 %	52.140 kWh/a	20,12 %
Anteil Warmwasseraufbereitung	2.619 kWh/a	1,36 %	3.525 kWh/a	1,36 %
Anteil sonstige el. ⁶⁹ Verbraucher	21.773 kWh/a	11,33 %	27.558 kWh/a	10,64 %
Jahresbezug 2003	192.159 kWh/a	100 %	259.108 kWh/a	100 %

	Fernitz		Gleisdorf	
Anteil steckerfertige KM	27.489 kWh/a	9,32 %	25.341 kWh/a	3,74 %
Anteil Verbundanlage	186.880 kWh/a	63,39 %	408.405 kWh/a	60,19 %
Anteil Beleuchtung	40.189 kWh/a	13,63 %	154.056 kWh/a	22,71 %
Anteil Warmwasseraufbereitung	4.141 kWh/a	1,40 %	10.132 kWh/a	1,49 %
Anteil sonstige el. Verbraucher	35.766 kWh/a	12,13 %	80.578 kWh/a	11,88 %
Jahres 2003	294.825 kWh/a	100 %	678.472 kWh/a	100 %

	Fohnsdorf		Deutschlandsberg	
Anteil steckerfertige KM	90.467 kWh/a	9,49 %	81.308 kWh/a	12,17 %
Anteil Verbundanlage	338.275 kWh/a	35,49 %	353.391 kWh/a	52,92 %
Anteil Beleuchtung	327.918 kWh/a	34,40 %	137.063 kWh/a	20,52 %
Anteil Warmwasseraufbereitung	8.194 kWh/a	0,86 %	12.616 kWh/a	1,89 %
Anteil sonstige el. Verbraucher	145.783 kWh/a	15,30 %	83.308 kWh/a	12,50 %
Anteil Raumkühlung	31.127 kWh/a	3,27 %		
Anteil Personenaufzug	11.356 kWh/a	1,19 %		
Jahresbezug 2003	953.120 kWh/a	100 %	667.686 kWh/a	100 %

Tabelle 39: Elektrische Arbeitsaufteilung nach Verbrauchergruppen: Supermärkte, Eurospar

⁶⁸ KM: Kühlmöbel

⁶⁹ el.: elektrische

<i>IM 88 inkl. Restaurant und Nebenräume</i>		
Anteil steckerfertige KM	53.998 kWh	2,72 %
Anteil Verbundanlage	601.985 kWh	30,32 %
Anteil Beleuchtung inklusive Untergeschoss	674.652 kWh	33,98 %
Anteil Beleuchtung exklusive Untergeschoss	561.132 kWh	28,26 %
Anteil Warmwasseraufbereitung	14.106 kWh	0,71 %
Anteil sonstige el. Verbraucher	640.779 kWh	32,27 %
Jahresbezug 2003	1.985.520 kWh	100,00 %

<i>IM 88 Anteil Verkauf</i>		
Anteil steckerfertige KM	44.312 kWh	3,31 %
Anteil Verbundanlage	601.985 kWh	44,97 %
Anteil Beleuchtung	438.255 kWh	32,74 %
Anteil Warmwasseraufbereitung	9.870 kWh	0,74 %
Anteil sonstige el. Verbraucher	244.323 kWh	18,25 %
Jahresbezug 2003	1.338.745 kWh	100,00 %

Tabelle 40: Elektrische Arbeitsaufteilung nach Verbrauchergruppen IM 88

Vergleich der Supermärkte

Die durchschnittliche Aufteilung der elektrischen Jahresarbeit bei diesen drei Filialen ist: 62 % für die Verbundanlage, 18 % für die Beleuchtung, sonstige elektrische Verbraucher 11 %, steckerfertige Kühlmöbel 7 % und

1 % für die Warmwasseraufbereitung. Da es sich bei den Filialen Vasoldsberg (Inbetriebnahme 2003) und St. Marein (Inbetriebnahme 2002) um baulich und technisch sehr ähnliche Filialen handelt, sind auch die Arbeitsaufteilungen sehr ähnlich. Die Filiale Fernitz (Inbetriebnahme 2000) ist die älteste dieser drei Filialen und mit einer schwächeren Beleuchtung im Verkaufsraum ausgestattet (16 W/m², Vergleich Vasoldsberg und St. Marein je 21 W/m²). Deshalb ist auch die verbrauchte elektrische Arbeit für Beleuchtung in dieser Filiale geringer. Der Anteil der sonstigen elektrischen Verbraucher ist in der Filiale Fernitz höher, da diese Filiale als einzige von den untersuchten Supermärkten mit zwei Backöfen ausgestattet sind.

Vergleich der Eurosparfilialen

Hier ist besonders die Filiale Fohnsdorf bezüglich des Verbrauches der Beleuchtung auffällig. Dies begründet sich auf der Tatsache, dass diese Filiale als einzige mit einer Tiefgarage ausgestattet ist und die installierte Lampenleistung im Verkaufsraum (Fohnsdorf 31 W/m², Gleisdorf

17 W/m², Deutschlandsberg 20 W/m²) deutlich über den anderen Filialen liegt. Im Weiteren ist in dieser Filiale eine Verkaufsraumkühlung installiert und die Filiale ist mit einem Kaffeebereich ausgestattet. Die Filiale Deutschlandsberg hat den höchsten Anteil des elektrischen Energieverbrauches für die steckerfertigen Kühlmöbel von den drei untersuchten Eurosparfilialen. Dies begründet sich mit der Tatsache, da diese Filiale aufgrund der guten Geschäftsentwicklung einen zusätzlichen Bedarf zu den Verbundkühlmöbeln an Warenkühlungen bekommen hat.

Auswertung Arbeitsaufteilung Interspar IM 88

Grundsätzlich kann man einen prozentmäßigen Vergleich der elektrischen Arbeitsaufteilung zu den untersuchten Supermärkten und Eurosparfilialen nicht durchführen, da die Aufteilung der elektrischen Verbraucher in der Intersparfiliale eine andere ist. Bei diesem Interspar sind zusätzliche Verbrauchergruppen, wie Restaurant, Tiefgarage und ein Mall-Bereich vorhanden. Betrachtet man nur den Anteil des Intersparverkaufes, so kommt man in den Bereich der Aufteilung der Eurosparfilialen. Der Anteil am elektrischen Arbeitsverbrauch für die Beleuchtung ist mit 32,74 % sehr hoch, weil die installierte Lampenleistung im Verkaufsraum bei 30 W/m² liegt. Dies begründet sich mit dem Umstand, da in einer Intersparfiliale eine andere Anforderung an die Beleuchtung gestellt wird. Es wird neben den Lebensmitteln eine Vielzahl von Non-Food-Produkten zum Verkauf angeboten, die eine andere Art der Beleuchtung erfordern.

Zusätzlich wird in den Nachtstunden eine Notbeleuchtung eingeschaltet. Diese Notbeleuchtung ist ein Drittel der Tagbeleuchtung. Der in Abbildung 19 mit der Bezeichnung Tann beschriebene Energiestrom ist der elektrische Arbeitsverbrauch für den Frischfleischbereich.

3.1.1.8 Energieflussbilder (Sankey Diagramme)

Für die Auswertung und zur Visualisierung des im Zuge der Energieflussanalyse gewonnenen Zahlenmaterials empfehlen sich die Bildung entsprechender Kennzahlen und die Darstellung Daten in Form von Energieflussbildern.

Energieflussbilder bilden in übersichtlicher Form die betriebliche Energiesituation ab. Sie können für den Gesamtbetrieb, einen Teilbereich oder für einzelne Anlagen erstellt werden. Dabei kann sowohl ein bestimmter Zeitraum (meist der Energieverbrauch eines Jahres), als auch eine Momentaufnahme (Leistung) abgebildet werden. Die Breite der Pfeile entspricht hierbei der Größe des jeweiligen Energieflusses.⁷⁰

Im Folgenden werden die Energieflussbilder nach Verbrauchergruppen für die einzelnen untersuchten Filialen angegeben.

⁷⁰ Vgl. WOHINZ J. W.: MOOR M.: Betriebliches Energiemanagement, Graz 1988, S. 73

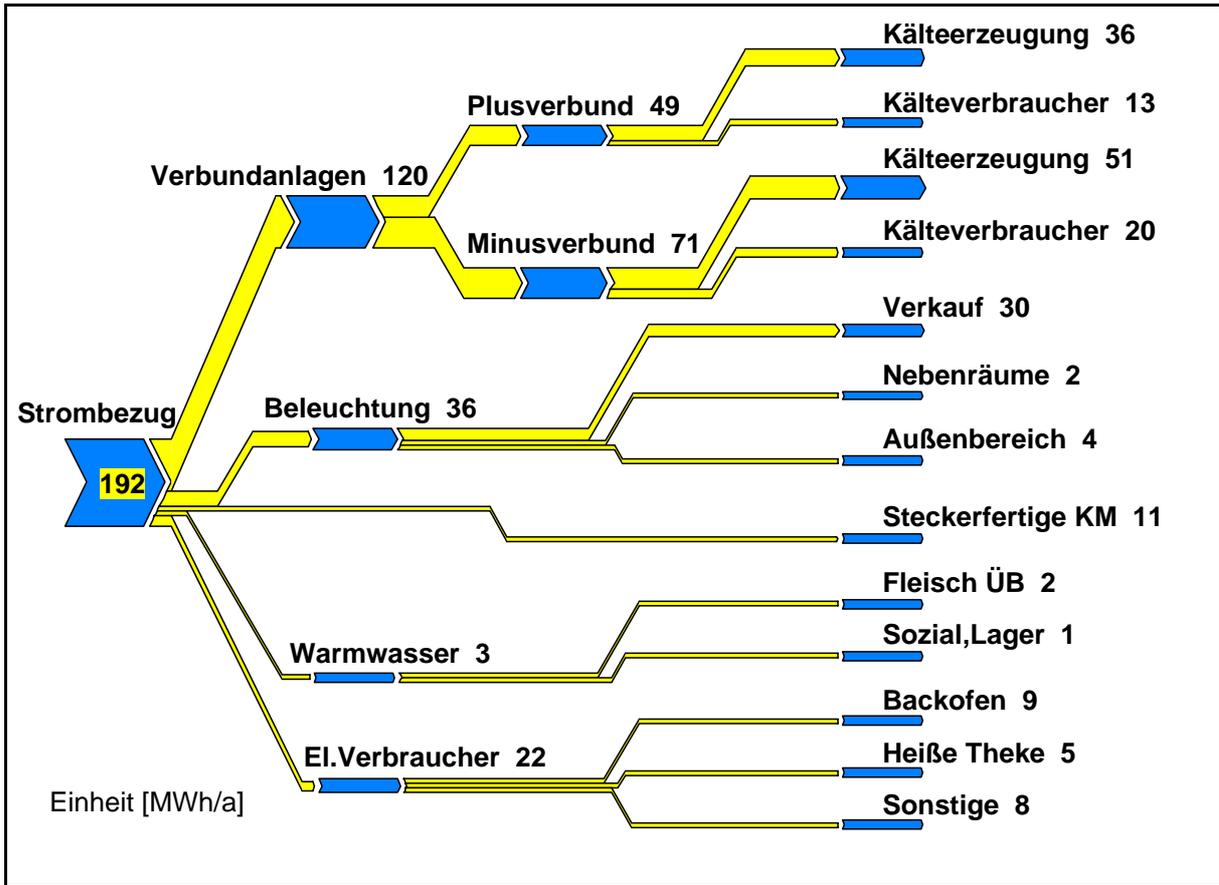


Abbildung 10: Energieflussbild für Vasoldsberg, elektrischer Strom

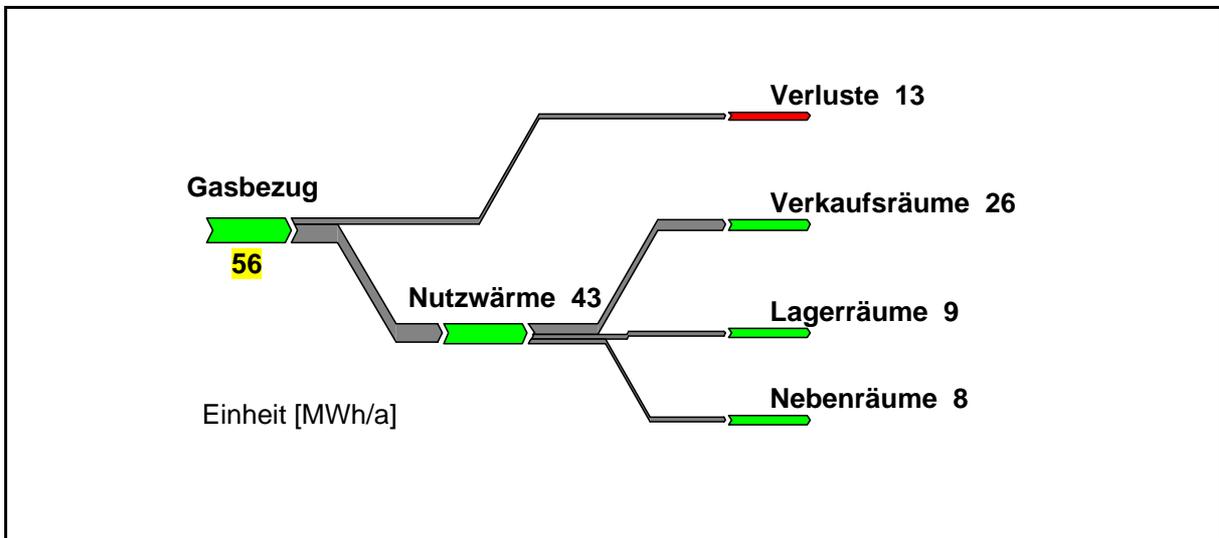


Abbildung 11: Energieflussbild für Vasoldsberg, Gasbezug

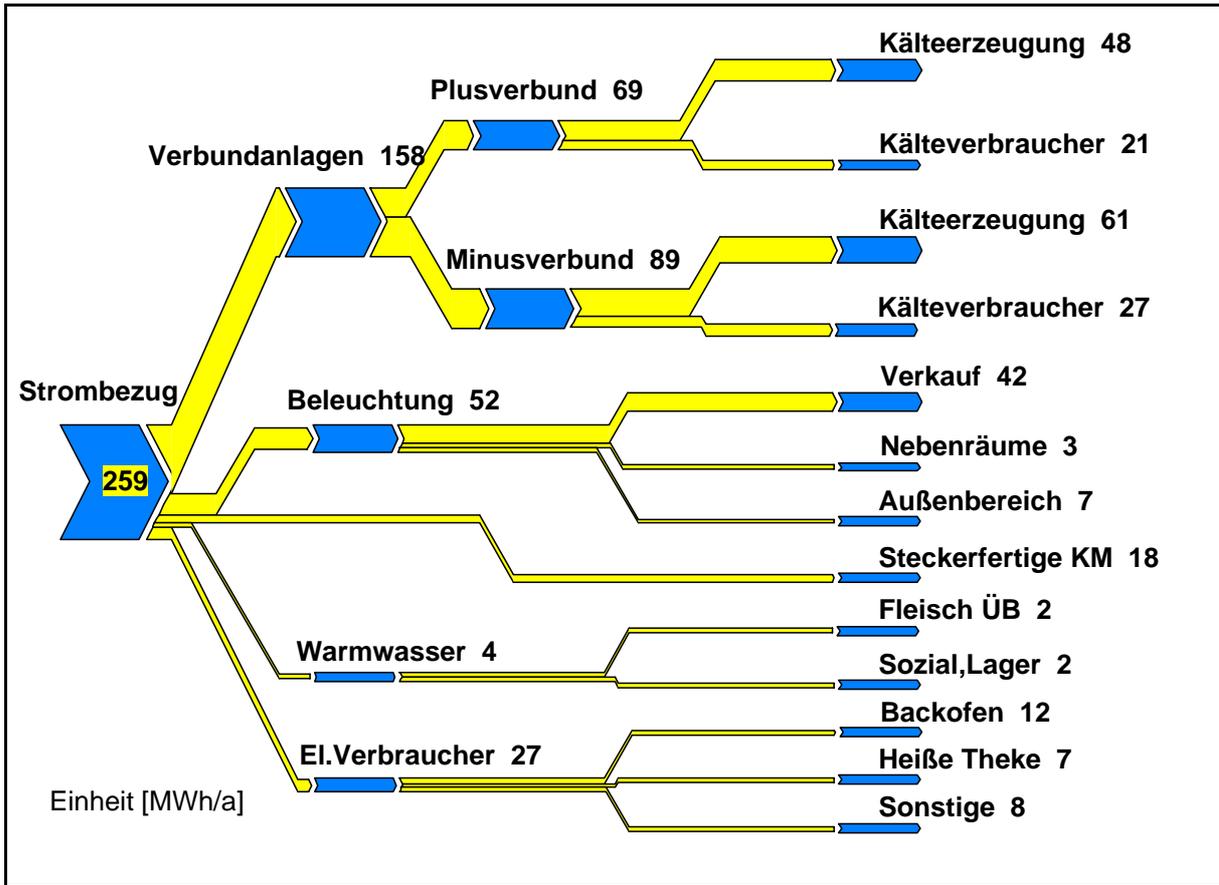


Abbildung 12: Energieflussbild für St. Marein, elektrischer Strom

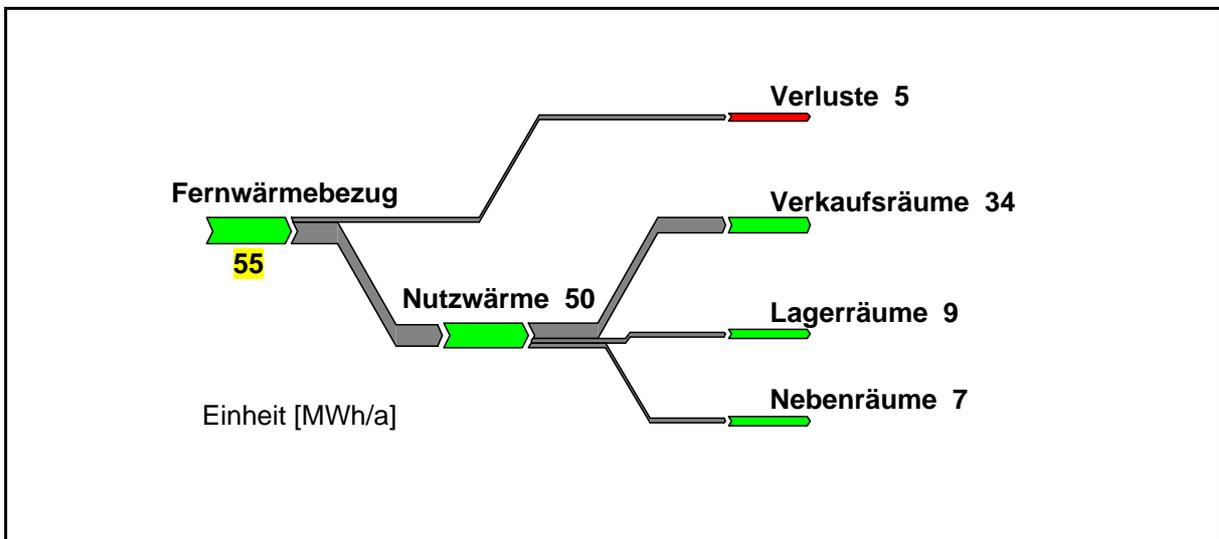


Abbildung 13: Energieflussbild für St. Marein, Heizenergie

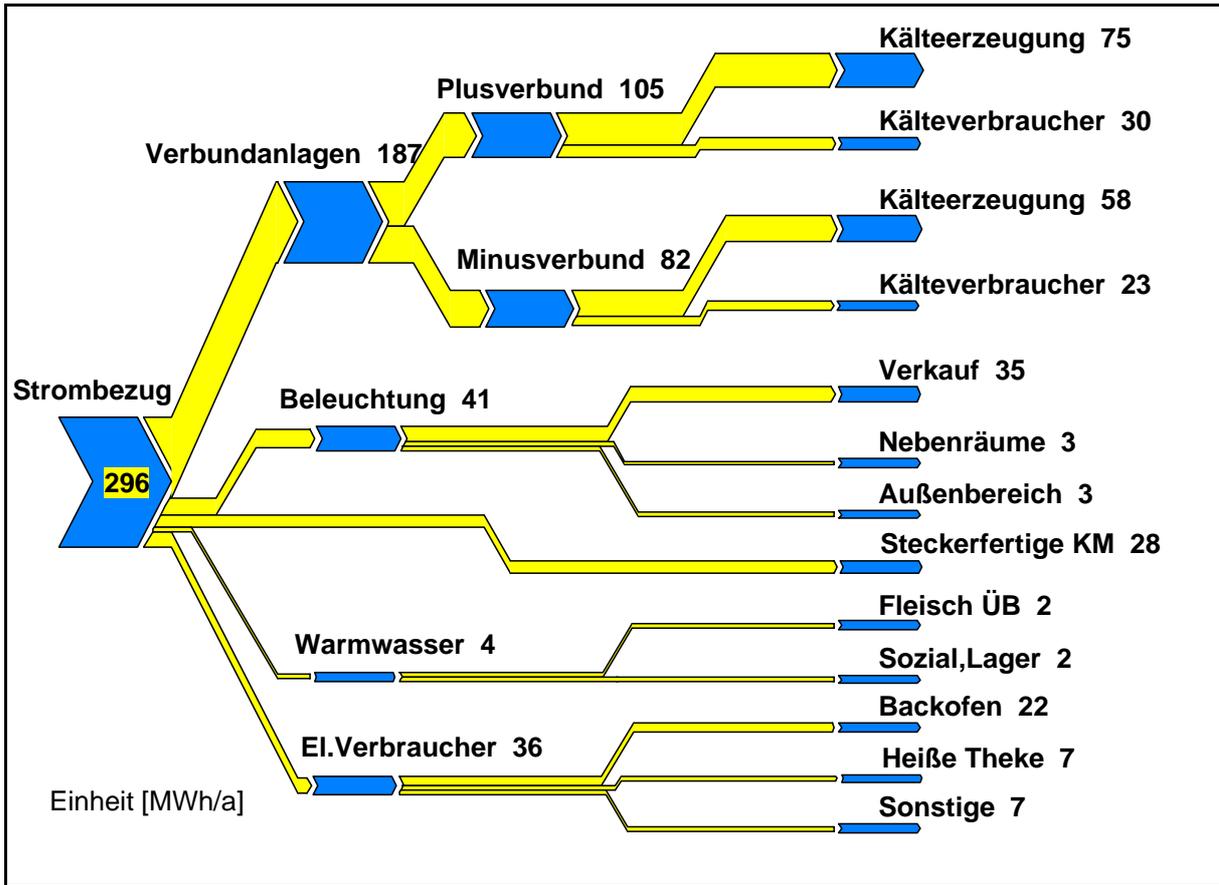


Abbildung 14: Energieflussbild für Fernitz, elektrischer Strom

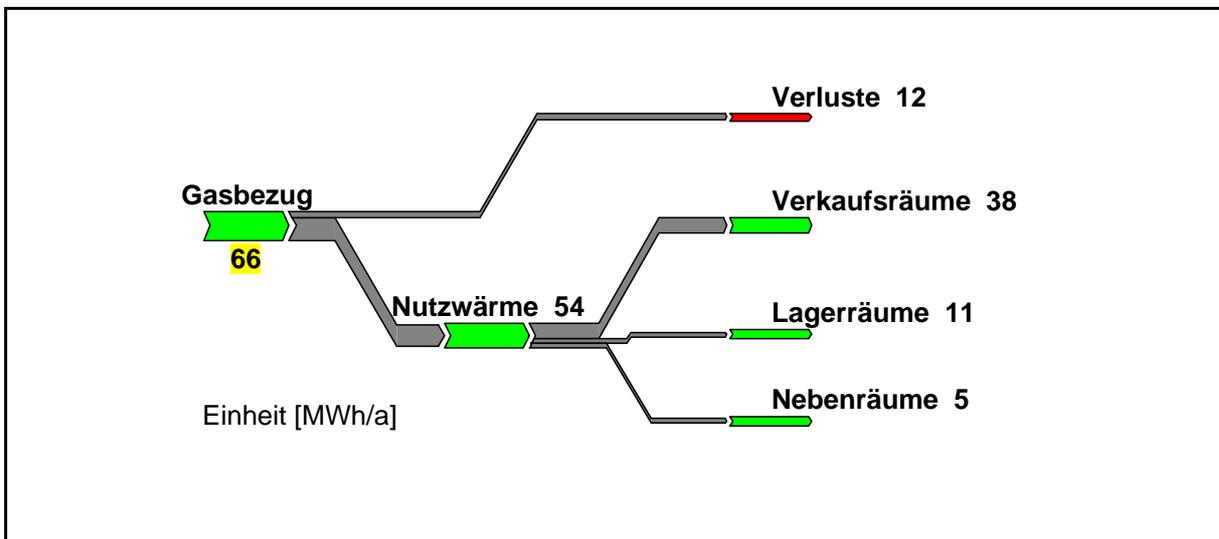


Abbildung 15: Energieflussbild für Fernitz, Gasbezug

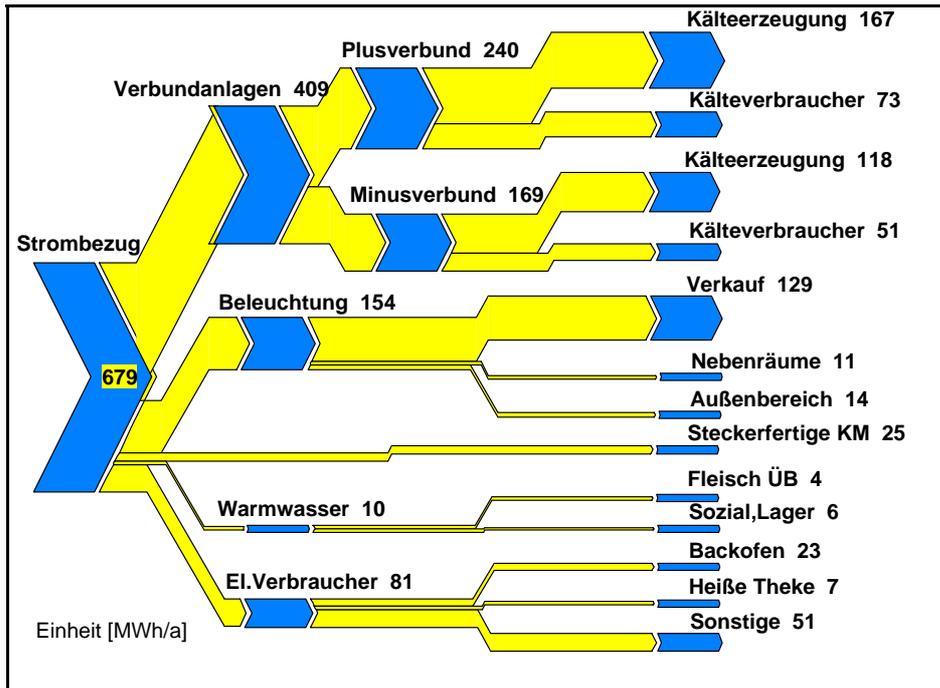


Abbildung 16: Energieflussbild für Gleisdorf, elektrischer Strom

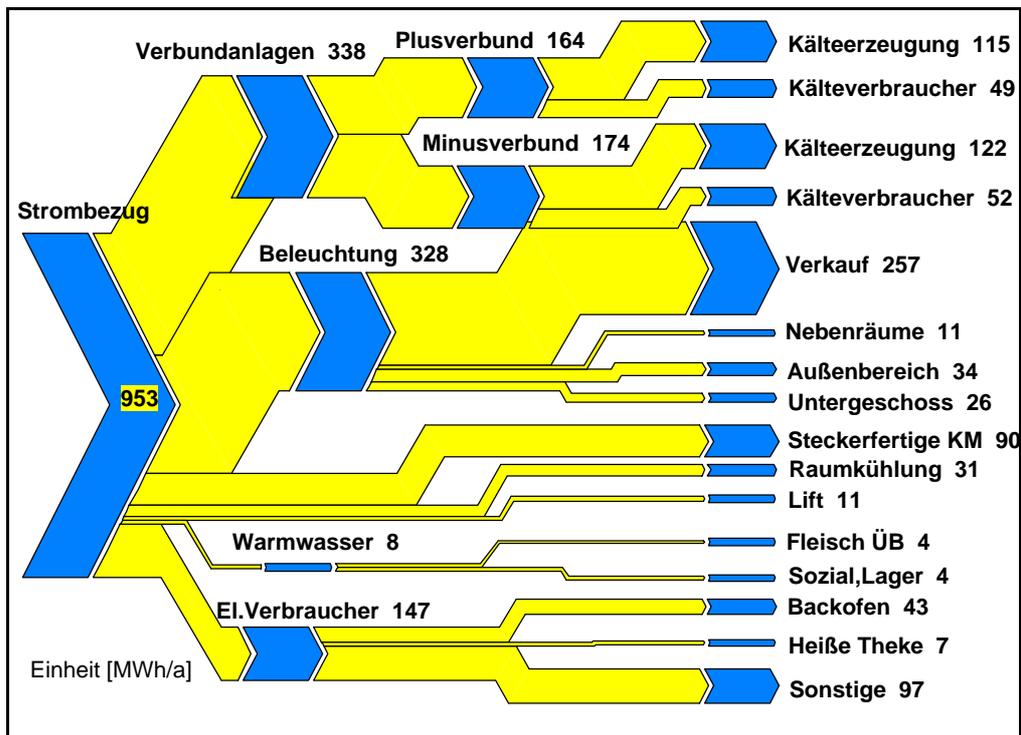


Abbildung 17: Energieflussbild für Fohnsdorf, elektrischer Strom

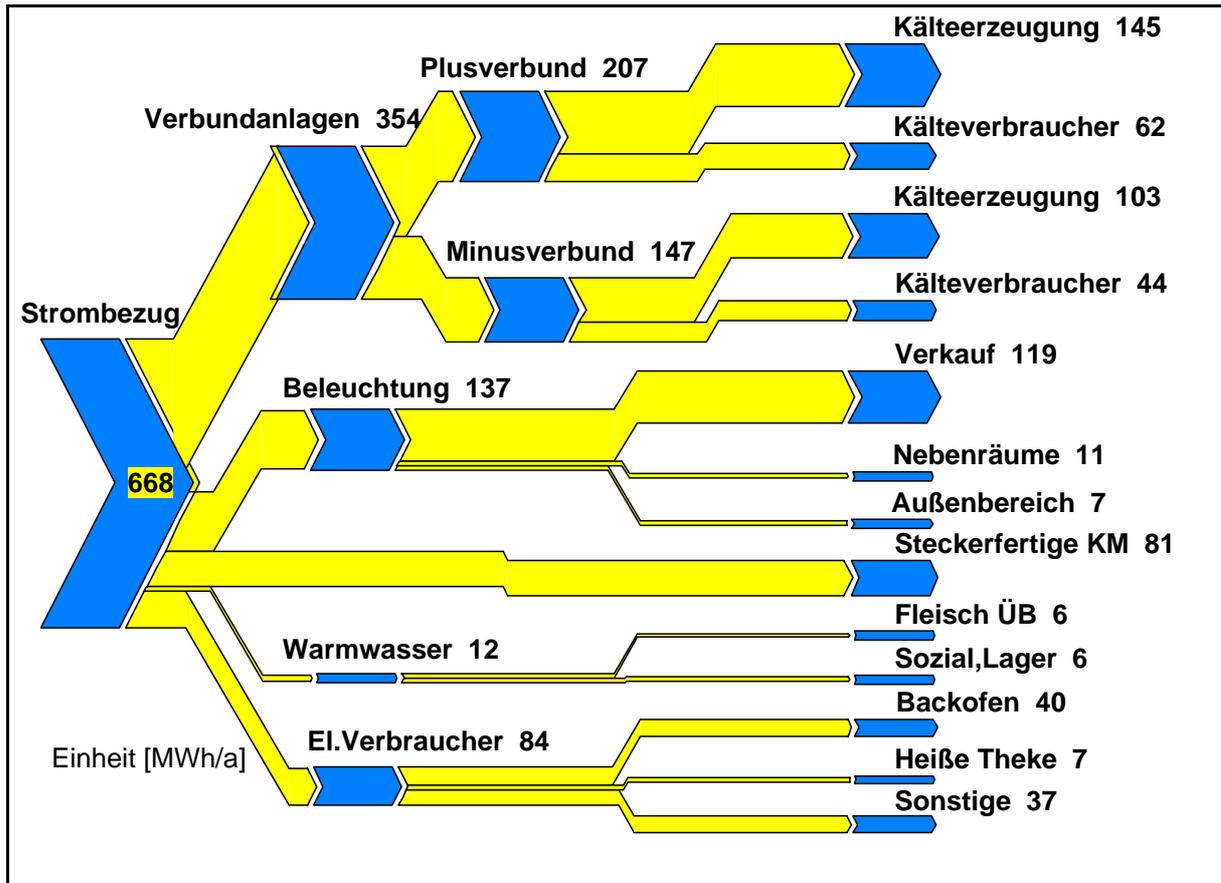


Abbildung 18: Energieflussbild für Deutschlandsberg, elektrischer Strom

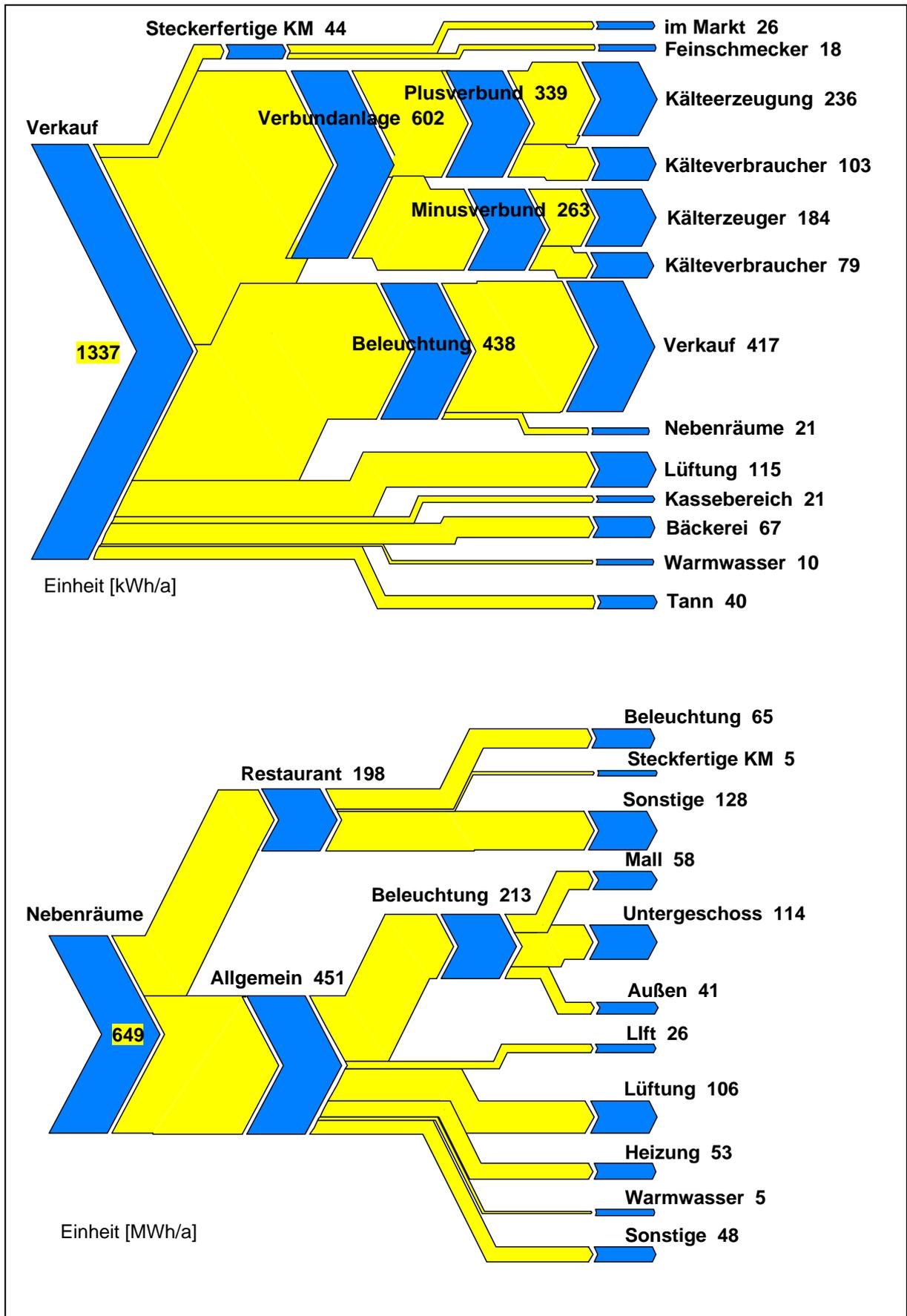


Abbildung 19: Energieflussbild für IM 88, elektrischer Strom

Ermittelte Leistungsdaten

Die Leistungsdaten der einzelnen Wärme-, Klimatisierungs- und Kälteerzeugungsanlagen sind ein wesentlicher Punkt bei der Auswahl und Konzeption von SUPOSS relevanten Konzepten. In der nachstehenden Tabelle sind die durchschnittlichen zur Verfügung zu stellenden Leistungen in Bezug auf Kälte-, Raumwärme und Klimatisierung in Abhängigkeit von der Filialgrößen zusammengefasst:

Filialtyp	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Leistung Heizkessel/ Anschlussleistung Fernwärme	44 - 55 kW	108 - 160 kW	575 kW
Kälteleistung im „Plus“-Bereich	32 - 35 kW	59 - 81 kW	140 kW
Kälteleistung im „Minus“-Bereich	13 - 15 kW	23 - 36 kW	39 kW
Kühlleistung für Raumklimatisierung	ca. 25 kW	ca. 80 kW	ca. 160 kW

Tabelle 41: Durchschnittliche Leistungen im Überblick

Vor- und Rücklauftemperaturen für Wärme und Kälte

Für die Konzeptionsphase ebenso wichtig sind Informationen bzgl. der Vor- und Rücklauftemperaturen für einzelne Nutzenergieformen. Diese Informationen sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt:

Filialtyp	Temperaturen
Vor-/Rücklauftemperaturen für Raumwärme	70-80°C / 55°C
Vor-/Rücklauftemperaturen Kältemittel im „Plus“-Bereich	-12°C / 8°C
Vor-/Rücklauftemperaturen im „Minus“-Bereich	-36°C / -16°C

Tabelle 42: Vor- und Rücklauftemperaturen für Wärme und Kälte

Zeitlicher Verlauf der bezogenen Energiemengen (Strom, Gas, Fernwärme)

Ein weitere wichtiger Punkt sind die zeitlichen Verläufe der bezogenen Energiemengen. In den folgenden Grafiken sind Daten für die unterschiedlichen Betriebsgrößen dargestellt.

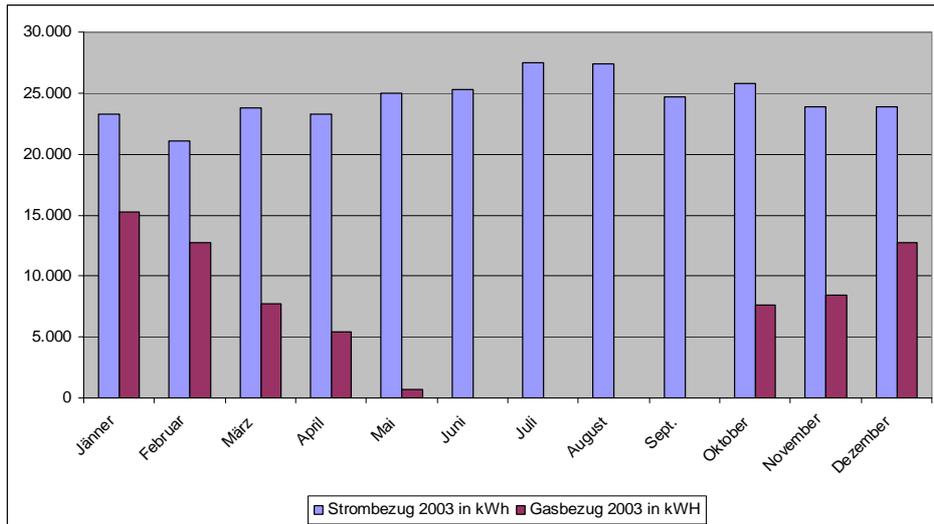


Abbildung 20: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Supermarkt Filiale 390 im Jahr 2003

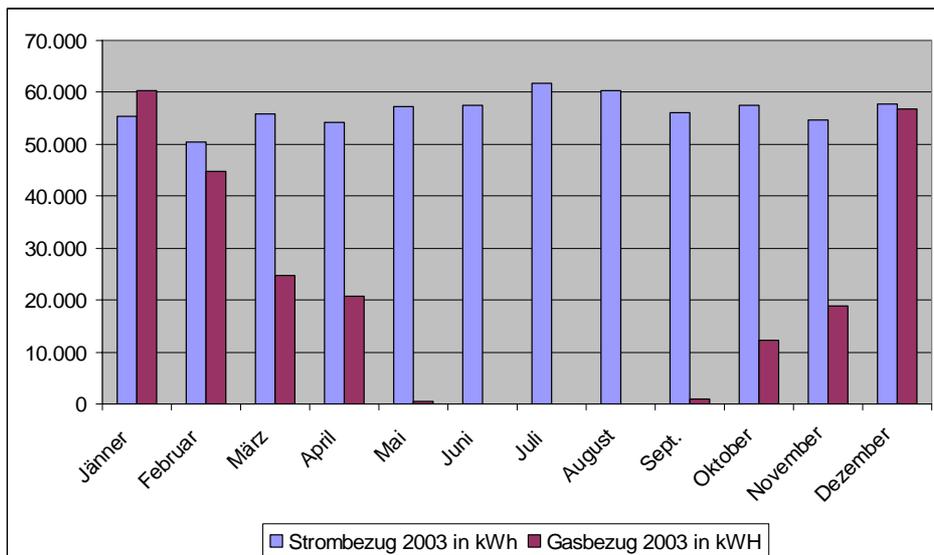


Abbildung 21: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Eurospar Filiale 313 im Jahr 2003

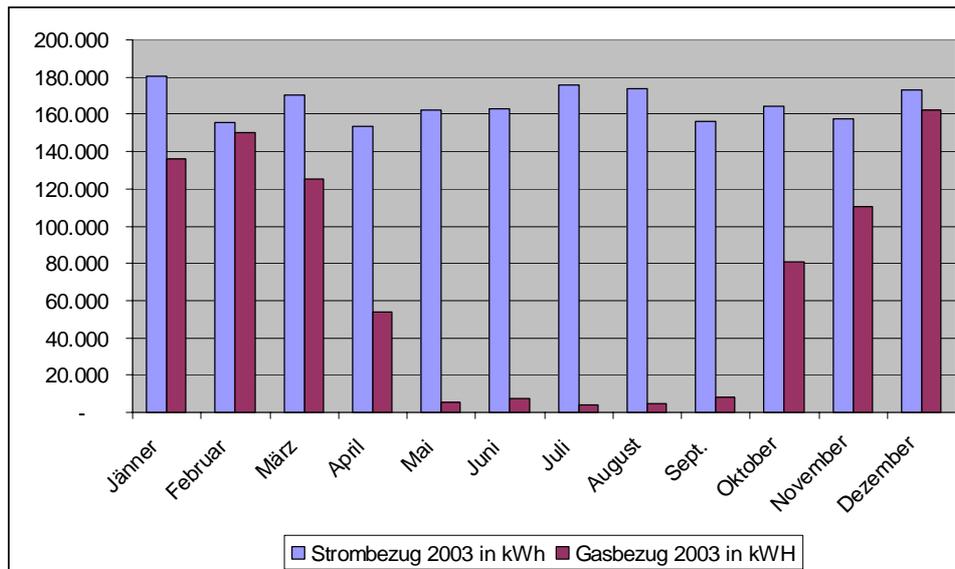


Abbildung 22: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Interspar IM 88 im Jahr 2003

Errechnete Jahresdauerlinien für die Dimensionierung von KWK-Anlagen

Methodik von Sochinsky zur Errechnung von Jahresdauerlinien

Die Sochinsky-Funktion erlaubt es, näherungsweise aus einer maximalen, mittleren und minimalen Leistung, den der Höhe nach geordneten Verlauf der erforderlichen Wärmeleistungen über einen gegebenen Zeitraum zu errechnen.

$$P(t) = P_{\max} * \left(1 - A * \left(\frac{t}{t_{\max}} \right)^B \right)$$

$$A = 1 - \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

$$B = \frac{\frac{P_{\text{mittel}}}{P_{\max}} - \frac{P_{\min}}{P_{\max}}}{1 - \frac{P_{\text{mittel}}}{P_{\max}}}$$

$P(t)$...	Leistung zum Zeitpunkt t [kW]
P_{\max}	...	maximale Leistung [kW]
P_{mittel}	...	mittlere Leistung [kW]
P_{\min}	...	minimale Leistung [kW]
t	...	Stunde x (geht von 0 bis t_{\max}) [h]
t_{\max}	...	Betrachtungszeitraum [h]

In der folgenden Abbildung sind eine Jahresdauerlinie und die darauf abgestimmten Anlagen einer gut dimensionierten KWK-Anlage dargestellt.

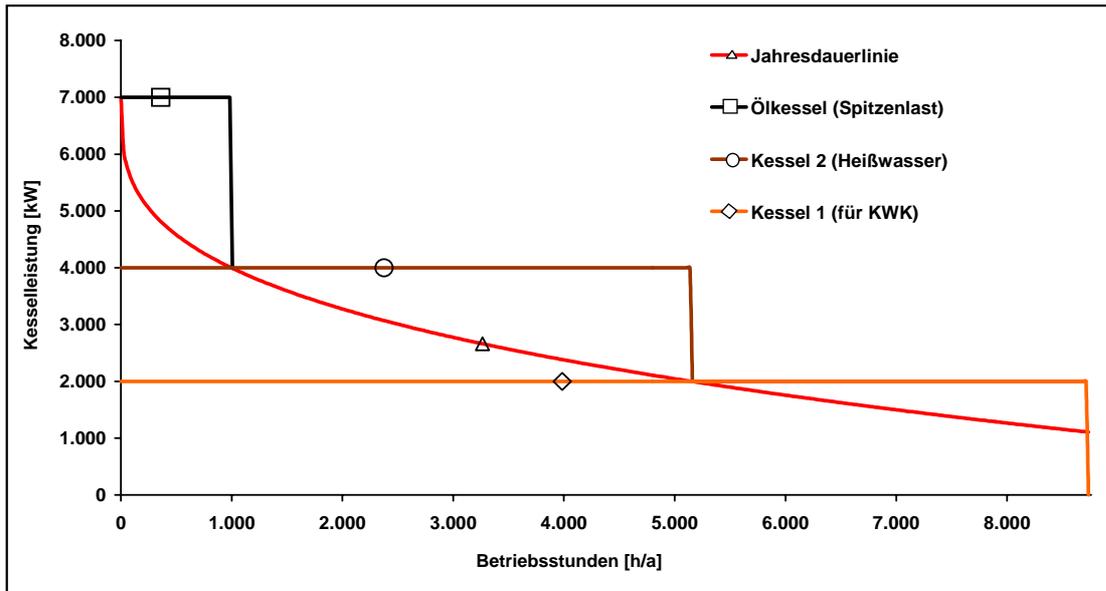


Abbildung 23: Jahresdauerlinie einer gut ausgelasteten KWK-Anlage⁷¹

Nachstehend sind die Basiskurven für die weiteren Konzeptüberlegungen dargestellt. Dabei sind die Jahresdauerlinien auf Basis der internen Wärmeversorgungen der einzelnen Marktgrößen dargestellt.

Diese Kurven stellen den minimalen Wärmebedarf für die Auslegung von KWK-Anlagen dar. Darüber hinaus wurden entsprechende Kurven unter Einbeziehung von Wärmebedarfen für die Absorbionskältegewinnung und der Versorgung externer Wärmeabnehmer berechnet.

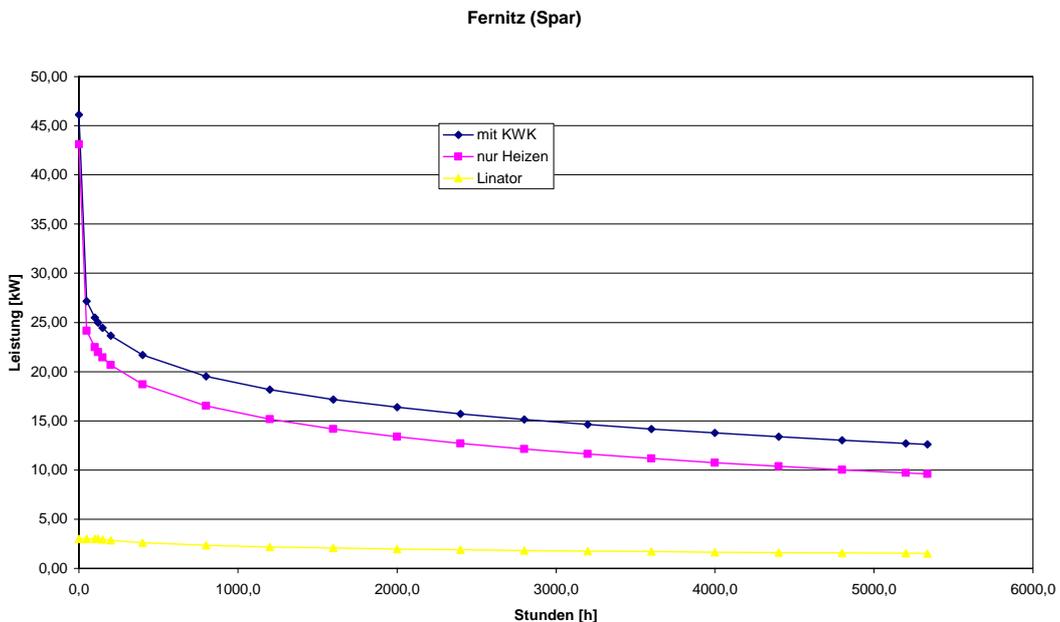


Abbildung 24: Jahresdauerlinie für Supermarkt Filiale Nr. 390

⁷¹ Quelle: BIOS Bioenergiesysteme

Gleisdorf (Eurospar) 1

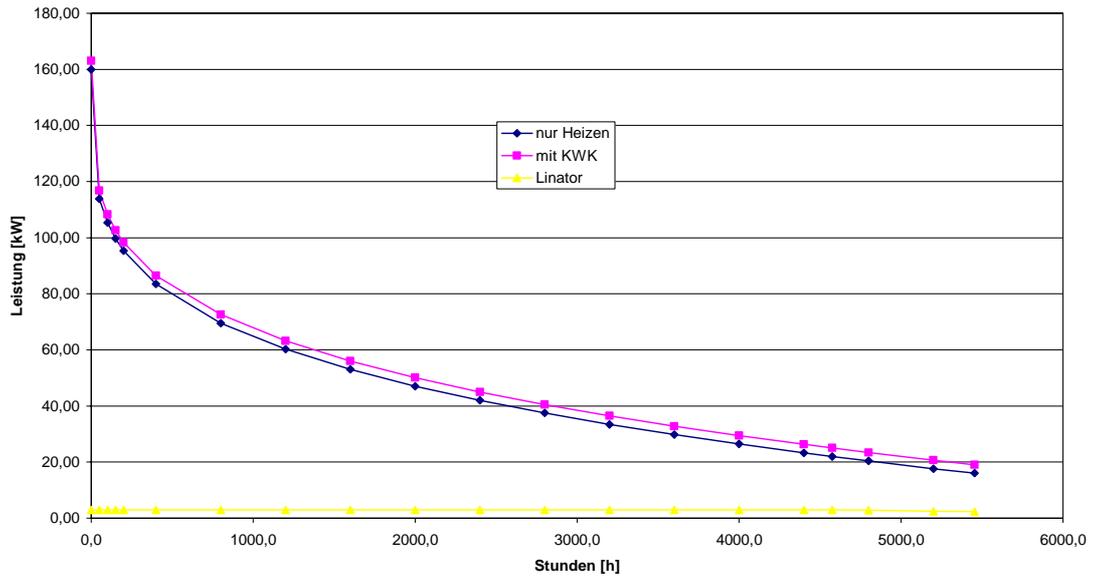


Abbildung 25: Jahresdauerlinie für Eurospar Filiale Nr. 313

Wienerstraße (Interspar) 5

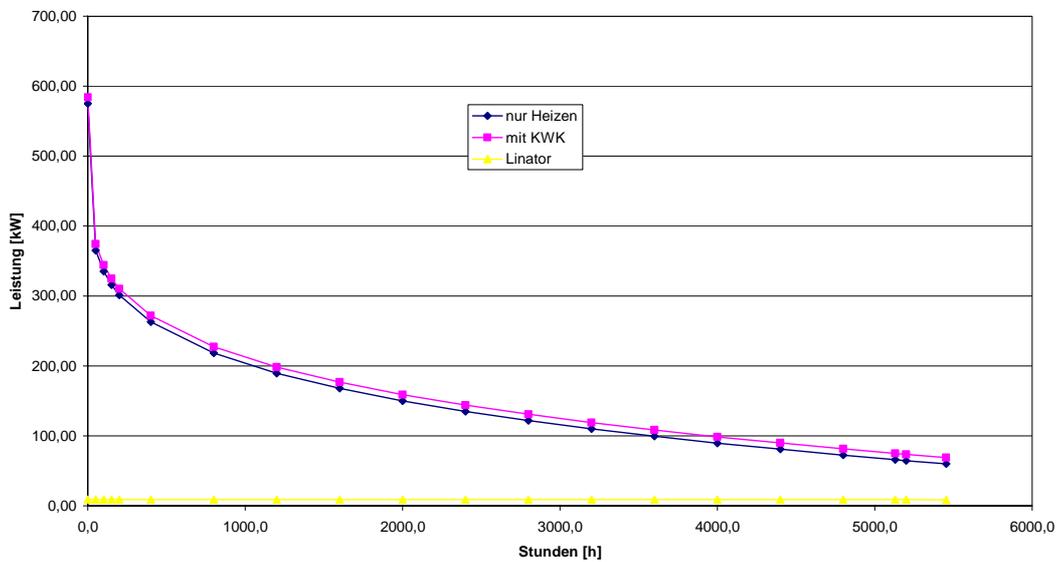


Abbildung 26: Jahresdauerlinie für Interspar IM 88

3.1.2 Studie über das energetisches Umfeld und mögliche Einbindung in lokale Energienetze

Für viele auf Nachhaltigkeit ausgerichtete, energetische Konzepte zur Versorgung von Supermarktfilialen sind die Thematik „Wärmebedarf“ und die Einbindung von Wärmebedarfs-trägern im näheren Umfeld über entsprechende Wärmenetze von entscheidender Bedeutung. In der Analyse des energetischen Umfelds wurde daher ein besonderer Schwerpunkt auf die Ermittlung von Daten zum Wärmebedarfsprofil und zur derzeitigen Versorgung von repräsentativen Umfeldern von Supermärkten erhoben. Diese Umfeldern können in zwei Kategorien unterteilt werden:

- Wohngebiet: In der näheren Umgebung befinden sich hauptsächlich private Haushalte
- Gewerbliches Umfeld: In der näheren Umgebung befinden sich Gewerbe- und Handelsunternehmen

Für die Gewinnung von empirischen Daten zum Umfeld „Wohngebiete“ wurde eine Fragebogenaktion im Umfeld der in der energetischen Betriebsanalyse untersuchten Filialen durchgeführt. Insgesamt wurden 280 Fragebögen ausgesandt. Die Rücklaufquote betrug 15%. Ziel der Erhebung war es Informationen zu den Energieverbräuchen, zum Nutzungsverhalten und zum Ökobewusstsein der Anrainer zu generieren.

Zur Erhebung von Daten im Gewerblichen Umfeld wurden persönliche Interviews mit Vertretern angrenzender Unternehmen geführt um zu relevanten Informationen zu gelangen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Umfeldanalyse war die Sichtung und Analyse von existierenden Wärmenetzen und diesbezüglichen Studien, um Rückschlüsse für die Etablierung von Wärmenetzen im SUPOSS-Kontext zu gewinnen.

Private Haushalte

Die Analyse der Energieversorgung und des Nachfrageverhaltens privater Anrainer wurde mittels Befragungen durchgeführt. Die nachstehenden, ausgewählten Auswertungen beziehen sich auf 42 auswertbare Antworten. Auf Grund der geringen Fallzahl ist eine statistisch repräsentative Aussage nicht möglich. Die Auswertungen geben aber einen guten qualitativen Eindruck über die Situation im Umfeld der untersuchten Märkte.

- Frage: Wie beheizen Sie Ihre Wohneinheit (Mehrfachantworten möglich)?

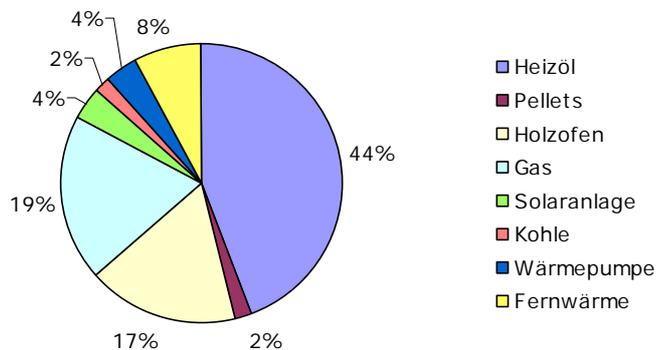


Abbildung 27: Art der Beheizung privater Haushalte im Umfeld

So genannte Insellösungen bei Heizanlagen sind im Umfeld der untersuchten SPAR-Märkte weit verbreitet. Heizungen auf Basis von Heizöl oder Holz, die mit relativ hohem Bedienungsaufwand verbunden sind, bilden einen sehr großen Anteil (61%). In Interviews und auch aus späteren Fragen wurde ermittelt, dass gerade Personen mit Heizungen, die einen hohen Bedienungsaufwand haben, oftmals bereit wären, auf etwas teurere, dafür aber komfortablere Heizungsarten wie z.B. die Fernwärme umzusteigen.

- Frage: Wie hoch waren Ihre Heizkosten im letzten Jahr bzw. der letzten Abrechnungsperiode?

Ziel dieser Frage war eine Ermittlung der durchschnittlichen Heizkosten in Bezug zu den Wohnflächen, die durch die Frage 2 erfragt wurden, um Richtwerte für anzustrebende Wärmekosten in einem Nahwärmenetz zu erhalten.

Durchschnittliche Kosten: 7,81 €/m² bis 8,91 €/m²

Der Durchschnittswert der Heizkosten ist kein singulärer Wert, sondern bewegt sich in einem Bereich, weil die Befragten oftmals Bereichswerte angegeben haben.

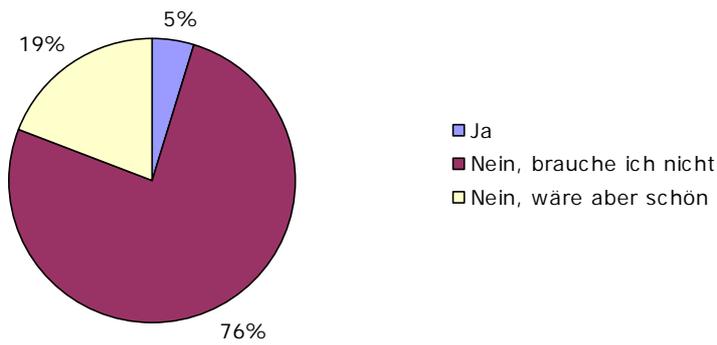


Abbildung 28: Klimatisierung der Wohneinheiten

- Frage: Ist Ihre Wohneinheit klimatisiert?

Entgegen der allgemeinen Erwartung wurde einer Klimatisierung des Eigenheims sehr wenig Interesse entgegengebracht.

- Frage: Welche Mehrkosten pro Jahr wären/sind Sie für eine umweltschonende und nachhaltige Heizform bereit zu tragen?

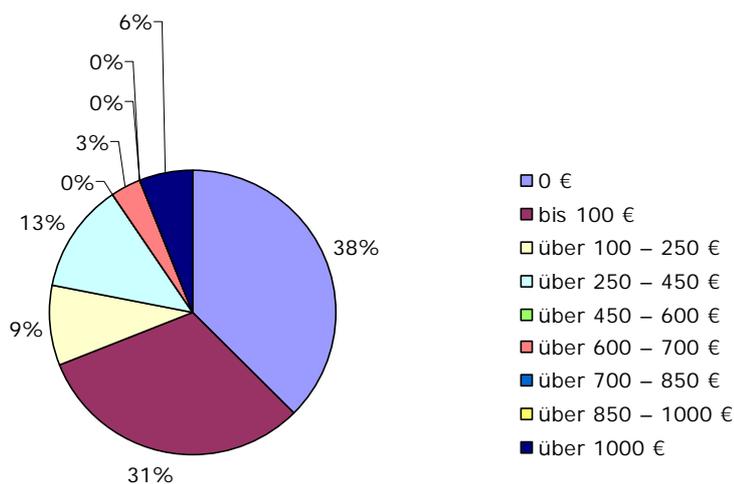


Abbildung 29: Mehrkostenbereitschaft – Nachhaltige Heizform

Ungefähr 2/3 der Befragten sind entweder nicht oder nur bedingt bereit, Mehrkosten für umweltbewusstes Heizen zu tragen. Aus Interviews allerdings ergaben sich Hinweise, dass für komfortableres Heizen durchaus die Bereitschaft besteht, Mehrkosten zu akzeptieren.

- Frage (betrifft nur Besitzer einer eigenen Heizung): Können Sie sich vorstellen auch vorzeitig auf Biomasse-Fernwärme umzusteigen?

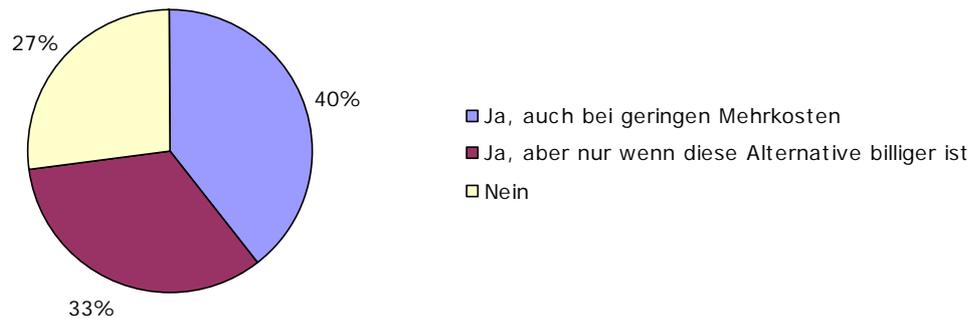


Abbildung 30: Bereitschaft zum vorzeitigen Umstieg

Auch bei der Beantwortung dieser Frage zeigt sich die doch recht große Umstiegsbereitschaft, jedoch beeinflusst von den Faktoren Kosten und Komfort.

Gewerbliches Umfeld

Als mögliche Wärmekunden kommen nicht nur private Anrainer in Frage, sondern vor allem auch die in direkter Nachbarschaft angesiedelten gewerblichen Unternehmen sind bedingt durch kürzere Zuleitungen und größeren Wärmebedarf interessant.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme der jeweiligen Markt-Umfelder wurden alle im Umkreise befindlichen Unternehmen registriert und aufgelistet. Aus dieser Aufstellung wurde ersichtlich, dass sich die gewerbliche Umgebung der einzelnen SPAR-Märkte oft sehr ähnlich darstellt. So konnte festgestellt werden, dass sich zum überwiegenden Teil Unternehmen der Dienstleistungs- bzw. der Handelsbranche im Umfeld befinden. Sehr günstig für den wirtschaftlichen Betrieb bzw. eine möglichst konstante Auslastung der Heizanlage wären Wärmeabnehmer, die entweder ganzjährig konstante Wärmemengen abnehmen (Prozesswärme) oder speziell im Sommer Wärme benötigen, um so das Verhältnis zwischen Grund- und Spitzenlast zu verringern. Solche Betriebe wären z.B. erzeugende Betriebe mit Prozesswärmebedarf, Schwimmbäder, Wärmeversorgungsbetriebe mit Anlagenwartung im Sommer, usw. Betriebe, die diese Anforderungen erfüllen, konnten aber in den 7 Einzugsgebieten nicht lokalisiert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auch in dieser Kundengruppe eine positive Einstellung zur Nutzung von Biomasse herrscht. Im Gegensatz zu den Privaten werden hier

die lange Dauer der vertraglichen Bindung und die höheren Kosten jedoch als störender empfunden.

Abschätzung des Wärmebedarfs im Umfeld der untersuchten Märkte

Für die Einbeziehung des energetischen Umfelds ist besonders der Wärmebedarf interessant. In der nachstehenden Abbildung ist die nähere Umgebung eines untersuchten Marktes ersichtlich. Aus Erfahrungswerten von bestehenden Nahwärmenetzen wurde das Umfeld in erster Näherung mit 100m im Umkreis definiert.



Abbildung 31: Luftbild - Interspar Wienerstrasse⁷²

Um nun die Wärmebedarfe der ermittelten Gebäude abschätzen zu können, wurden Vergleichswerte benötigt. Dazu wurde einem „Standard-Einfamilienhaus“ ein Wärmebedarf von 20.000 kWh/a zugeordnet, für gewerbliche Anlagen wurde als Bezugsfaktor der ungefähre Wärmebedarf eines SPAR-Marktes mit 50.000 kWh/a gewählt. Ergebnis dieser Faktorisierung ist die Spalte „Wärmebedarf(Faktor)“ in der anschließend dargestellten Tabelle. Ausmultipliziert und privaten und gewerblichen Bedarf summiert, ergibt den in der Spalte „Wärmebedarf [kWh/a]“ ausgewiesenen Bedarf an Heizwärme der entsprechenden Marktumgebung pro Jahr.

In diesem Zusammenhang ist auch natürlich zu erwähnen, dass dies eine Bedarfsabschätzung aller benachbarten Gebäude ist. Laut BIOS kann man bei Wärmenetzen dieser Größenordnung durchschnittlich mit einer Anschlussquote von ca. 75-85% rechnen. In Sonderfällen sind auch im positiven Fall 100% und im schlechtesten Fall nur 50% zu erwarten.

⁷² Land Steiermark, BEV: Luftbild, Online im Internet:
[http://gis2.stmk.gv.at/da3/\(ujyyp55gi1n4o2ugl4g4kvz\)/init.aspx?kartensammlu](http://gis2.stmk.gv.at/da3/(ujyyp55gi1n4o2ugl4g4kvz)/init.aspx?kartensammlu), 17.08.2004

	Status	Verteilung Privat / Gewerblich		Bebauungs-dichte		Wärmebedarf (Faktor)		Wärmebedarf
		privat	gewerbl.	privat	gewerbl.	privat	gewerbl.	[kWh/a]
Vasoldsberg	Entstehung	100%	-	offen	-	15 x	-	300.000
St. Marein	Entstehung	25%	75%	offen	dicht	8 x	1 x	210.000
Fernitz	Entstehung	50%	50%	offen	dicht	15 x	2 x	400.000
Gleisdorf	Entstehung	50%	50%	dicht	dicht	20 x	5 x	650.000
Fohnsdorf	Verbaut	50%	50%	dicht	dicht	20 x	4 x	600.000
Deutschlands-berg	Verbaut	50%	50%	dicht	dicht	15 x	8 x	750.000
Wienerstrasse	Verbaut	75%	25%	dicht	dicht	25 x	2 x	600.000

Tabelle 43: Abgeschätzte Wärmebedarfspotenziale im Umfeld

3.1.3 Ergebnisse der Erhebung rechtlicher und kommerzieller Parameter

Für die Konzeption von nachhaltigen Energiesystemen im Kontext von SUPOSS sind auch eine Vielzahl von rechtlichen und kommerziellen Parametern zu berücksichtigen. Die wichtigsten gesetzlichen Materien sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Gesetzliche Regelung	Inhaltlicher Bezug
Bundes - Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) in der Fassung vom 18.8.1998 (BGBl. 143/1998), bzw. dessen Novellierung vom 5.7.2000 (BGBl. 121/2000)	Regelt die umzusetzende EU-Elektrizitätsbinnenmarktlinie, gibt Rahmenbedingungen vor und teilt verschiedene Kompetenzen gemäß dem föderalistischen Prinzip den Bundesländern zu
Ökostromgesetz 2002 (149. Bundesgesetz)	Abnahmeverpflichtung von Ökostrom aus KWK-Anlagen (§ 1) Anerkennung von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger (§7)
Ökostromverordnung BGBl. II Nr. 508/2002	Regelung der Einspeistarife
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gewerbeordnung (GewO) 2. Prüfung ob IPPC-Anlage gemäß Anlage 3 GewO 3. Bauordnung (BauO) 4. Luftreinhalterecht (Immissionsschutzgesetze und -Verordnungen, Luftreinhaltegesetze bzw. -Verordnungen, Nachbarschaftsschutz) 5. Emissionsgrenzwertverordnung 6. Feuerungsanlagenverordnung FAV (Typen- und Einzelgenehmigungen) 7. Wasserrecht 8. Abfallrecht 9. Eisenbahn- und Straßenrecht (Leitungsverlegung) 	<p>Gewerberechtliche Genehmigung für den Betrieb von Energieerzeugungsanlagen Baurechtliche Vorschriften für Energieerzeugungsanlagen und benötigte Bauwerke</p> <p>Grenzwerte für Immissionen und Emissionen von Energieerzeugungsanlagen</p>

<p>10. Dampfkessel-Emissionsgesetz</p> <p>11. Gemeindeverordnungen für den Gemeindeanschlussbereich (Kennzeichnung im Flächenwidmungsplan)</p> <p>12. Ortsbildgesetz</p> <p>13. Ev. Naturschutzrecht</p> <p>14. Ev. Bergbaurecht</p> <p>15. Ev. Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung größer 100 MW sind mit Bürgerbeteiligungsverfahren zu genehmigen, Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung größer 200 MW sind UVP-pflichtig)</p>	
<p>Nationale und internationale Sicherheitsregelwerke (ISO-, EN-, DIN-, ÖNORMEN etc.).</p>	<p>Vorschriften für die Anlagensicherheit von Energieerzeugungsanlagen</p>

Tabelle 44: Relevante Gesetzesmaterien

Bezüglich kommerziell relevanter Parameter wurden Erhebungen bzgl. der Entwicklung von Brennstoff und Wärmekosten, Wirtschaftlichkeitsberechnungsmodellen, Rahmenbedingungen für Energiecontracting, organisatorische Abläufe und Entscheidungsprozesse bei der Errichtung derartiger Anlagen und die entsprechende Förderlandschaft durchgeführt.

3.1.4 Studie über Stand der Technik für alternative Kältetechnikanlagen

3.1.4.1 Überblick über verfügbare Technologien

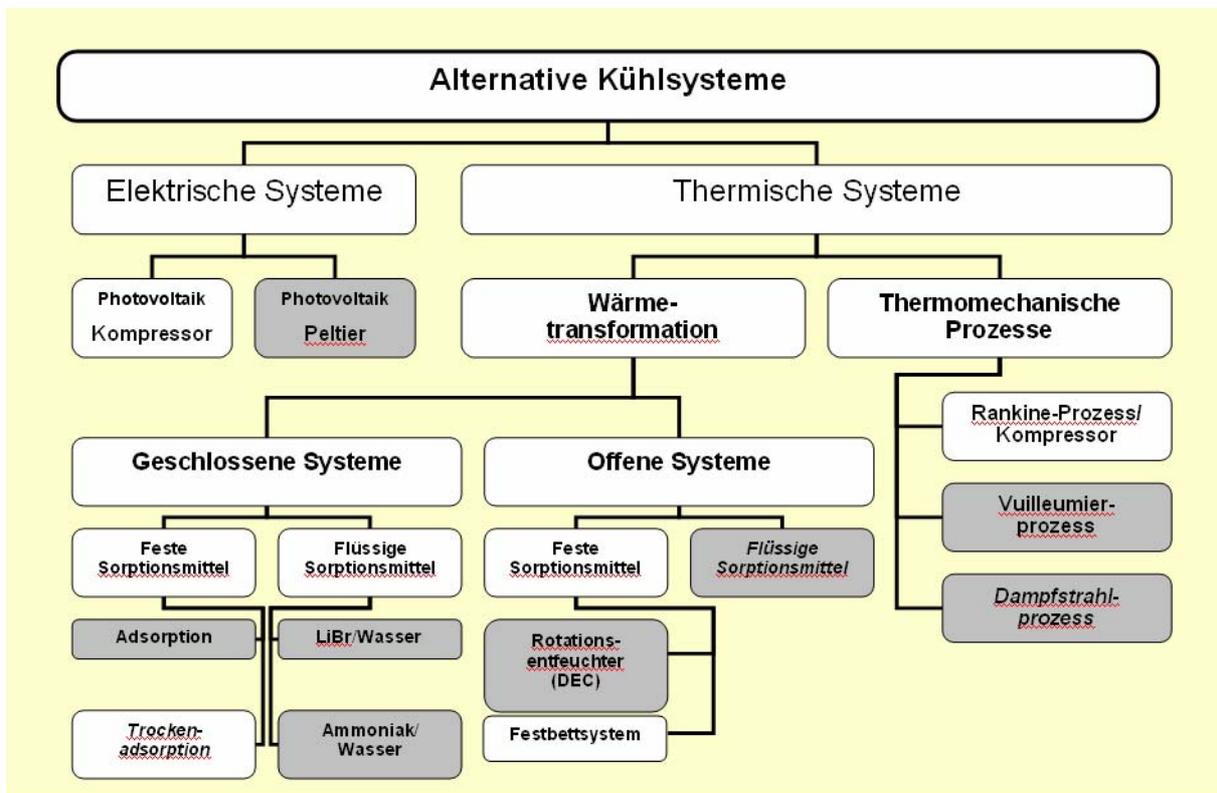


Abbildung 32: Überblick über vorhandene alternative Kühltechnologien

Die alternativen Kühlverfahren können zur Reduzierung des Stromverbrauchs einen wesentlichen Beitrag leisten, da solare Energie wie auch Abwärme oder Wärme aus dem Fernwärmenetz bzw. Kraft-Wärme-Kopplungen als Antriebswärme genutzt werden kann. Strom wird dann nur für den Systembetrieb benötigt (Pumpen, Rückkühlanlage, Steuerung...), was das elektrische Netz weniger belastet.

Elektrische Systeme fallen dann unter den Begriff „solare Kühlsysteme“, wenn der benötigte Strom photovoltaisch erzeugt wird.

In der Folge wird ein allgemeiner Überblick über einige alternative Kühlungstechnologien, welche in Abbildung 32 hellgrau dargestellt sind, gegeben. Manche dieser Technologien sind am Markt verfügbar, andere befinden sich noch im Entwicklungsstadium.

Geschlossene Verfahren

Unter den geschlossenen Verfahren werden Absorptions- und Adsorptionstechnik unterschieden. Es handelt sich hierbei um thermische Systeme, in denen thermische Energie transformiert wird.

Es wird durch derartige Kältemaschinen Kaltwasser erzeugt, welches für die Versorgung verschiedener Klimatisierungsgeräte (Kühldecken, Kühlregister in zentralen Lüftungsanlagen, dezentrale Umluftgeräte – fan-coils) eingesetzt werden kann. Lüftungsgeräte werden auf relativ niedrigem Temperaturniveau ausgelegt (6 – 9°C), da in den meisten Fällen sowohl die sensiblen als auch die latenten Lasten (Luftfeuchte) abführen werden sollen. Wenn keine Entfeuchtung gefordert ist, können die Kaltwassertemperaturen durchaus höher sein (15 – 20°C).

- Absorption

Die Absorptionskälteanlagen arbeiten mit den Stoffpaaren Ammoniak/Wasser (mit Ammoniak als Kältemittel und Wasser als Sorptionsmittel) oder Wasser/Lithiumbromid (mit Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Sorptionsmittel). Ammoniak als Kältemittel kann, durch seinen niedrigen Siedepunkt bei niedrigem Druckniveau, auch bei Anwendungen eingesetzt werden, wo Nutztemperaturen unterhalb von 0°C gefordert sind. Das Kältemittel verdampft, und entnimmt dafür die Verdampfungsenergie aus dem Kaltwasserkreis, der die Kälteleistung liefert.

Das Prinzip der Absorptionskälteanlage ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die Verdampfung findet auf einem niedrigen Druckniveau statt (bei ca. 10 mbar), damit der Kältemitteldampf auch die für die Kühlung notwendige niedrige Temperatur erreicht. Der Kältemitteldampf wird dann im Absorber durch das Sorptionsmittel absorbiert, und die Wärmeabgabe wird an die Umgebung (z. B. durch Nasskühltürme: QAbsorber) durch einen geeigneten Kühlkreis freigesetzt. Da das Kältemittel sich jetzt im flüssigen Zustand befindet, kann es durch relativ geringen Energieaufwand auf ein höheres Druckniveau durch eine Lösungspumpe gebracht werden. In einem Austreiber (Generator) wird dann das Kältemittel

desorbiert und das Sorptionsmittel regeneriert. Die dafür notwendige Antriebswärme (QGenerator) kann aus den Solarkollektoren kommen, falls es sich um ein solares Verfahren handelt. Das benötigte Heißwasser oder der Satttdampf könnte auch von einer KWK-Anlage geliefert werden. Die entstandene konzentrierte Lösung wird über einen Lösungswärmeübertrager in den Absorber zurückgeführt. Die Temperaturen liegen hierfür bei 80°C bis 110°C für einstufige Anlagen und bis zu 160°C für Zweistufige in der ersten Stufe. Nach der Desorption wird das Kältemittel verflüssigt und in der Drossel auf den Kondensationsdruck gebracht, wodurch Wärme wieder an die Umgebung freisetzt wird (z. B. durch Nasskühltürme: QK). Am Ende wird das Kältemittel wieder dem Verdampfer zugeführt.

Bei zweistufigen Prozessen können höheren Leistungszahlen erreicht werden, da die Desorption auf verschiedenen Druck- und Temperaturniveaus erfolgt (double lift).

Kurz gefasst funktioniert die Kombination zwischen single-effect (einstufige Absorption) und double-lift (zweistufige Desorption) durch den Einsatz eines Resorbers, der das Kältemittel von einem Lösungskreislauf zum anderen transportiert. Der Prozess funktioniert bei niedrigen Antriebstemperaturen, wodurch sich aber sehr schlechte Leistungszahlen ergeben. Für die Wärmeabnahme auf zwei Temperaturniveaus müssen große Heißwassermengen zur Verfügung gestellt werden. Bei höheren Antriebstemperaturen erhöht sich die Leistungszahlen.

In einer weiteren Variante kann ein double-lift System mit einem double-effect Prozess (zweistufige Absorption) kombiniert, wenn zwei verschiedenen Kältetemperaturniveaus erhalten werden sollen.

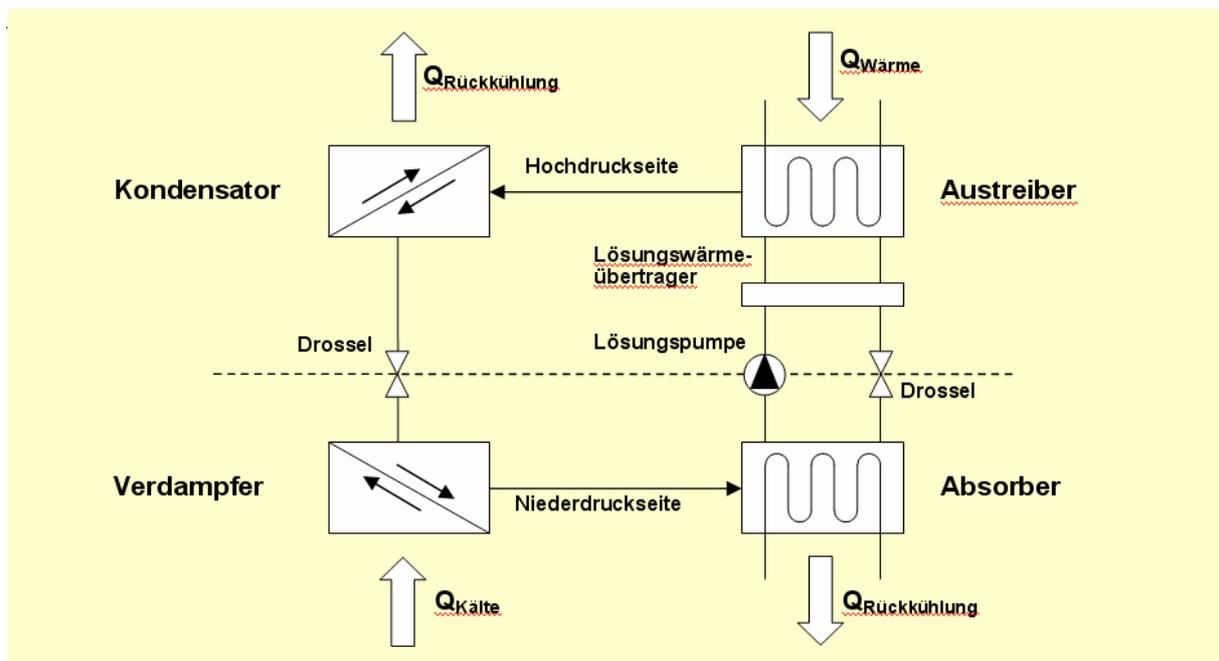


Abbildung 33: Prinzip einer Absorptionskältemaschine

- Adsorption

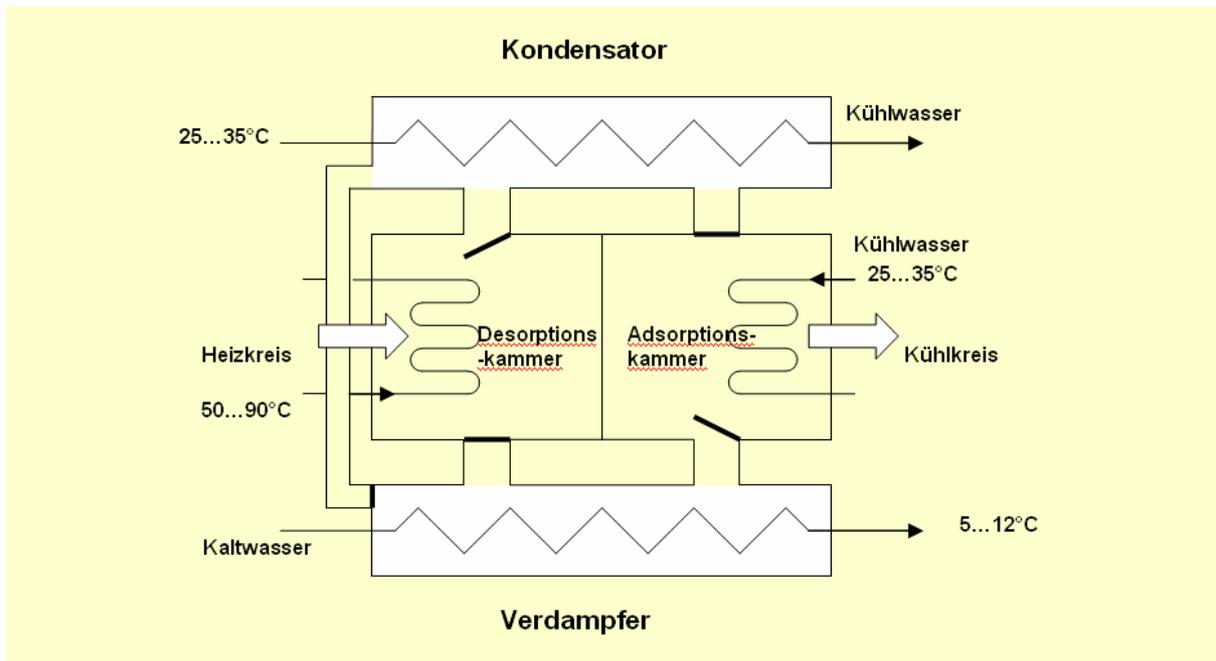


Abbildung 34: Prinzip einer Adsorptionskältemaschine

Das Prinzip einer Adsorptionskälteanlage ist in Abbildung 33 dargestellt. In geschlossenen Adsorptionsanlagen verdampft das Kältemittel Wasser auf einem niedrigen Druckniveau um die Kälteleistung zu liefern und wird dann in einer Kammer an einem Festkörper wie Silikagel adsorbiert. Die Gasmoleküle des Kältemittels werden in den Poren des hochporösen Adsorptionsmittels angelagert, die entsprechende Bindungswärme wird an die Umgebung (zum Beispiel durch Kühltürme) durch einen geeigneten Kühlkreis freigesetzt. Um einen kontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten erfolgt parallel dazu in einer zweiten Kammer unter Wärmezufuhr (Heizkreis) die Desorption zur Regeneration des Sorptionsmittels. Diese Regeneration ist bei relativ niedrigen Temperaturen (50 – 90°C) möglich, was den Einsatz von Solarenergie oder Abwärme möglich macht. Nach der Desorption kondensiert der Kältemitteldampf, und die anfallende Wärme wird an die Umgebung freigesetzt. Auf dem niedrigen Druckniveau kann dann die Verdampfung des Kältemittels wieder stattfinden. Was das Sorptionsmittel betrifft, kommt die Adsorption nach einer bestimmten Zeit zur Sättigung. Dann wird die Funktion der Kammern ausgetauscht, wobei eine kurze Phase zur Wärmerückgewinnung zwischengeschaltet ist: die Funktionen des Wärme- und Kühlkreises werden dafür auch umgedreht.

Die wichtigsten Merkmale der Absorptions- und Adsorptionstechniken sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

System	Adsorption	Absorption		Sorptionsgestützte Klimatisierung DEC	
Verfahrensprinzip	Kaltwasser			Luftentfeuchtung und Verdunstungskühlung	
Kältemittel-Kreislauf	Geschlossen			Offen	
Kälte/Sorptionsmittel	Wasser/Silika-gel Ammoniak/Salz	Wasser/Lithiumbromid	Ammoniak/Wasser	Luft/Silikagel Luft/Lithiumbromid	Luft/Calciumchlorid Luft/Lithiumchlorid
Trocknungsmittel	fest	flüssig		fest	flüssig
marktverfügbare Kälteleistung	50kW bis 430kW	40kW bis 500kW	10kW bis 500kW	6kW bis 300kW	80kW
Kältetemperatur	6°C bis 20°C	6°C bis 20°C	-60°C bis 20°C	16°C bis 20°C	16°C bis 20°C
typische Antriebs-temperatur	60°C bis 90°C	80°C bis 110°C (1) 130°C bis 160°C (2)	80°C bis 110°C (1) 130°C bis 160°C (2)	45°C bis 95°C	45°C bis 70°C
max. Wärmeverhältnis	0,6 bis 0,7	0,6 bis 0,75 (1) < 1,2 (2)	0,6 bis 0,75 (1) < 1,2 (2)	0,5 bis >1	>1
Solarantrieb	Vakuumröhren, Flachkollektoren	Vakuumröhren	Vakuumröhren	Flachkollektoren, Luftkollektoren	Flachkollektoren, Luftkollektoren

Tabelle 45: Übersicht über die wichtigsten Verfahren zur solaren Kühlung ((1): einstufige Anlage, (2): zweistufige Anlage)

Offene Verfahren

Die offenen sorptionsgestützten Systeme ermöglichen neben der Abfuhr von sensiblen Kühllasten auch sehr einfach eine Feuchtregulierung (Kontrolle der latenten Lasten). Diese DEC (Desiccant and Evaporative Cooling)-Anlagen können deshalb die Kontrolle der Innenluftqualität durch ein einziges Gerät gewährleisten. Im Fall einer Klimatisierung mit Absorptions- oder Adsorptionskältemaschine sind zusätzliche Klimatisierungsgeräte wie fan-coils oder zentrale Lüftungsgeräte einzurichten.

In einer DEC-Anlage wird die Luft direkt ohne weitere Kühlmedien konditioniert, weil sie in direktem Kontakt mit dem Kältemittel H₂O steht: deshalb die Bezeichnung als „offene Verfahren“.

- Feststoffverfahren

Unter Verwendung eines festen Trocknungsmittels strömt die Außenluft durch ein langsam rotierendes Rad, auf dem das Sorptionsmittel angebracht ist. Für das Sorptionsmittel Silikagel wird eine Glas- oder Keramikfasermatrix eingesetzt, während eine Zellulosematrix für Lithiumchlorid benutzt wird. Um einen kontinuierlichen Betrieb zu erhalten, wird gleichzeitig die zweite Hälfte des Sorptionsrades regeneriert. Dafür strömt warme Abluft durch den

Sorptionsradteil, der zu regenerieren ist. Hierzu kann Energie aus thermischen Solaranlagen oder auch Abwärme eingesetzt werden.

Die entfeuchtete Luft erreicht durch die anfallende Bindungswärme eine höhere Temperatur als die Abluft aus dem klimatisierten Bereich. Die anschließende Wärmerückgewinnung durch ein rotierendes Wärmerückgewinnungsrads senkt die Zulufttemperatur etwas ab. Die gewünschte Raumlufttemperatur von 16°C bis 18°C wird mit einem abschließenden Verdunstungskühlungsprozess, durch den Einsatz eines direkten Luftbefeuchters, erreicht. Dabei ist zu beachten, dass die Abwärme aus den Ventilatoren eine Zulufttemperatursteigerung von ca. 1K zur Folge hat.

Nach erfolgter Änderung des Raumluftzustandes durch die internen Lasten wird die Abluft annähernd bis zum Sättigungszustand befeuchtet. Durch die indirekte Verdunstungskühlung wird ein möglichst großes Temperaturpotenzial zur Wärmerückgewinnung erreicht. Die anschließende Wärmerückgewinnung führt zu einer ersten Anhebung der Ablufttemperatur. Die für die Regeneration des Sorptionsrads notwendige zusätzliche Temperaturerhöhung wird durch einen Luftheritzer gewährleistet, wobei Solarluftkollektoren eingesetzt werden können.

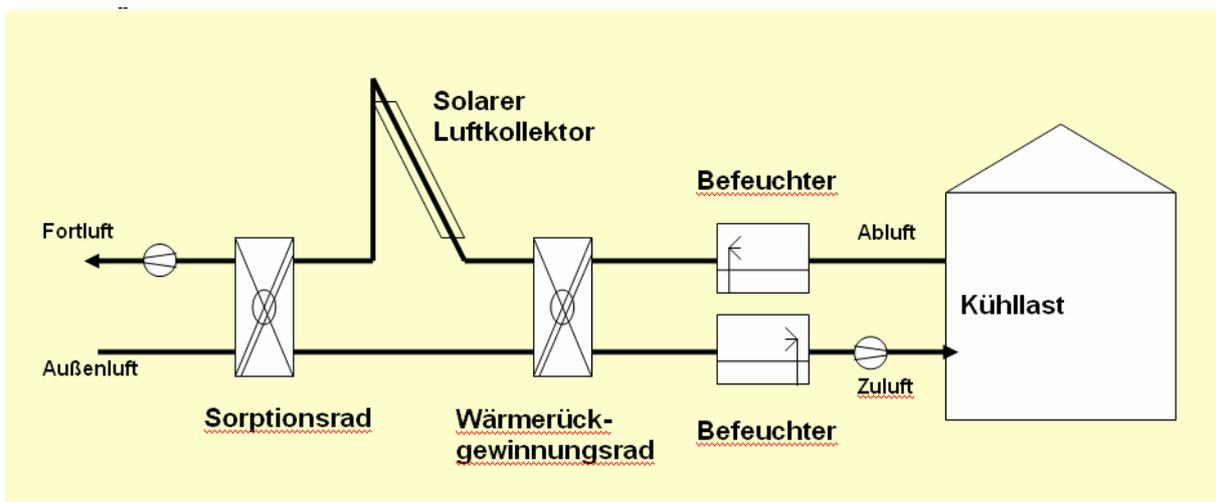


Abbildung 35: Prinzip einer DEC-Anlage, die für die Antriebswärmeversorgung mit Solarluftkollektoren ausgerüstet ist

- Verfahren mit flüssigen Sorptionsmitteln

Das Prinzip ist das gleiche wie für die Feststoffverfahren: die Außenluft wird sorptiv entfeuchtet und dann durch Verdunstungskühlung mit Wasser gekühlt. Der Absorber besteht aber aus gekühlten Kontaktflächen, wo das konzentrierte flüssige Sorptionsmittel verrieselt wird, und somit die Außenluft entfeuchtet. Die erzeugte Bindungswärme wird über ein Kreislaufverbundsystem und einen indirekten Verdunstungskühler an die Abluft abgeführt: so wird die Zuluft gleichzeitig auch vorgekühlt. Mit zusätzlicher Verdunstungskühlung der Zuluft wird dann wie für das Feststoffverfahren die gewünschte Raumlufttemperatur erzeugt.

Was die Regeneration des Sorptionsmittels betrifft, wird das verdünnte Sorptionsmittel in einem luftdurchströmten Regenerator erwärmt und wieder aufkonzentriert. Mit Wärmerückgewinnung zwischen Luft und Sorptionsmittel kann sich der Wirkungsgrad der Anlage erhöhen und die Kollektorfläche vermindern, wenn die Wärme solar erzeugt wird.

DEC-Anlagen mit flüssigen Sorptionsmitteln sind aufwendiger als Systeme mit Rotoren und noch nicht auf dem Markt verfügbar. Diese Systeme bieten aber interessante Vorteile im Vergleich zu den Feststoffverfahren, wie z. B. die mögliche niedrige Regenerationstemperatur bei gleichem Entfeuchtungspotenzial und die räumliche Entkopplung von Zu- und Abluftströmen.

Andere Verfahren

Neben den Kühlungstechnologien, wo Wärme transformiert wird, stehen auch andere Verfahren zur Verfügung. Unter den thermischen Systemen gibt es verschiedene thermomechanische Prozesse (Vuilleumier-Prozess, Dampfstrahl-Prozess). Auf der anderen Seite gibt es auch elektrische Systeme, die photovoltaisch unterstützt werden können (Photovoltaik-Peltier).

- Vuilleumier-Prozess

Antriebsenergie für Vuilleumier-Wärmepumpen ist thermische Energie, die zum Beispiel durch einen Gasbrenner zugeführt werden kann, oder direkt aus Umgebungswärme auf niedrigem Temperaturniveau bestehen kann. Diese Technik ist auch für die Klimatisierung von Gebäuden geeignet und fällt daher unter die thermomechanischen Prozesse. Bisher wurden sie aber nur für sehr spezielle Einsatzgebiete (Kühlung von Infrarotsensoren oder Fangkühlung in Fischkuttern) eingesetzt⁷³. Solche Anlagen können auch zum Einsatz für Heizzwecke kommen.

Die Vuilleumier-Wärmepumpe nutzt als Antrieb einen regenerativen Gas-Kreisprozess. Dieser Prozess kann neben den bereits in Wärmepumpen mechanischen und thermischen Verdichtern als weitere Verdichterbauart angesehen werden. Hier strömt ein Gas (als Arbeitsgas wird Helium verwendet) periodisch über Regeneratoren zwischen verschiedenen Temperaturniveaus hin und her. Dabei wird Wärme aus der Gasverbrennung bzw. aus der Umgebung aufgenommen.

Weiters arbeitet die Vuilleumier-Wärmepumpe mit zwei Verdrängerkolben, die ein insgesamt konstantes Gasvolumen in drei periodisch veränderliche Teilvolumina $V_{\text{heiß}}$, V_{warm} , V_{kalt} unterteilen. Diese Gasvolumina sind mittels Wärmeübertrager mit den äußeren Medien

⁷³ Vgl.: BINE: Projektinfo 1/100 Vuilleumier-Wärmepumpen, 2000

permanent in Kontakt. So wird auch die Kälteleistung gewährleistet, und die Abwärme auf dem mittleren Temperaturniveau abgeführt.

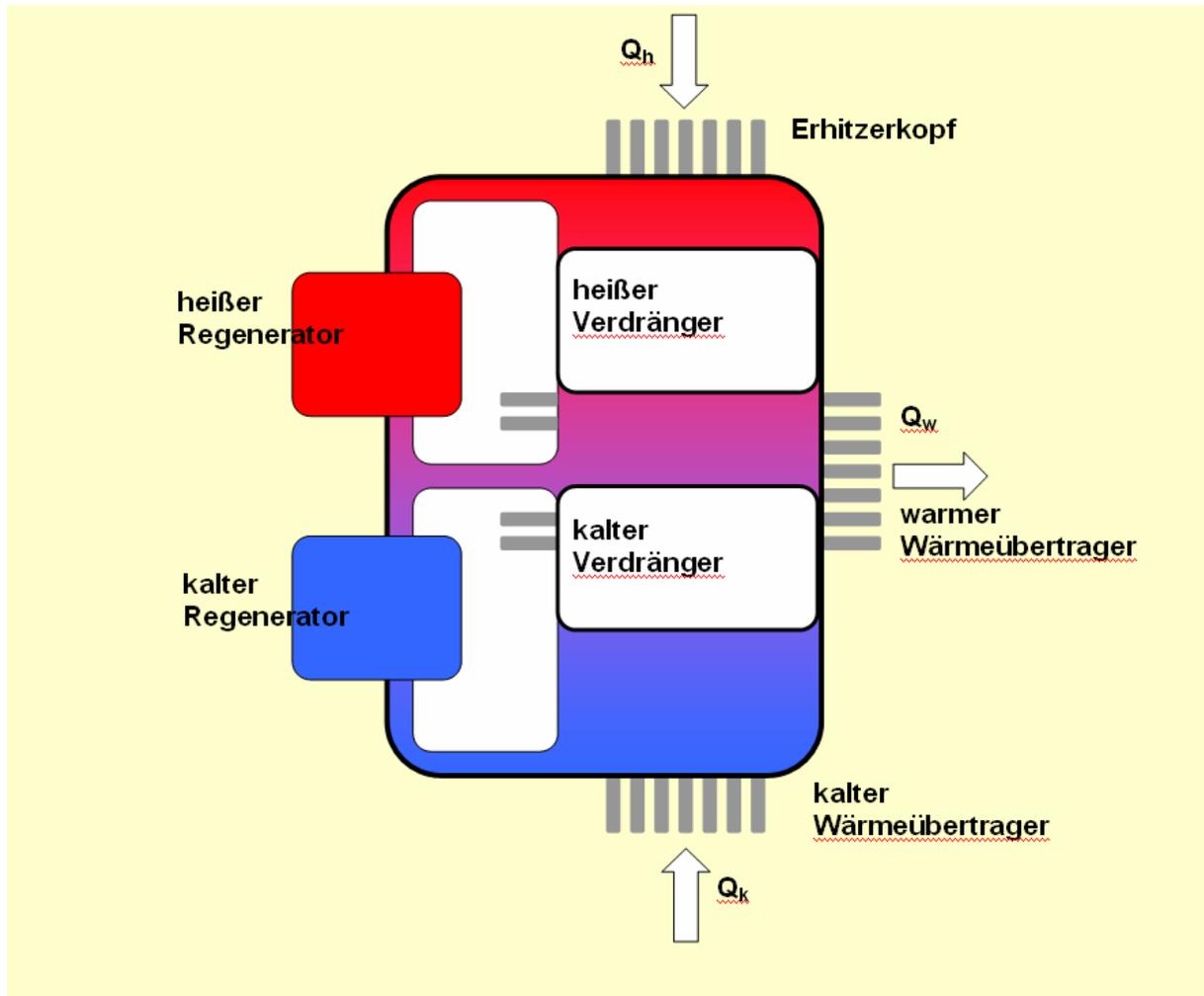


Abbildung 36: Prinzip einer Vuilleumier-Wärmepumpe

- Dampfstrahlprozess

Der Strahlverdichter ist der wesentliche Bestandteil einer Dampfstrahlkälteanlage: am Ausgang des Verdampfers wird der Kältemitteldampf mit Hilfe eines Treibmediums auf das Kondensatordruckniveau gefördert. In diesem Fall wird auch Wasser als Kältemittel ohne Zusatzstoffe benützt, was ein großer Vorteil ist. Diese Technologie wurde aber bis jetzt noch für keine Anlage im Bereich der solaren Klimatisierung verwendet, nur in Kombination mit einer Kraft-Wärme-Kopplung Anlage. In der nahen Zukunft sollen aber schon die ersten Anlagen mit Parabolrinnen Kollektoren gebaut werden.

- Photovoltaik-Peltier

Eine Klimatisierungsanlage kann nach zwei verschiedenen Verfahren mit einer Photovoltaikanlage unterstützt werden. Einerseits kann eine herkömmliche mit Verdichter ausgerüstete Anlage den notwendigen Betriebsstrom aus einer Photovoltaikanlage entnehmen. Andererseits steht die Peltier-Technik auch zur Verfügung: hier werden thermoelektrische Elemente benutzt.

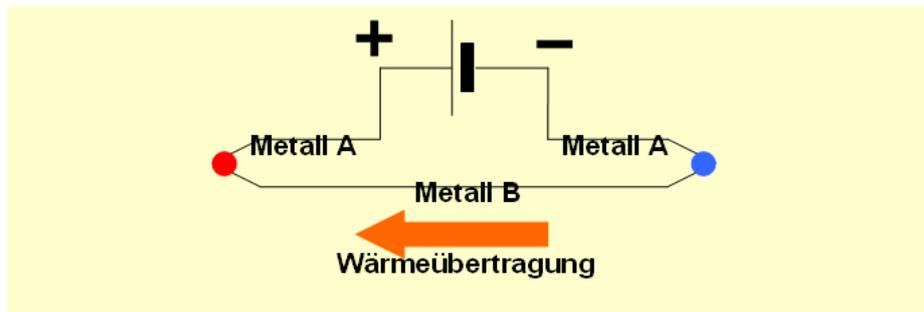


Abbildung 37: Prinzip eines Peltier-Elements

Die Funktion von Peltier-Elementen beruht auf der Umkehrung des Thermoeffekts (Seebeck). Durch Anlegen einer Spannung an einem thermoelektrischen Element wird Wärme von einer Seite des Elementes zur anderen transportiert. Die Wärme wird zumeist mit einem einfachen Lüfter vom Peltier-Element abgeführt. Der Peltier-Effekt kann zur Kühlung benutzt werden, und durch den Einsatz von photovoltaischen Zellen kombiniert sein.

Kleine Peltier-Kühlboxen sind im Kaufpreis sehr billig, aber durch den hohen Stromverbrauch sind diese Geräte unwirtschaftlich.⁷⁴

Bei den neuen und teureren Peltier-Kühlgeräten werden effizientere Peltier-Elemente in Kombination mit einer intelligenten Regeltechnik eingesetzt. Diese Geräte unterscheiden sich von billigen Camping-Kühlboxen in der Art des Wärmetransports: während bei den einfachen Geräten simple Kühlkörper mit Luftkühlung eingesetzt werden, kommen bei den neuartigen Peltier-Kühlgeräten Flüssigkeitskühlkreise oder Wärmerohre zum Einsatz.

⁷⁴ Vgl.: IWSSOLAR, 2004:

www.iwssolar.ch/pages/photovoltaik/kuehlsysteme/geraetevergleich.html, (Zugriff 14.07.04)

Vor- und Nachteile der Technologien im Kontext von SUPOSS

Technologie	Vorteil	Nachteil
Kombination Photovoltaik/ Kompression	<ul style="list-style-type: none"> - große Flächenverfügbarkeit für die PV-Anlage - Einkopplung des Solarstromes ins Netz mit möglicher Vergütung - kein erheblicher systemtechnischer Aufwand 	<ul style="list-style-type: none"> - erreichbare solare Deckungsanteile sind niedriger aufgrund konstanten Kältebedarfs (Tag und Nacht) - geringe Effizienz der Zellen
Photovoltaik/ Peltier	<ul style="list-style-type: none"> - große Flächenverfügbarkeit für die PV-Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> - erreichbare solare Deckungsanteile sind niedriger aufgrund konstanten Kältebedarfs (Tag und Nacht) - sind für Anwendungen großer Leistungen ungeeignet
Dampfstrahl-Prozess	<ul style="list-style-type: none"> - Wasser als Kältemittel: möglicher offener Prozess mit Verzicht auf Wärmetauscher 	<ul style="list-style-type: none"> - noch wenig Anwendungen im Bereich der Klimatechnik
Vuilleumier-Prozess		<ul style="list-style-type: none"> - einzige Anwendungen für sehr spezifische Prozesskühlung (Infrarotsensoren)
Absorption	<ul style="list-style-type: none"> - marktverfügbare thermische Kälteerzeugung ab 20 kW - Nutzung der Solarthermie möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Antriebstemperaturen von 75 – 100°C notwendig (einstufiger Prozess) - hohe Investitionskosten gegenüber Kompressionskälte
Adsorption	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Antriebstemperaturen ab 60°C bis 90°C anwendbar - Nutzung der Solarthermie möglich - Wasser als Kältemittel 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Investitionskosten gegenüber Kompressionskälte - nur Klimakälte möglich
Desiccant and Evaporative Cooling	<ul style="list-style-type: none"> - Vollklimatisierung: Abfuhr von sensiblen und latenten Lasten und Bereitstellung des hygienischen Luftwechsels - deutlich geringere elektrische Anschlussleistung 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Investitionskosten gegenüber Kompressionskälte und Lüftungsggerät

Tabelle 46: Qualitative Bewertung der verschiedenen alternativen Kühltechnologien

3.1.4.2 Stand der Technik: Technologien für gewerbliche Kälteerzeugung

Beschreibung der Technologie

Ein zentraler Ammoniak-Behälter verteilt das flüssige Kältemittel Ammoniak auf einem niedrigen Druckniveau zu den einzelnen Verdampfern in den jeweiligen Kühlmöbeln. Da die Kühlmöbel zwei verschiedene Temperaturniveaus garantieren sollen (Minuskälte um -36°C und Pluskälte um -12°C), muss ein zweistufiger Prozess mit zweistufiger Absorption (double effect) zum Einsatz kommen. Das heißt dass aus zwei verschiedenen Behältern mit unterschiedlichen Druckniveaus der Ammoniakdampf in zwei verschiedene Absorber verteilt wird. Im Behälter der ersten Stufe ist der Ammoniakdampf auf dem niedrigeren Temperatur- und Druckniveau enthalten, und die erste Stufe der Absorption erfolgt auf diesem niedrigen Druckniveau. Eine Lösungsmittelpumpe bringt dann die verdünnte Lösung auf das mittlere Druckniveau, wo der Ammoniakdampf aus dem zweiten Behälter absorbiert wird (höhere

Temperatur). Die Lösungsmittelpumpe von der zweiten Stufe bringt dann die verdünnte Lösung auf das Austreiberdruckniveau. Eine vereinfachte Darstellung des Funktionsprinzips (double effect) ist in der nachstehenden Abbildung zu finden.

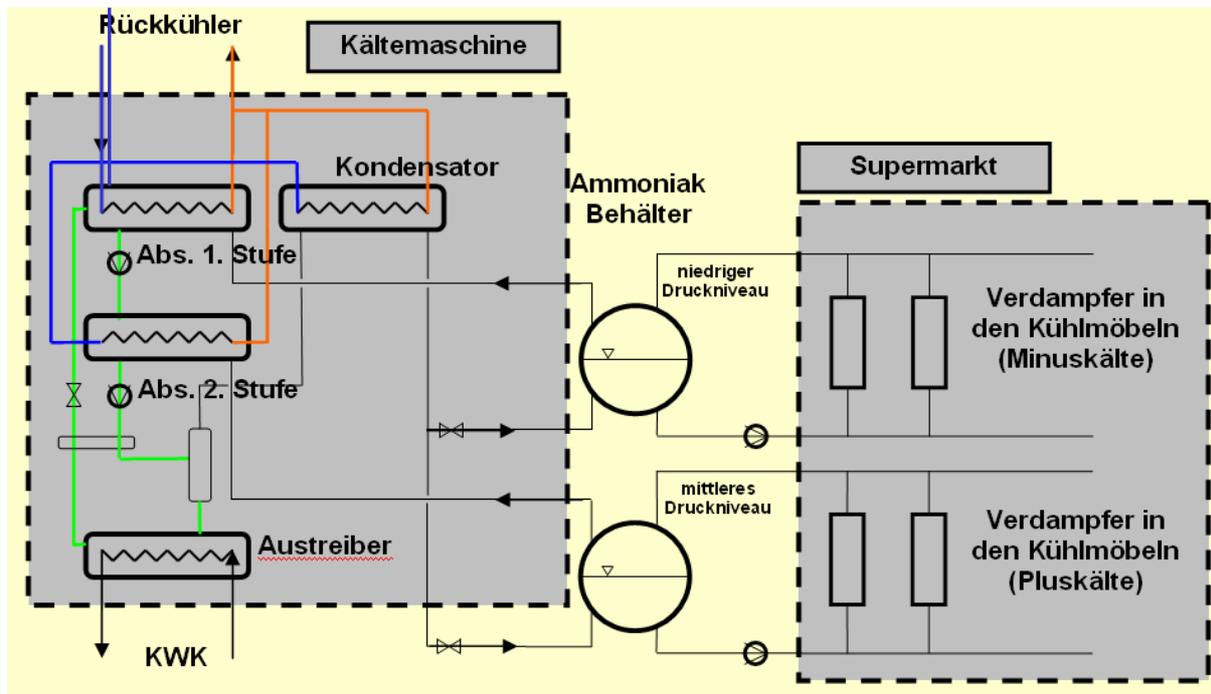


Abbildung 38: Funktionsprinzip für die Anwendung von Absorptionskältemaschinen für die Tiefkühlung bei Supermärkten (double effect)

Eine weitere Lösung besteht darin, einen gemeinsamen Verdampfer für alle Kühlmöbel einzusetzen. Die Kälteübertragung erfolgt dann mittels Sole (Wasser- Kältemittel- Gemisch), die direkt durch die Kühlmöbel fließt.

Technologischer Entwicklungsstand und Leistungsparameter - Marktverfügbare Anlagen

Es gibt bereits kleine Ammoniak-Absorptionskältemaschinen auf dem Markt (mit 10 kW Kälteleistung). Es handelt sich aber um direkt gasbefeuerte Maschinen (z. B. von der Firma Robur), die keine tiefen Temperaturen generieren können.

Mit größeren Kälteleistungen sind mehrere Varianten auf dem Markt. Ab 50 kW gibt es Ammoniak-Absorptionskältemaschinen, die auch mit Heißwasser oder Sattdampf angetrieben werden können. Gleichzeitig können auch niedrigere Temperaturen erreicht werden, wobei aber die notwendige Antriebstemperatur entsprechend höher liegen muss:

- Für -5°C kann unter bestimmten Bedingungen (entsprechende Rückkühltemperatur) Heißwasser mit 80°C als Antriebswärmequelle gelten;

- Für -40°C werden deutlich höhere Antriebstemperaturen benötigt (ab 140°C).

Kältemittel	Ammoniak
Absorptionsmittel	Wasser
marktverfügbare Kälteleistung	10kW bis 500kW
Kältetemperatur	-60°C bis 20°C
typische Antriebstemperatur	80°C bis 110°C (einstufige Anlage) 130°C bis 160°C (zweistufige Anlage)
Antriebswärmequelle	Heißwasser Wasserdampf Gas: Direktbefeuerung
Wärmeverhältnis	0,4 bis 0,75 (einstufige Anlage) < 1,2 (zweistufige Anlage)
Möglicher Solarantrieb	Vakuumröhren / Parabolrinnen Kollektoren

Tabelle 47: technische Daten der Marktverfügbaren Ammoniak-Absorptionskältemaschinen

Je niedriger die Verdampfungstemperatur ist, desto kleiner wird die Leistungszahl (z. B. 0,6 bei -10°C und 0,4 bei -40°C). Deswegen können nach Bedarf auch Anlagen mit zweistufiger Desorption eingesetzt werden, wobei noch höheren Temperaturen für den Antrieb notwendig sind. Hiermit ergeben sich aber größere Leistungszahlen (>1).

Es können als Solarantrieb Vakuumröhren- oder konzentrierende Kollektoren eingesetzt werden. Andere Kollektortypen (Flach- oder Luftkollektoren) sind für die gewünschten Kältetemperaturen nicht geeignet. Die Antriebstemperaturen für Kältemaschinen, die im Tiefkühlbereich (unter -10°C) arbeiten, können aber auch mit den Vakuumkollektoren nicht erreicht werden. Zum Einsatz könnten Parabolrinnen Kollektoren kommen, wobei die Absorptionstechnologie dann mit dem Dampfstrahlkälteprozess in Konkurrenz steht. Ein geeigneter technischer und wirtschaftlicher Vergleich zwischen den beiden Technologien sollte gemacht werden, um die beiden Anwendungen für den Einsatz der Parabolrinnen Kollektoren zu bewerten.

Entwicklungsbedarf

Es gibt einen Entwicklungsbedarf bei kleinen Kälteleistungen (<50 kW) im Bereich der niedrigen Verdampfungstemperaturen. Damit wäre es möglich, auch die kleinen Supermärkte mit Absorptionskältemaschinen auszurüsten. Für die größeren Märkte müssen Lösungen für die Bereitstellung der Antriebsenergie gefunden werden.

Wirtschaftliche Daten und Anbieter

- Investitionskosten

Aufgrund des Datenmangels ist es nicht möglich, eine so genannte Kostenfunktion zu bilden. In Abbildung 39 sind die spezifischen Kosten von bestimmten Anlagen dargestellt. Die Kosten der Colibri-Anlagen⁷⁵ beinhalten auch die Investitionskosten für die Kühltürme. Die Preise können aber untereinander schwer verglichen werden, da es sich um Anlagen mit unterschiedlichen Merkmalen handelt (Verdampfungstemperatur...).

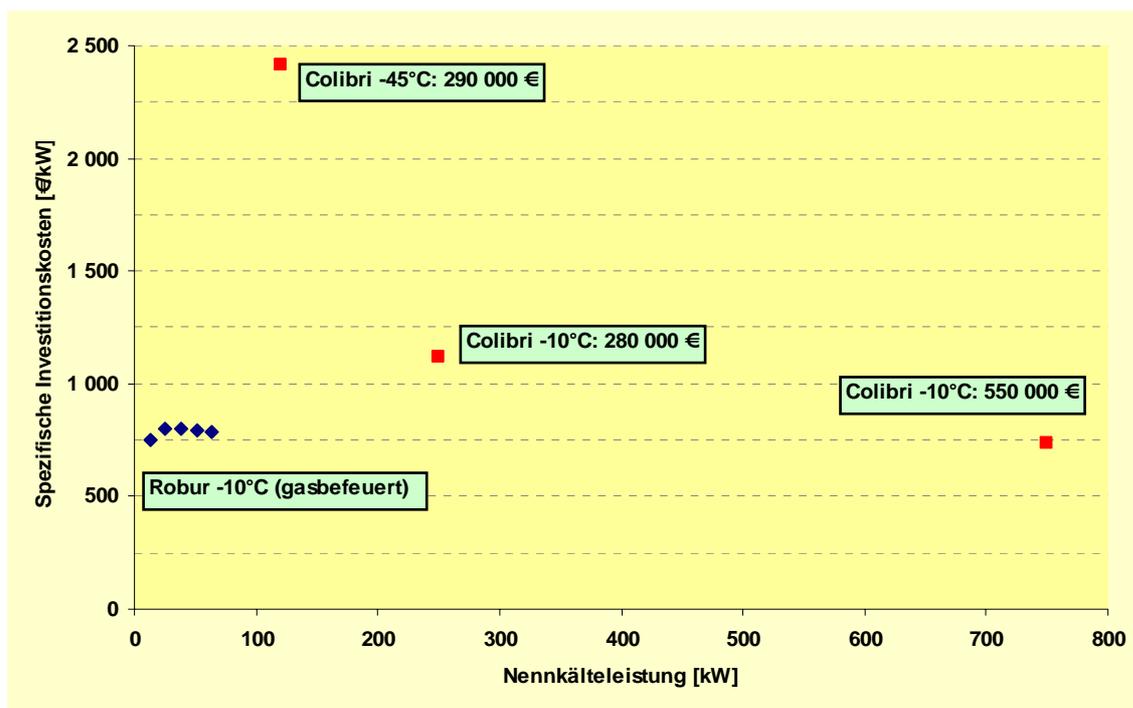


Abbildung 39: spezifische Investitionskosten für Ammoniak-Absorptionskältemaschinen

Auf der anderen Seite sind auch die spezifischen Preise einer gasbefeierten Kältemaschine der Firma Robur dargestellt. Vergleichsmäßig liegen sie auf einem sehr niedrigen Niveau. Das bedeutet, dass die zukünftigen Kältemaschinen im kleineren Leistungsbereich (und mit alternativem Wärmeantrieb) auch diese niedrigen Kosten erreichen sollten, um konkurrenzfähig zu sein.

⁷⁵ Vgl.: COLIBRI: www.colibri-stork.nl/English%20documents/colibri_stork.pdf, Zugriff 14.07.04

Hersteller	Produktname	Technische Daten
Colibri	ARP-S	Antrieb: Wasserdampf Kälteleistung: ab 200 kW (Unter bestimmten Bedingungen: kleinere Leistungen sind auch möglich) Verdampfungstemperatur: ab -30°C Heißwassertemperatur: 140°C bei -30°C Verdampfungstemperatur (25°C Rückkühltemperatur)
Mattes	AK-100	Antrieb: Wasserdampf Kälteleistung: 80 kW-150 kW Verdampfungstemperatur: ab -40°C Heißwassertemperatur: 140°C bei -30°C Verdampfungstemperatur (25°C Rückkühltemperatur) Neu: 50 kW-Maschine mit -40°C Verdampfungstemperatur machbar
Robur	RTCF 180-00-LB	Antrieb: Gas Kälteleistung: 28,5 kW Mindestverdampfungstemperatur: -10°C Antriebsleistung („thermal Input“ vom Brenner): 71,22 kW

Tabelle 48: marktverfügbare Ammoniak-Absorptionskältemaschinen im kleineren Leistungsbereich (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- Energiekosten

	Verdichter Minuskälte]	Mattes Minuskälte AK100
Kälteleistung [kW]	75	80
COP	1.6	0.39
Antriebsleistung thermisch [kW]	–	205
Antriebsleistung elektrisch [kW] (ohne Rückkühler)	46	5
Kälteverbrauch pro Jahr [MWh/a]	429	429
Vollbetriebsstunden [h/Jahr]	5 720	5 360
jährlicher Wärmeverbrauch [kWh/Jahr]	–	1 099
jährlicher Wärmeverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	–	13.7
jährlicher Stromverbrauch [kWh/Jahr]	268	1 360
jährlicher Stromverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	3.8	0.3

Tabelle 49: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Gewerbliche Kälteerzeugung, Minuskälte)

Vor der Zusammenstellung aller Kosten (Betriebskosten) ist eine erste Analyse durchgeführt worden, die sich auf die Energiekosten bezieht (Strom- und Wärmekosten), um beurteilen zu können, ob Absorptionstechnik im Vergleich mit Kompressionstechnik wirklich eine Chance hat. Unter Energiekosten fallen die Antriebskosten (Strom und Wärme) sowie die Stromkosten für den Antrieb der Kältemittel- und Lösungsmittelpumpen. Auch wenn sie einen Teil der gesamten Energiekosten ausmachen, werden die Stromkosten für den Rückkühlkreislauf (Pumpe und Ventilator) und die Kälteverteilung (Pumpen) nicht berücksichtigt, weil sie bei beiden Varianten auftreten. Da die Leistungszahlen (COP) der Kältemaschinen von der Kätetemperatur abhängig sind, wird der Energiebedarf separat für die Pluskälte und für die Minuskälte berechnet. Als Daten für die Auslegung der alternativen Anlagen werden die Ergebnisse aus einer Datenerhebung bei verschiedenen SPAR-Märkten verwendet. Sowohl für die Minuskälte als auch für die Pluskälte werden die Daten vom Interspar Graz Wienerstrasse genommen. Die Kälteleistung der Anlagen sowie der elektrische Stromverbrauch und der jährliche Kälteverbrauch sind bekannt, was die Berechnung der jeweiligen Leistungszahl ermöglicht. Die Firma MATTES⁷⁶ bietet Anlagen, die die gewünschten Kälteleistungen für die Minus- und Pluskälte gewährleisten. Aus Tabelle 49 und 50 werden die Energiekosten für die zwei verschiedenen Varianten gerechnet. Variablen sind die Strom- und Wärmepreise, um die Analyse auf das Preisverhältnis zwischen Strom und Wärme beziehen zu können.

$$K_A = E_W \times p_W + E_{A,St} \times p_{St} \quad (1)$$

$$K_K = E_{K,St} \times p_{St} \quad (2)$$

$$\frac{K_A}{K_K} = \frac{E_{A,St}}{E_{K,St}} + \frac{E_W}{E_{K,St} \times x} \quad (3)$$

K_A	Gesamtenergiekosten für die Absorptionskältemaschine (ohne Rückkühlanlage und Verteilungssystem)
K_K	Gesamtenergiekosten für die Kompressionskältemaschine (ohne Rückkühlanlage und Verteilungssystem)
E_W	Jährlicher Wärmeverbrauch der Absorptionskältemaschine
$E_{A,St}$	Jährlicher Stromverbrauch der Kompressionskältemaschine
$E_{K,St}$	Jährlicher Stromverbrauch der Absorptionskältemaschine
p_W	Wärmepreis
p_{St}	Strompreis
x	$\frac{p_{St}}{p_W}$

⁷⁶ Vgl.: MATTES: www.mattes-ag.de/standard-system_D.htm, (Zugriff 14.07.04)

	Verdichter Pluskälte	Mattes Pluskälte AK180
Kälteleistung [kW]	155	180
COP	2.4	0.49
Antriebsleistung thermisch [kW]	–	187
Antriebsleistung elektrisch [kW] (ohne Rückkühler)	65	13
Kälteverbrauch pro Jahr [MWh/a]	819	819
Vollbetriebsstunden [h/Jahr]	5 284	4 550
jährlicher Wärmeverbrauch [kWh/Jahr]	–	1 671
jährlicher Wärmeverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	–	9.3
jährlicher Stromverbrauch [kWh/Jahr]	369	59
jährlicher Stromverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	2.4	0.3

Tabelle 50: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Gewerbliche Kälteerzeugung, Pluskälte)

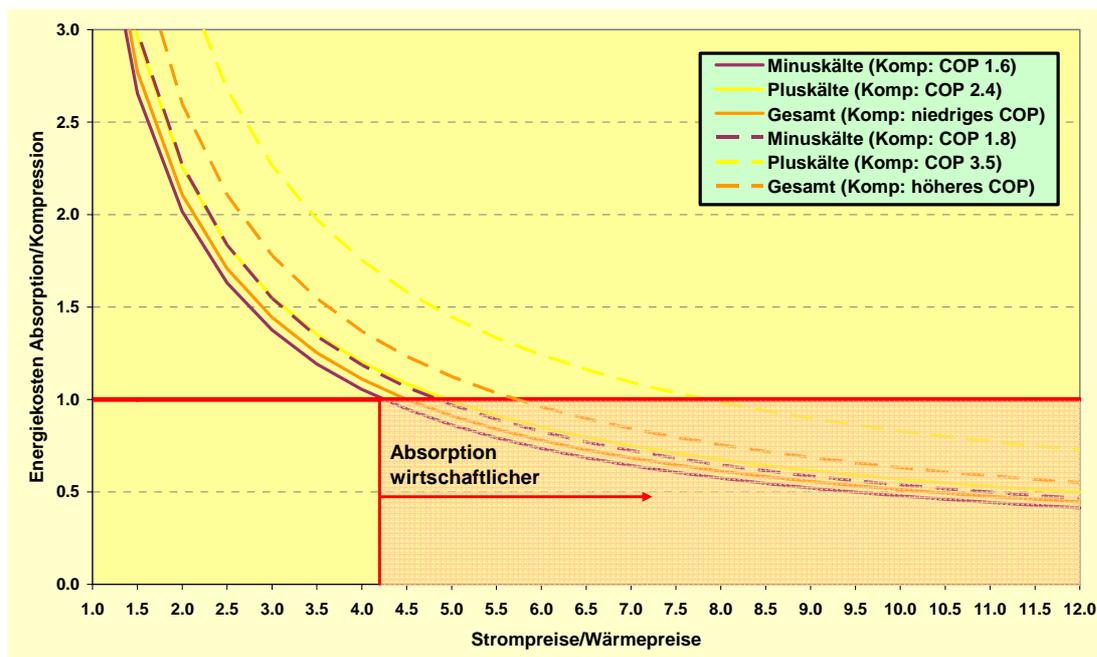


Abbildung 40: Verhältnis der Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der gewerblichen Kälteerzeugung

Das Energiekostenverhältnis zwischen Absorption und Kompression wird in Abhängigkeit des Preisverhältnisses zwischen Wärme und Strom dargestellt. Die entsprechenden Kurven

sind die graphischen Darstellungen der Gleichung (3). In der Abbildung 39 wird die Analyse für mehrere Werte für die Leistungszahl bei der Kompressionskältemaschine (die Energiekosten beinhalten nicht die Kosten für den Betrieb der Rückkühl- und Kälteverteilungskreisläufe) geführt. In der Abbildung 40 werden mehrere Werte für den Stromverbrauch bei der Absorptionskältemaschine (die Energiekosten beinhalten nicht die Kosten für den Betrieb der Rückkühl- und Kälteverteilungskreisläufe) angenommen.

In den entsprechenden Abbildungen ist das Preisverhältnis dargestellt, bei dem Absorptionsanlagen niedrigere Energiekosten als Kompressionsanlagen aufweisen. Die Werte (Verbrauch, Leistungszahl) für die Kompressionsanlage können sich variieren, daher wird in Abbildung 40 eine Art Sensitivitätsanalyse dargestellt, wo weitere Leistungszahlen für die Kompressionsvergleichsanlage angenommen werden. Auf der anderen Seite kann die Absorptionskältemaschine im Betrieb andere Stromverbräuche aufweisen als die, die während der Auslegung vorgesehen waren: aus diesem Grund ist eine Sensitivitätsanalyse in Abbildung 41 dargestellt worden, wo erhöhte Stromverbräuche angenommen werden, um schlechtere Bedingungen für die Absorptionstechnik zu simulieren.

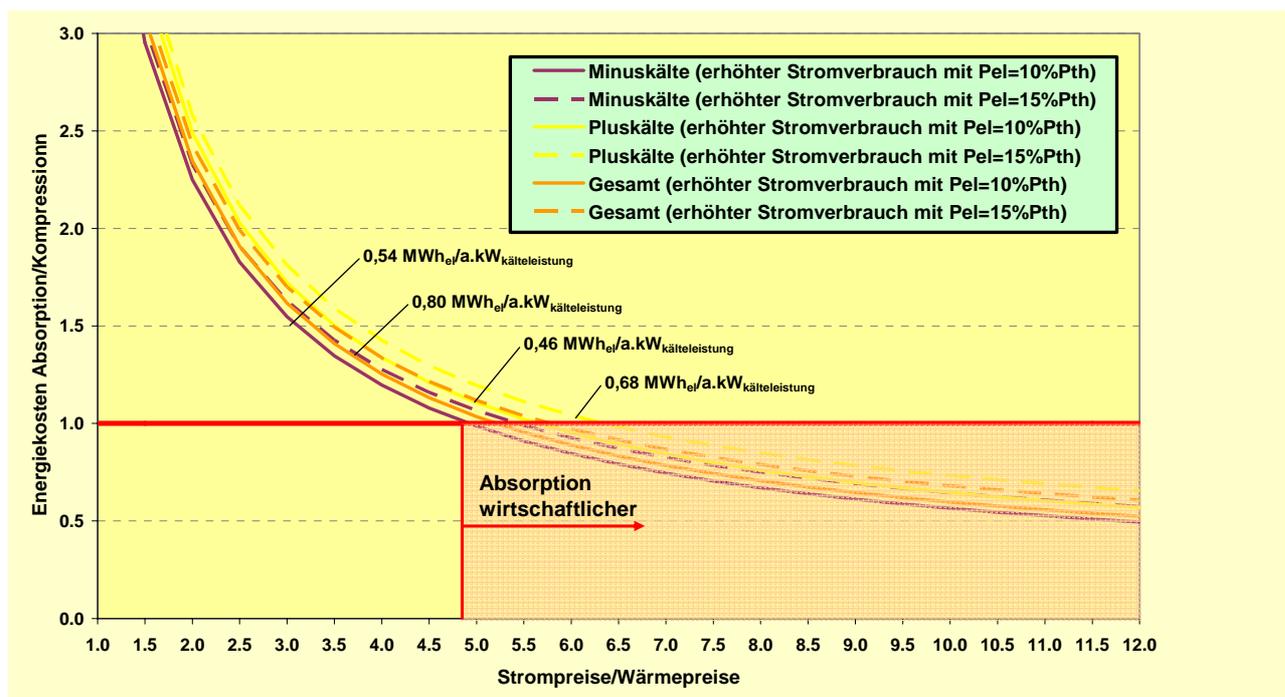


Abbildung 41: Verhältnis zwischen Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der gewerblichen Kälteerzeugung

Nach Analyse von Abbildung 40 und 41 können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die Sensitivitätsanalyse mit verschiedenen Leistungszahlen für die Kompressionskältemaschinen zeigt, dass die Vergleichsanlage einen großen Einfluss auf das Kostenverhältnis zwischen den beiden Anlagen hat. Bei der Pluskälte sollte das Preisverhältnis zwischen

Strom und Wärme sogar von 5 auf 8 steigen, damit die Absorptionstechnologie wirtschaftlicher als die Kompressionstechnologie bleiben kann, wenn die Leistungszahl der Kompressionskältemaschine von 2,4 auf 3,5 steigt. Übliche Verhältnisse zwischen Strom- und Wärmepreisen liegen zwischen 2 und 6. Wie es Abbildung 40 und 41 zeigen, ist die Kompressionstechnologie meistens mit diesen Preisbedingungen wirtschaftlicher.

Wenn die Absorptionskälteanlage mit einer guten Kompressionskälteanlage (mit hoher Leistungszahl) verglichen wird, ist sie unter den heutigen Bedingungen nicht wirtschaftlich, da höhere Investitionskosten und höhere Energiekosten für den Betrieb der Anlage zu erwarten sind. Einsparungen könnten erst realisiert werden, wenn der Wärmepreis unterhalb von 1/9 des Strompreises liegen würden. Dies ist nur möglich, wenn Abwärme bei einem sehr niedrigen Preis (aus eigener Produktion) verfügbar ist.

Eine andere Lösung besteht darin, eine Anlage mit zweistufiger Desorption einzusetzen, die mit einer höheren Leistungszahl arbeitet und dementsprechend auch die Wärmekosten reduzieren kann.

Da der Stromverbrauch von der Absorptionskältemaschine niedrig liegt (60 - 80 kWhel/MWhth)⁷⁷, haben Abweichungen von diesem Wert einen sehr niedrigen Einfluss auf die gesamten Energiekosten der Anlage.

3.1.4.3 Stand der Technik: Technologien für Raumklimatisierung

Für die Raumklimatisierung eignen sich die Absorptionstechnologie sowie die sorptionsgestützten Klimatisierungsanlagen.

Absorptionstechnologie

- Beschreibung der Technologie (Absorption)

Grundsätzlich ist das Funktionsprinzip der Absorptionskältemaschine für die Klimatisierungsanwendung dasselbe wie für die Gewerbekühlung. Das Konzept unterscheidet sich in den folgenden Punkten:

Wasser wird als Kältemittel verwendet, weil die Kältetemperaturen bei der Klimatisierung höher sind (über 7°C): auf einem niedrigen Druckniveau kann Wasser diese Verdampfungstemperaturen erreichen. Als Absorptionsmittel wird Lithiumbromid verwendet.

⁷⁷ Vgl.: Olfen, D.: Wirtschaftlichkeit der Absorptionskälteerzeugung; in Wärme macht Kälte – Absorptionskälteerzeugung in der Praxis; Vulkan-Verlag, 1996

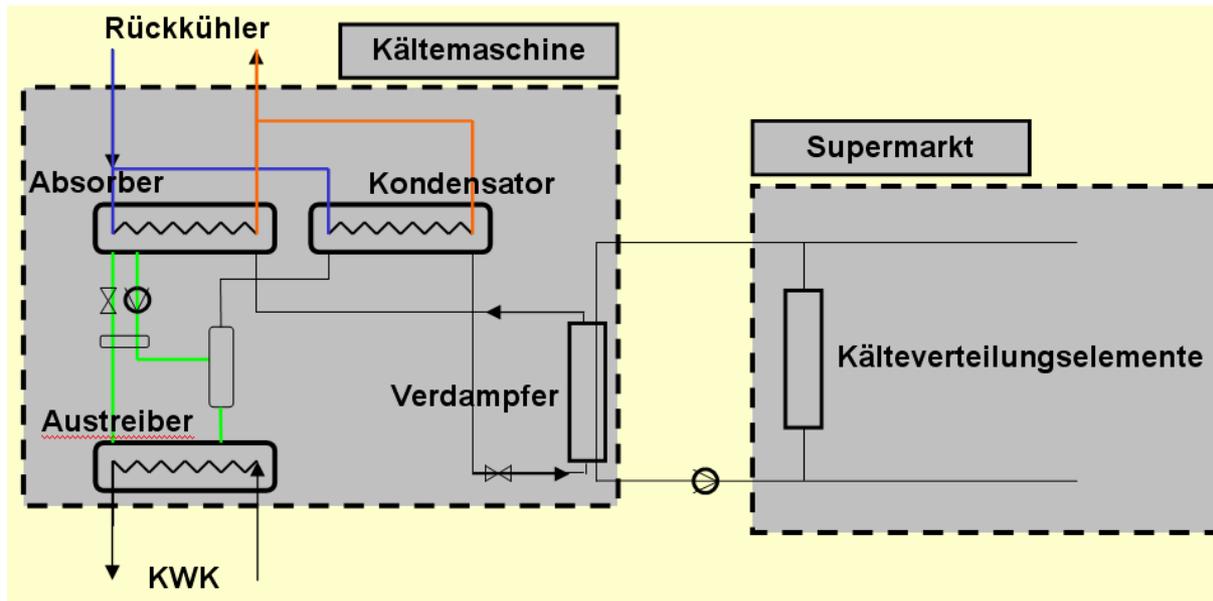


Abbildung 42: Funktionsprinzip für die Anwendung von Absorptionskältemaschinen für die Klimatisierung bei Supermärkten

In einem Verdampfer wird das Wasser vom Kältekreislauf abgekühlt, und dann zu den verschiedenen Kälteverteilungselementen (z. B. Flächenkühlelemente) geführt. Das Kühlsystem kann auch mit einer Lüftungsanlage mit Feuchtigkeitsregulierung kombiniert werden, um das Kondensationsrisiko auf den Kühlelementen zu vermeiden. Da die Supermärkte belüftet werden, kann eine zentrale Klimaanlage eingesetzt werden, wobei die Zuluft vor den Luftdurchlässe abgekühlt wird.

Falls das haustechnische Konzept für den Markt auch eine Absorptionskältemaschine für die Tiefkühlung vorsieht, könnten beide Systeme (Gewerbekühlung und Klimatisierung) kombiniert werden, um die gesamte Kühl- und Kälteanlage zu optimieren: es ist zu hinterfragen, ob ein einziger Kühlkreislauf für dieses System ausreicht.

- Technologischer Entwicklungsstand und Leistungsparameter (Absorption) - Marktverfügbare Anlage

Kältemittel	Wasser
Absorptionsmittel	Lithiumbromid
marktverfügbare Kälteleistung	15kW bis 500kW
Kältetemperatur	6°C bis 20°C
typische Antriebstemperatur	80°C bis 110°C (einstufige Anlage) 130°C bis 160°C (zweistufige Anlage)
Antriebswärmequelle	Heißwasser Wasserdampf Gas/GPL: Direktfeuerung
Wärmeverhältnis	0,6 bis 0,75 (einstufige Anlage) < 1,4 (zweistufige Anlage)
Solarantrieb	Vakuumröhren

Tabelle 51: technische Daten der Marktverfügbaren LiBr-Absorptionskältemaschinen

Die Anzahl von LiBr-Absorptionskältemaschinenhersteller ist größer als im Bereich der Ammoniak-Absorptionskältemaschinen. Auch bei den Anlagen mit kleineren Leistungen (15kW) gibt es schon Hersteller, die entsprechenden Anlagen werden mit Heißwasser (über 80°C) angetrieben: ein Solarantrieb mit Vakuumröhrenkollektoren kann also angenommen werden.

Bei den größeren Kältemaschinen erweitert sich die Auswahl zwischen den Herstellern. Die entsprechenden Hersteller sind dann oft nicht nur in der Absorptionskältetechnik Spezialisten, sondern verkaufen auch konventionelle Flüssigkeitskühlsätze.

Die Leistungszahl betreffend sind die Werte höher als die, die bei der gewerblichen Tiefkühlung zu erwarten sind.

- Entwicklungsbedarf (Absorption)

Grundsätzlich ist der Entwicklungsbedarf im Bereich der Absorptionskältemaschinen bezüglich ihrer Anwendungen für die Klimatisierung von Supermärkten niedriger als für die Gewerbliche Tiefkühlung. Die kleinsten Kältemaschinen, die auf dem Markt verfügbar sind, sind schon für die in den Supermärkten auftretenden Kühllasten geeignet. Was die Wärmequelle betrifft ist der Einsatz der Solarenergie optimal geeignet, weil der Bedarf an Klimatisierung nur während des Betriebs des Supermarktes (tagsüber) anfällt. Der Entwicklungsbedarf verschiebt sich eher auf die Seite der Anlagenoptimierung, um den Einsatz eines Backup Systems zu vermeiden.

Wirtschaftliche Daten und Anbieter (Absorption)

- Investitionskosten

Wie bereits erwähnt sind schon mehrere LiBr-Absorptionskältemaschinen auf dem Markt verfügbar. Die meisten Hersteller verkaufen nämlich eine Baureihe an Kältemaschinen, die einen Bereich an Kälteleistungen abdecken. Dies ermöglicht die graphische Darstellung der spezifischen Investitionskosten auf, wo Kostenfunktionen definiert werden können.

Hersteller	Produktname	Technische Daten
Yazaki	WFC SC-...	Antrieb: Warmwasser Kälteleistung: ab 35 kW Kaltwassertemperatur: 7°C Warmwassertemperatur: 88°C)
Yazaki	CH K-...	Antrieb: Gas (Erdgas oder Propan) Kälteleistung: ab 105 kW Kaltwassertemperatur: 7°C Antriebsleistung: ab 103 kW
EAW	AK-100	Antrieb: Warmwasser Kälteleistung: ab 15 kW Kaltwassertemperatur: 9°C Warmwassertemperatur: 80°C – 90°C Antriebsleistung: ab 21 kW

Tabelle 52: Marktverfügbare LiBr-Absorptionskältemaschinen im kleineren Leistungsbereich (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Zusätzlich ist auch eine Kostenfunktion dargestellt, die nach einer Erhebung der Preise von mehreren Anbietern ausgearbeitet wurde⁷⁸.

Die in Abbildung 43 dargestellten spezifischen Kosten beziehen sich rein auf die Kältemaschine ohne Berücksichtigung der Investitionskosten für die Rückkühlanlage.

⁷⁸ Vgl.: Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.: Bericht: Kostenfunktionen für Komponenten der rationellen Energienutzung, 2004

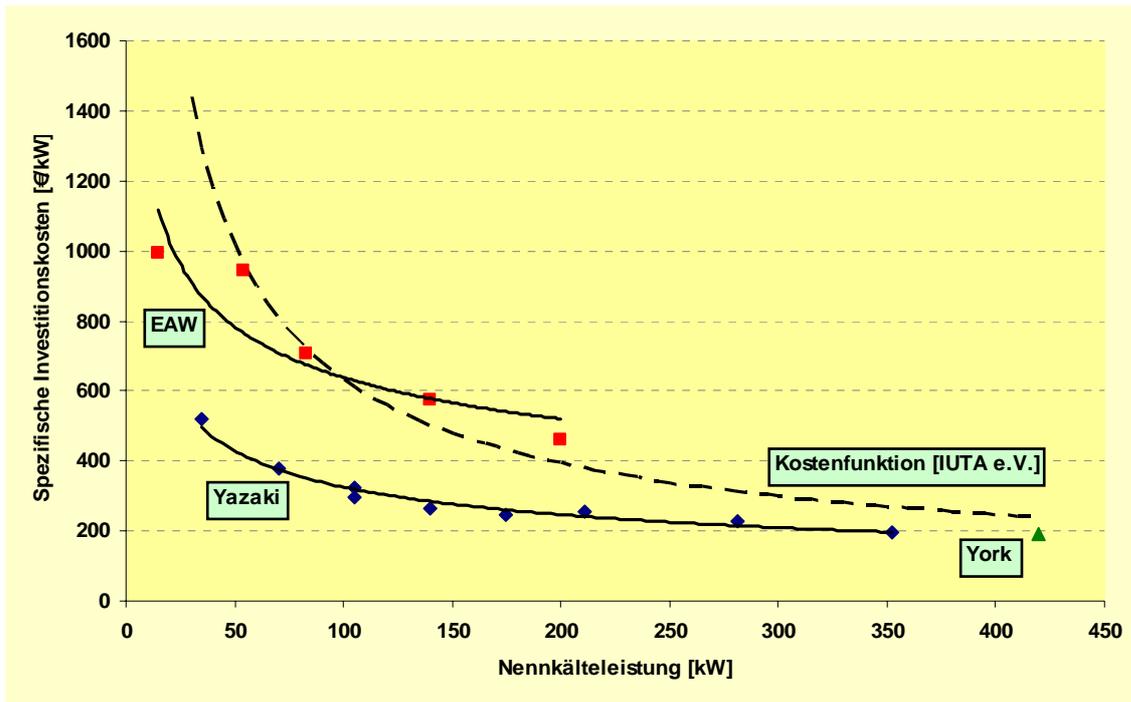


Abbildung 43: spezifische Investitionskosten für LiBr-Absorptionskältemaschinen

- Energiekosten

Wie bei der gewerblichen Kälteerzeugung (Plus- und Minuskälte), wird eine erste Analyse durchgeführt werden, die sich nur auf die Energiekosten bezieht (Strom- und Wärmekosten). Damit kann sofort beurteilt werden, ob die Absorptionstechnik im Vergleich mit der Kompressionstechnik eine Chance hat. Unter Energiekosten fallen die Antriebskosten (Strom und Wärme) sowie die Stromkosten für den Antrieb der verschiedenen Kältemittel- und Lösungsmittelpumpen. Die Stromkosten für den Rückkühlkreislauf (Pumpe und Ventilator) und die Kälteverteilung (Pumpen) werden nicht berücksichtigt, da sie bei den beiden Varianten auftreten.

Als Daten für die Auslegung der alternativen Anlage werden die Ergebnisse aus einer Datenerhebung bei SPAR-Märkten verwendet. Als Beispiel werden die Daten vom Eurosparmarkt in Fohnsdorf genommen, der mit 10 Splitklimateilgeräten (Raumklimaanlagen) mit 13,8 kW-Nennkälteleistung klimatisiert wird. Die Kälteleistung der Anlagen sowie der elektrische Strombedarf und der jährliche Kälteverbrauch sind bekannt, was die Berechnung der entsprechenden Leistungszahl ermöglicht. Die Firma EAW⁷⁹ bietet eine Anlage, die die gewünschte Kälteleistung für diesen Supermarkt gewährleisten kann.

⁷⁹ Vgl.: EAW www.eaw-energieanlagenbau.de/public/eaw/index.php?show_1=19,3, Zugriff 27.01.05

Da die ursprüngliche Klimaanlage dezentral ausgelegt ist (mit Splitklimageräten), funktioniert das Kühlsystem ohne Rückkühlwerk: um den Vergleich zwischen den beiden Alternativen zu machen müssen bei der Absorptionstechnologie die entsprechenden Energieverbräuche betrachtet werden. Es wurde deshalb auch eine Sensitivitätsanalyse mit erhöhten Stromverbräuchen gemacht.

	Splitklimageräte	Absorber EAW WEGRACAL SE 140
Kälteleistung [kW]	138	140
COP	1.8	0.75
Antriebsleistung thermisch [kW]	–	187
Antriebsleistung elektrisch [kW] (ohne Rückkühler)	77	3.4
Kälteverbrauch pro Jahr [MWh/a]	55	55
Vollbetriebsstunden [h/Jahr]	399	392
jährlicher Wärmeverbrauch [kWh/Jahr]	–	74 667
jährlicher Wärmeverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	–	533.3
jährlicher Stromverbrauch [kWh/Jahr]	30 667	1 360
jährlicher Stromverbrauch pro kW Kälteleistung [kWh/Jahr.kWKälte]	222.2	9.7

Tabelle 53: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Klimatisierung)

Aus Tabelle 53 werden die Energiekosten für die zwei verschiedenen Varianten gerechnet. Als Variablen gelten die Strom- und Wärmepreise, damit sich die Analyse auf das Preisverhältnis zwischen Strom und Wärme beziehen kann.

$$K_A = E_W \times p_W + E_{A,St} \times p_{St} \quad (1)$$

$$K_K = E_{K,St} \times p_{St} \quad (2)$$

$$\frac{K_A}{K_K} = \frac{E_{A,St}}{E_{K,St}} + \frac{E_W}{E_{K,St} \times x} \quad (3)$$

K_A	Gesamtenergiekosten für die Absorptionskältemaschine (ohne Rückkühlanlage und Verteilungssystem)
K_K	Gesamtenergiekosten für die Kompressionskältemaschine (ohne Rückkühlanlage und Verteilungssystem)
E_W	Jährlicher Wärmeverbrauch der Absorptionskältemaschine
$E_{A,St}$	Jährlicher Stromverbrauch der Kompressionskältemaschine
$E_{K,St}$	Jährlicher Stromverbrauch der Absorptionskältemaschine
p_W	Wärmepreis
p_{St}	Strompreis
x	$\frac{p_{St}}{p_W}$

Das Energiekostenverhältnis zwischen Absorption und Kompression wird in Abhängigkeit des Preisverhältnisses zwischen Wärme und Strom dargestellt (siehe Abbildung 44). Die entsprechenden Kurven sind die graphischen Darstellungen der Gleichung (3).

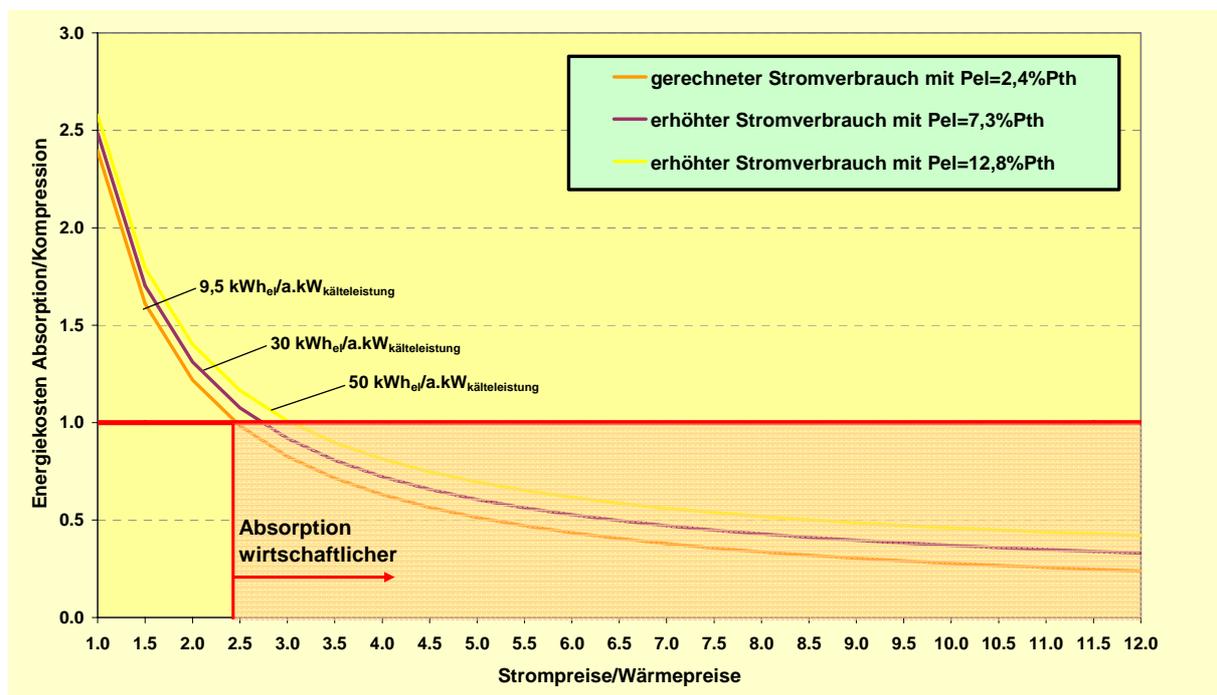


Abbildung 44: Verhältnis zwischen Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der Raumklimatisierung

Mit dieser Darstellung kann das Preisverhältnis ermittelt werden, bei dem die Absorptionsanlage niedrigere Energiekosten als die Kompressionsanlage aufweist. Wie bei der gewerblichen Kälteerzeugung kann die Absorptionskältemaschine im realen Betrieb unterschiedliche Stromverbräuche aufweisen als die, die während der Auslegung vorgesehen waren. Aus diesem Grund wird eine Sensitivitätsanalyse in Abbildung 44 durchgeführt, wo erhöhte Stromverbräuche angenommen wurden, um auch schlechtere Bedingungen für die Absorptionstechnik zu simulieren. Diese Analyse macht es auch möglich, die Stromkosten für den Betrieb der Rückkühlanlage zu berücksichtigen: in dem Fall des Eurosparmarktes in Fohnsdorf erfolgt die Raumklimatisierung mit Splitklimageräten, wobei der Stromverbrauch für den Kondensator inkludiert ist. Mit dem erhöhter Stromverbrauch ($P_{el}=12,8\%P_{thKälte}$) werden die gesamten Energiekosten berücksichtigt, so dass der Vergleich zwischen den Anlagen machbar ist.

Nach Analyse der obigen Abbildung können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Wenn der Wärmepreis unterhalb $1/3$ des Strompreises liegt, ist die Absorptionstechnologie für die Klimatisierung der Supermärkte wirtschaftlicher als die herkömmliche Kompressionstechnologie. Die üblichen Werte liegen meistens unterhalb dieses Verhältnisses: das hat zur Folge, dass die Absorptionstechnologie eine günstigere Lösung bildet, was die Energiekosten betrifft.
- Da der Stromverbrauch von der Absorptionskältemaschine niedrig liegt (60 – 80 kWhel/MWhth), haben Abweichungen von diesem Wert einen sehr niedrigen Einfluss auf die gesamten Energiekosten der Anlage.

DEC-Technologie

- Beschreibung der Technologie (DEC)

Eine DEC-Anlage kann mit einer Absorptionskältemaschine nicht direkt verglichen werden, da es sich nicht um einen Kaltwassersatz handelt. Solche Systeme werden dort eingesetzt, wo der Luftzustand (Temperatur und Feuchtigkeit) mit der Zufuhr von frischer Luft geändert werden soll. Bei Supermärkten muss oft ein bestimmter Luftwechsel gewährleistet werden; falls es einen Bedarf an Klimatisierung gibt (wie bei den größeren Märkten) eignet sich der Einsatz von sorptionsgestützten Systemen.

Was die Antriebswärme betrifft, eignet sich der Einsatz von Solarluftkollektoren bei Supermärkten (wegen großer Platzverfügbarkeit auf dem Dach). An ein Back-up System ist aber auch zu denken, wobei sich zwei Alternativen bieten. Zum Beispiel bei Mangel an Solarstrahlung kann entweder eine Kompressionskältemaschine zum Einsatz kommen, oder eine alternative Wärmequelle für die Regeneration des Sorptionsrades verwendet werden.

- Technologischer Entwicklungsstand und Leistungsparameter (DEC) - Marktverfügbare Anlage

Da es sich um komplexe Systeme handelt, kommen mehrere Bausteine zum Einsatz. Kein Hersteller bietet eine gesamte DEC-Anlage, sondern es werden die verschiedenen Teile von unterschiedlichen Herstellern auf den Markt gebracht.

Mehrere Hersteller bieten schon Sorptionsräder, die entweder für Entfeuchtungs- oder für Heizzwecke (mit Enthalpiegewinnung) verwendet werden können.

Luftbefeuchter sind herkömmliche Komponenten von Klimatisierungsanlagen, wobei verschiedene Typen auf dem Markt verfügbar sind.

Luft-Luft Wärmetauscher sind wichtige Bestandteile der DEC-Anlagen, da sie einen großen Einfluss über die Leistungszahl und die Kälteleistung der Anlagen haben. Eine hohe Effizienz haben die Radsysteme.

Kältemittel	Wasser
Absorptionsmittel	Silikagel, LiBr
marktverfügbare Kälteleistung	6 kW bis 300 kW
Kältetemperatur	16°C – 20°C
typische Antriebstemperatur	45°C bis 95°C
Antriebswärmequelle	warme Luft
Wärmeverhältnis	ab 0,5 bis über 1
Solarantrieb	Luftkollektoren

Tabelle 54: technische Daten von realisierten DEC-Anlagen

- Entwicklungsbedarf (DEC)

Höhere Leistungszahlen können mit effizienteren Luft-Luft Wärmetauschern erreicht werden. Ein Entwicklungsbedarf ist bei der Anlagenoptimierung zu finden (Back-up...).

Wirtschaftliche Daten (DEC)

- Investitionskosten

Die Preise für gesamte DEC-Anlagen variieren von 5 bis 10 € pro m³/h klimatisierter Luft.⁸⁰ Als Beispiel wurde eine DEC-Anlage für den Intersparmarkt in Graz Wienerstrasse ausgelegt. Die Daten für die Auslegung sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Verkaufsraumvolumen	9 905 m ³
Volumenstrom	9 600 m ³ /h
COP	0,6
Enthalpie Außenluft	63,5 kJ/kg
Enthalpie Zuluft	42,2 kJ/kg
Enthalpie Abluft	53,6 kJ/kg
Spezifische Kälteleistung	6,9 kW/1000 m ³
Absolute Kälteleistung	67 kW

Tabelle 55: Basisdaten für die Auslegung einer DEC-Anlage bei einem Intersparmarkt

Eine Grobabschätzung der Kosten für diese Anlage führt zu den Werten, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind. Die Gesamtkosten beinhalten nicht die Kosten für die Planung, die Durchführung von baulichen Maßnahmen für die Installation der Anlage und das Monitoring. Die Gesamtkosten könnten dann auf ca. 210 000 € steigen.

Lüftungskanäle + Installation	35 700 €
Hydraulische + elektr. Installation	12 600 €
SGK - Lüftungsgerät	96 600 €
Solarkollektoren	16 800 €
Installation Solarkollektoren	4 200 €
Gesamt	165 900 €

Tabelle 56: Investitionskosten für eine DEC-Anlage (67 kW, 9 600 m³/h)

⁸⁰ Vgl.: Henning, Hans-Martin: Solar-Assisted Air-Conditioning in buildings, A Handbook for Planners, Springer Wien New York, 2004

3.1.4.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte

Technisch gesehen können die genannten Technologien in verschiedenen Systemvarianten kombiniert werden. Die Rahmenbedingungen (klimatische Bedingungen und Energieversorgungsstruktur) sowie die Nutzungsanforderungen spielen bei der Entscheidung zwischen den verschiedenen Einsatzmöglichkeiten eine wichtige Rolle.

Der Entwicklungsstand dieser Technologien ist sehr unterschiedlich. Es können die folgenden Schlussfolgerungen bezüglich ihrer Anwendungen für eine alternative Kälteerzeugung und Klimatisierung in Supermärkten herangezogen werden.

Gewerbliche Kälteerzeugung

Ammoniak-Absorptionskältemaschinen sind meist nur in zweistufigen Anlagen wirtschaftlich (in Vergleich mit der herkömmlichen Kompressionstechnologie). Mit den marktüblichen Wärmekosten und den niedrigen Wärmeverhältnissen (COP bei niedrigen Antriebstemperaturen) sind einstufige Anlagen nicht wirtschaftlich, es sei denn man hat eine sehr günstige Wärmequelle (bei Temperaturen von ca. 140°C) zur Verfügung.

In Zukunft haben folgende Technologien eine große Chance:

- zweistufige Anlagen
- Dampfstrahlprozess

Die Entwicklung von diesen Technologien wird parallel zu der Entwicklung der Parabolrinnen Kollektoren erfolgen, die Wärmeenergie auf entsprechend hohem Temperaturniveau liefern können.

Bei der Tiefkühlung besteht Entwicklungsbedarf für kleinere Kältemaschinen (<50 kW), die in kleinere Märkte eingesetzt werden könnten. In diesem Leistungsbereich sind die preiswerten und direkten gasbefeierten Robur-Absorptionskältemaschinen bereits verfügbar: Investitionskosten alternativer Kältemaschinen sollten daher möglichst niedrig gehalten werden.

Klimatisierung

Der Ersatz von dezentralen Splitklimategeräten mit einer zentralen Klimaanlage (Kälteerzeugung mittels Absorptionskältemaschine) ermöglicht nicht nur wesentliche Stromeinsparungen, sondern auch eine Reduzierung der gesamten Energiekosten (wenn die Wärmepreise unterhalb von 1/3 der Strompreise liegen).

Die Kälteverteilung kann mittels Kühldecken erfolgen. Da aber eine Lüftungsanlage sowieso notwendig ist, ist eine zentrale Klimaanlage deswegen die beste Lösung, wobei die Luftkühlung mittels Kühlregisters vor den Luftdurchlässen erfolgt.

Eine interessante Alternative bietet der Desiccant and Evaporative Cooling-Prozess (DEC), da damit Luftklimatisierung möglich ist.

<i>System</i>	Adsorption	Absorption		Sorptionsgestützte Klimatisierung DEC	
Verfahrensprinzip	Kaltwasser			Luftentfeuchtung und Verdunstungskühlung	
Kältemittel-kreislauf	geschlossen			offen	
Kälte/Sorptionsmittel	Wasser/Silikagel Ammonik/Salz	Wasser/Lithiumbromid	Ammonik/Wasser	Luft/Silikagel Luft/Lithiumbromid	Luft/Calciumchlorid Luft/Lithiumchlorid
Trocknungsmittel	fest	flüssig		fest	flüssig
marktverfügbare Kälteleistung	50 bis 430 kW	40 bis 500 kW	10 bis 500 kW	6 bis 300 kW	80kW
Kältetemperatur	6 bis 20°C	6 bis 20°C	-60 bis 20°C	16 bis 20°C	16 bis 20°C
typische Antriebs-temperatur	60 bis 90 °C	90 bis 110°C	90 bis 110 °C 160-180°C (zweistufig)	45 bis 95 °C	45 bis 70 °C
Solare Antriebs-technologie	Vakuumröhren, Flachkollektoren	Vakuumröhren	Vakuumröhren Mitteltemperatur- kollektoren	Vakuumröhren, Luftkollektoren	Vakuumröhren, Luftkollektoren

Tabelle 57: Relevante Kältetechnologien für SUPOSS

3.1.5 Studie über KWK-Technologien im SUPOSS-Kontext

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird der Endverbraucher gleichzeitig mit Strom und Wärme versorgt. Es gibt eine Vielzahl von Prozessen / Konzepten die geeignet sind eine Kraft-Wärme-Kopplung zu realisieren.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde einerseits der Stand der Technik bezüglich KWK erhoben und andererseits analysiert, welche Konzepte für die Aufgabenstellung im Projekt SUPOSS geeignet sind.

Ein Überblick über das gesamte technologische Spektrum für Kraft-Wärme-Kopplungen sieht folgendermaßen aus:

Dampfprozess

- mit Gegendruckturbine
- mit Entnahme-Kondensation

Gasturbinenprozess

- mit Wärmerückgewinnung
- Cheng-Cycle (STIC-Cycle)
- Mikroturbine

GUD (Gas und Dampfturbine)

- mit Gegendruckturbine
- mit Entnahme-Kondensation

Gas und Dieselmotorprozess

Innovative Prozesse

- Dampfkolbenmotorprozess
- ORC-Prozess
- Brennstoffzelle
- Stirling-Motor
- Dampfschraubenmotor
- Heißluftturbinenprozess
- Inverser Gasturbinenprozess
- Linearkolbengenerator

In der Folge werden aus der Analyse jene Technologien vorgestellt, die auf Grund ihres Leistungsbereiches bzw. des eingesetzten Energieträgers prinzipiell interessant erscheinen:

- KWK-Prozesse auf Basis fester Biomasse
- KWK-Prozesse in kleinen Leistungsbereichen

3.1.5.1 KWK-Prozesse auf Basis fester Biomasse

Dampfturbinenprozess

Der Dampfturbinenprozess stellt eine ausgereifte, am Markt etablierte, Technologie dar. Mit Dampfturbinen lassen sich in KWK-Anlagen im großen Nennleistungsbereich ($>2.000 \text{ kWel}$) elektrische Anlagenwirkungsgrade von ca. 18 – 35% erzielen, während im mittleren Nennleistungsbereich ($<2.000 \text{ kWel}$) lediglich 8 – 18% möglich sind.

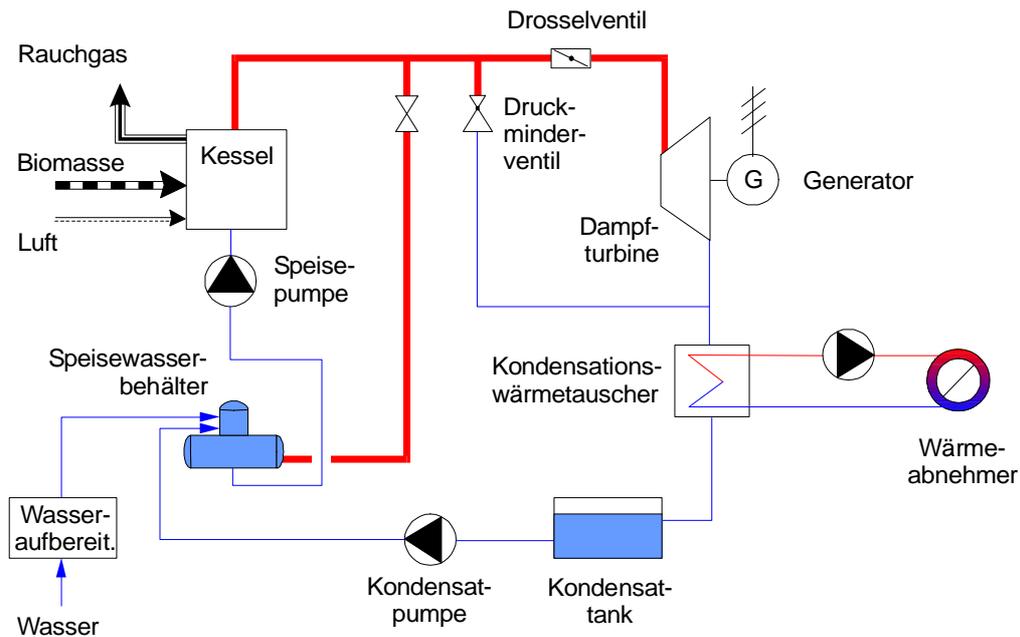


Abbildung 45: Schema des Dampfturbinenprozesses

Dampfkolbenmotorprozess

Mit Dampfkolbenmotoren, die im Leistungsbereich zwischen 20 und 1.200 kWel eingesetzt werden können, lassen sich geringfügig höhere elektrische Anlagenwirkungsgrade als mit Dampfturbinen (die für den mittleren Leistungsbereich konzipiert sind), erzielen.

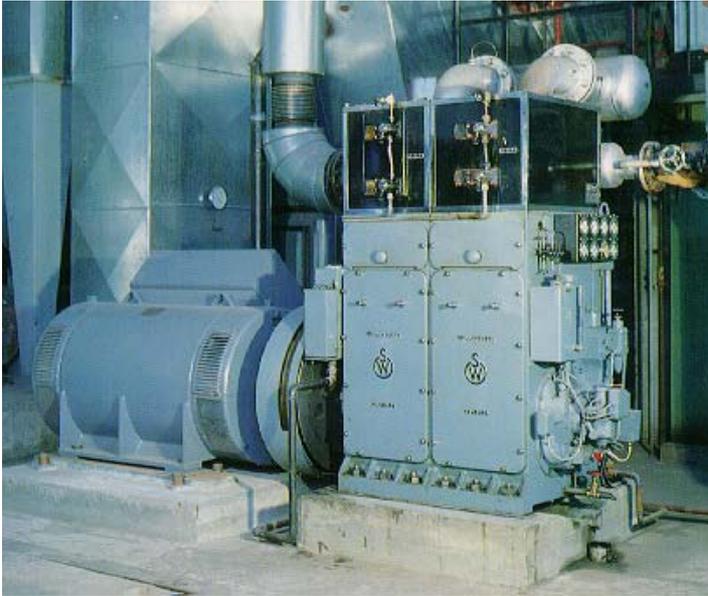


Abbildung 46: Dampfkolbenmotor (250 kWel)

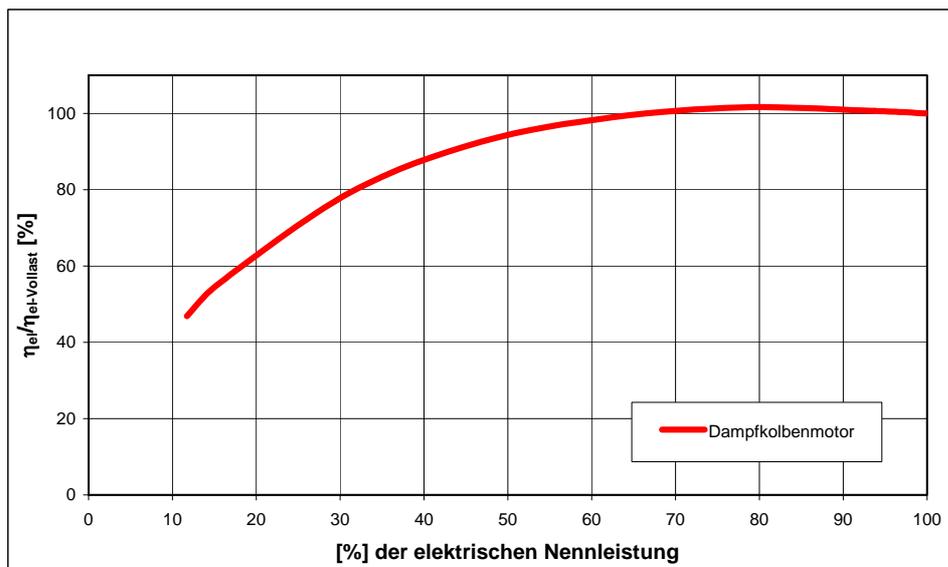


Abbildung 47: Teillastverhalten des Dampfkolbenmotors

Üblicherweise sind solche Maschinen als doppelt wirkende Reihenmotoren mit einem oder mehreren Zylindern aufgebaut. Die elektrischen Wirkungsgrade liegen zwischen 6% und 20%, der Gesamtwirkungsgrad für die KWK kann zwischen 80% bis 90% betragen.

Als Brennstoffe kommen alle Energieträger in Frage, die in einem Kessel verbrannt werden können. Als Vorteil dieser Anlagen können ein sehr gutes Teillastverhalten, Technologiereife, eine hohe Lebensdauer (richtige Wartung und Instandhaltung vorausgesetzt), die Unempfindlichkeit bezüglich des Dampfzustandes (sowohl Sattdampf als auch überhitzter Dampf können abgearbeitet werden) sowie die günstigen spezifischen Investitionskosten genannt werden. Dem gegenüber stehen die Nachteile des geringer elektrischen Anlagenwirkungsgrad, ein hoher Wartungsaufwand (Schmierung), die Notwendigkeit von qualifiziertem Be-

triebspersonal (Dampfkesselwärter) sowie eine hohe Lärmentwicklung (bis 95 dbA weshalb eine gute Schallschutzdämmung erforderlich wird).

Dampf-Schraubenmotor

Der Dampf-Schraubenmotor kann ebenfalls im Leistungsband zwischen 100 und 1.000 kWel eingesetzt werden. Die Technologie steht derzeit am Beginn der Demonstrationsphase. Eine erste Anlage (EU-gefördertes Demonstrationsprojekt, das von der Fernwärmegenossenschaft Vitis koordiniert wird) wurde in Hartberg (Stmk.) 2003 in Betrieb genommen. Als Stärken dieser Technologie sind die Möglichkeit der Nutzung von Nassdampf, die sehr hohe Robustheit (praktisch verschleißfrei), das sehr gute Teillastverhalten und die geringen Instandhaltungskosten zu nennen. Schwachstellen sind bezüglich der noch hohen Investitionskosten (Demonstrationsphase), den geringen Betriebserfahrungen und der Notwendigkeit von qualifiziertem Betriebspersonal (Dampfkesselwärter) gegeben.



Abbildung 48: Dampfschraubenmotor (730 kWel)

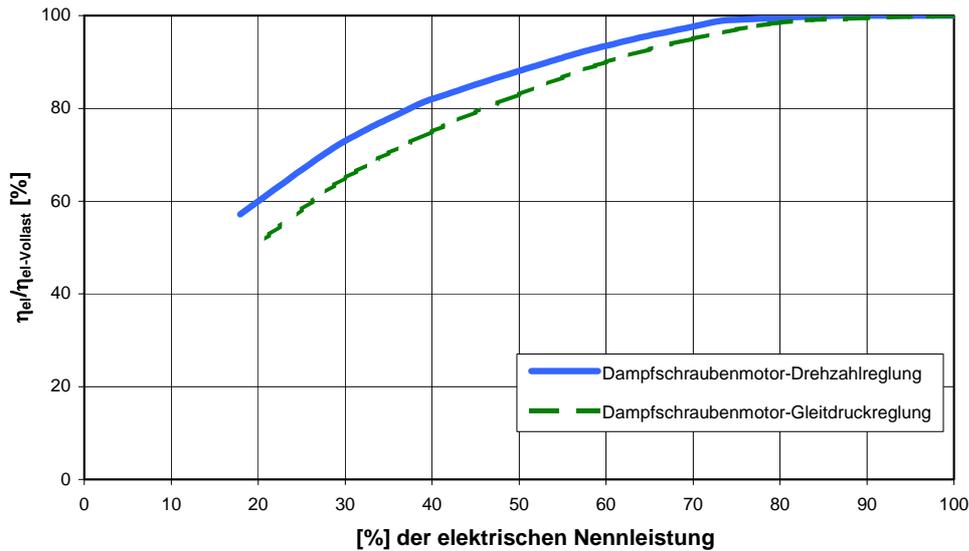


Abbildung 49: Teillastverhalten des Dampfschraubenmotors

ORC-Prozess

Eine weitere Technologie, die im Leistungsband zwischen 200 und 1.500 kW_{el} eingesetzt werden kann, ist der ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle). Diese Technologie ist auf dem Gebiet der Geothermie bereits bestens erprobt und wurde in Kombination mit einer Biomassefeuerung erstmals innerhalb der EU 1998 (Holzindustrie STIA Admont, 400 kW_{el}) angewendet. Weitere Demonstrationsprojekte in Lienz (1.000 kW_{el}) und Fussach (1.100 kW_{el}) folgten. Ein markanter Unterschied zu den Dampfprozessen (Dampfturbine, Dampfschraubenmotor und Dampfkolbenmotor) besteht darin, dass die Energie von der Feuerung mittels eines Thermoölkreislaufes auf den Kraftprozess übertragen wird. Die mit ORC-Prozessen im mittleren Anlagenleistungsbereich erzielbaren elektrischen Anlagenwirkungsgrade liegen mit rund 15% verhältnismäßig hoch (höher als bei Dampfprozessen). Die Stärken des ORC-Prozesses liegen in seiner ausgezeichneten Teillastfähigkeit und Lastwechselfähigkeit (wichtig für den wärmegeführten Betrieb), seiner hohen Technologiereife, der hohen Automatisierbarkeit, der robusten und langlebigen Technik (geringe Instandhaltungskosten), den geringen Betriebskosten sowie dem Umstand, dass im Vergleich zu den Dampfprozessen kein Dampfkesselwärter benötigt wird. Schwachstellen sind die vergleichsweise hohen Investitionskosten (da noch keine Serienproduktion erfolgt), sowie die Notwendigkeit eines Thermoölkreislaufs. Derzeit ist der ORC-Prozess im mittleren Anlagenleistungsbereich die zu favorisierende KWK-Technologie.

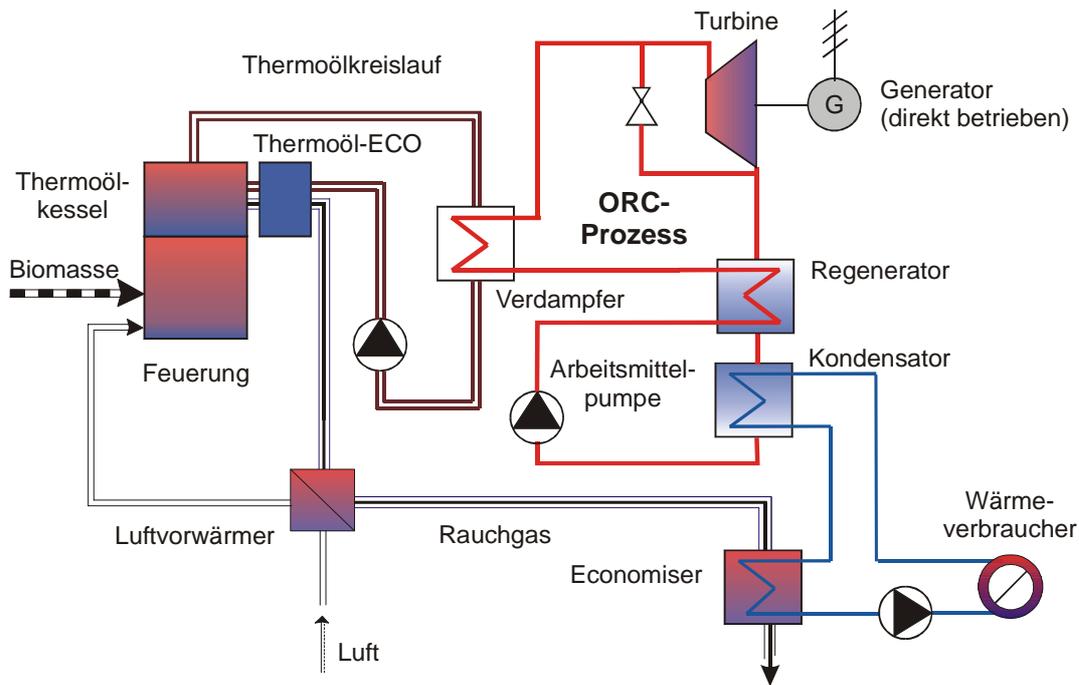


Abbildung 50: Schema eines ORC-Prozesses

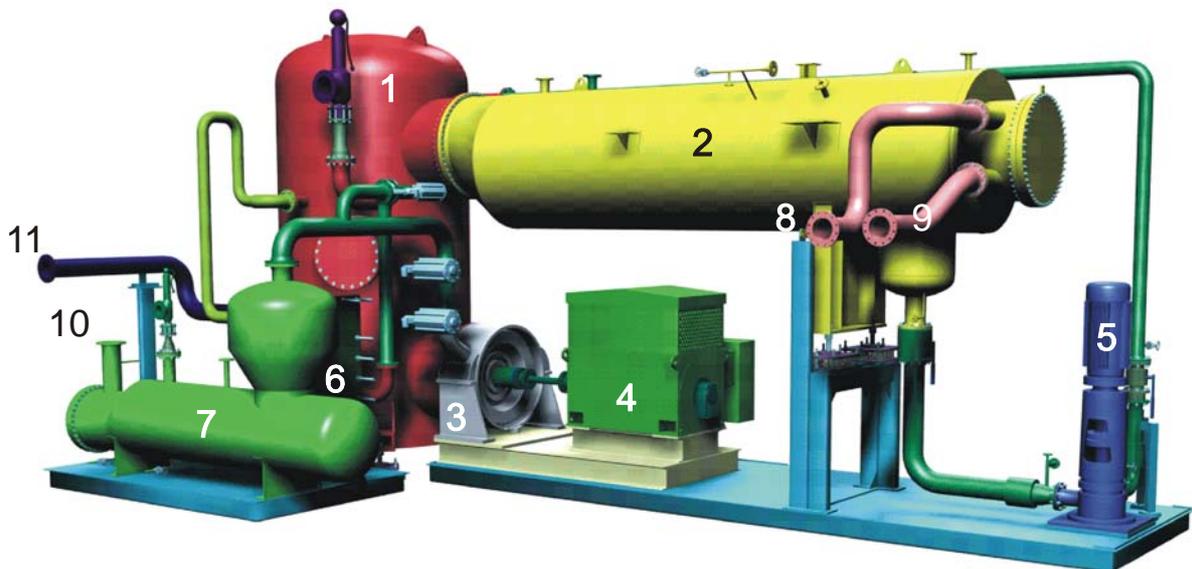


Abbildung 51: Schematische Darstellung eines ORC-Prozesses

Erläuterungen: 1 ... Regenerator, 2 ... Kondensator, 3 ... Turbine, 4 ... Generator, 5 ... Umwälzpumpe, 6 ... Vorwärmer, 7 ... Verdampfer, 8 ... Fernwärme-Vorlauf, 9 ... Fernwärme-Rücklauf, 10 ... Thermoöl-Vorlauf, 11 ... Thermoöl-Rücklauf

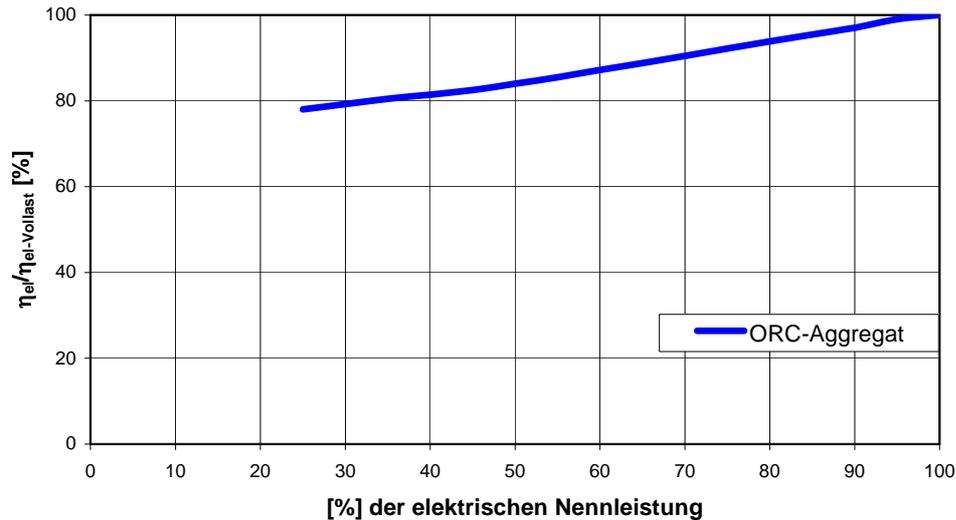


Abbildung 52: Teillastverhalten des ORC-Prozesses

Stirlingmotor

Stirlingmotoren sind vor allem für Biomasse-KWK-Anlagen im kleinen Nennleistungsbereich 10 bis 100 kW_{el} (in Zukunft eventuell bis 150 kW_{el}) von Interesse. Mit Stirlingmotoren können elektrische Anlagenwirkungsgrade von 10 bis 15% erzielt werden. KWK-Anlagen auf Basis des Stirlingmotors befinden sich derzeit am Übertritt von der Entwicklungs- in die Demonstrationsphase. Als Stärken können die kompakte Bauform, der vollautomatische Betrieb und der gute elektrische Wirkungsgrad für Kleinanlagen genannt werden. Als Schwachstellen sind der Erhitzer-Wärmetauscher sowie das Fehlen von Langzeiterfahrungen für den Betrieb in Kombination mit Biomassefeuerungen zu vermerken. Außerdem ist die Anwendung auf asche- und chlorarme Brennstoffe wie Hackgut, Sägespäne und Pellets beschränkt.

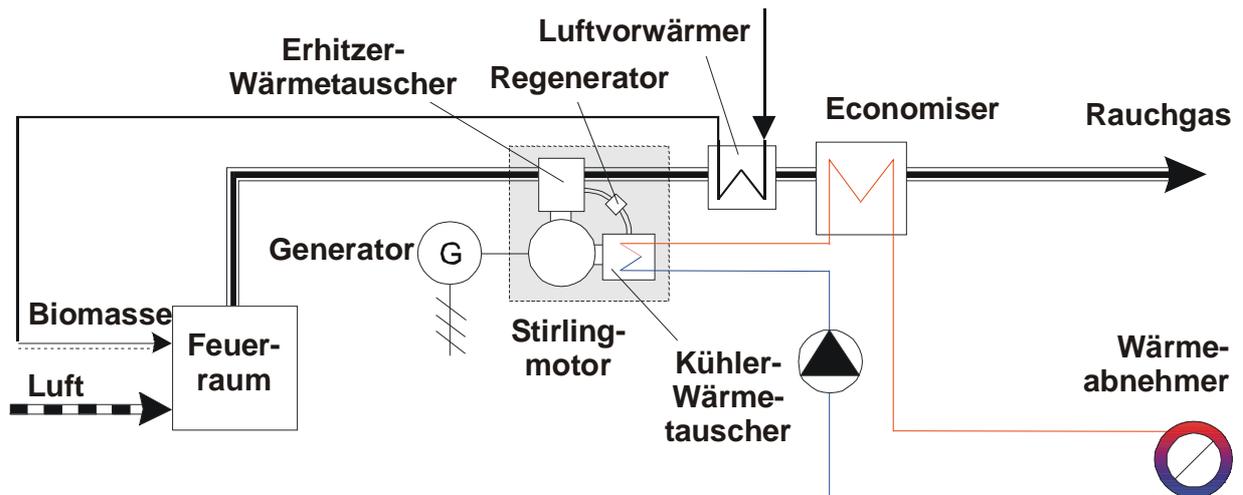


Abbildung 53: Schematische Darstellung einer Biomasse-KWK auf Basis eines Stirlingmotors

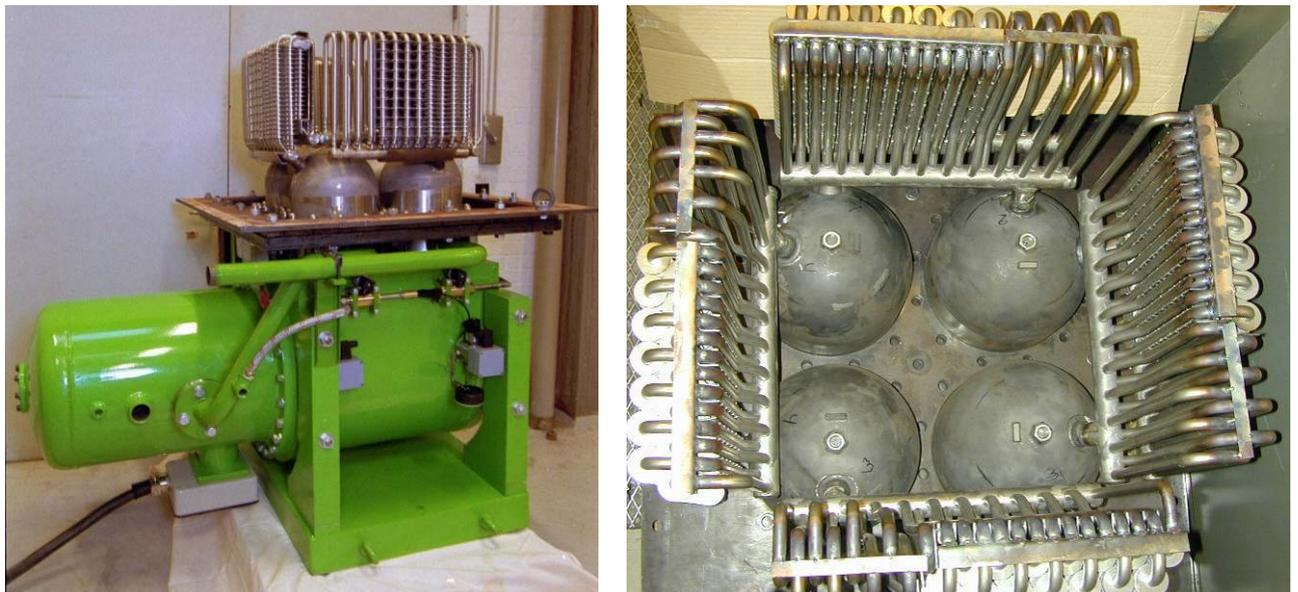


Abbildung 54: Stirlingmotor mit Erhitzerwärmetauscher (35 kWel Pilotanlage MAWERA, A)

Laut derzeitigem F&E-Stand können folgende Empfehlungen bezüglich des Einsatzes der genannten KWK-Technologien gegeben werden:

Kleinanlagen: Stirlingmotor mit den Hauptanwendungsbereichen in kleinen Holzbe- und Holzverarbeitenden Betrieben, Hotels und Biomasse-Mikronetzen. Sie wären auch, im Rahmen dieses Projektes, in Sparmärkten der Kategorie Interspar prinzipiell einsetzbar.

Mittlere Anlagen: Der ORC-Prozess ist am besten geeignet sofern Dampf als Medium nicht erforderlich ist. Das Haupteinsatzgebiet sind Biomasse-Fernheizwerke sowie holzbe- und holzverarbeitende Betriebe.

Großanlagen: Dampfturbinenprozesse. Das Haupteinsatzgebiet sind ebenfalls Biomasse-Fernheizwerke sowie holzbe- und holzverarbeitende Betriebe

3.1.5.2 KWK-Technologien in kleinen Leistungsbereichen

Mikrogasturbinen

Mikroturbinen (Mikrogasturbinen) arbeiten wie ihre großen Kollegen nach dem Gasturbinenprozess.

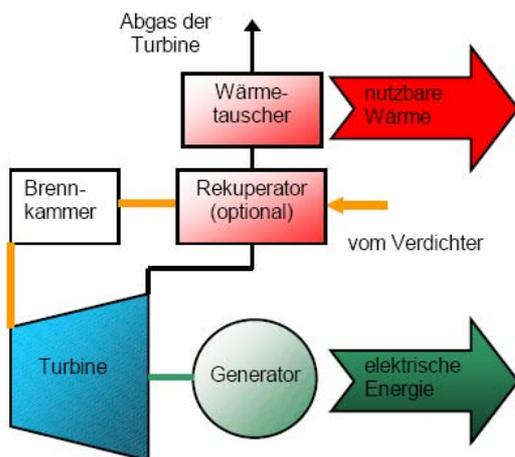


Abbildung 55: Schema einer Mikroturbine

Typische elektrische Leistungen liegen im Bereich von ca. 60 (30) bis 300 kWel, allerdings reduziert sich der elektrische Wirkungsgrad deutlich und beträgt 15 bis 25%. Die Abgastemperatur bewegt sich bei Anlagen dieser Größe im Bereich um 450 °C, daher erfolgt der Einsatz vor allem dort, wo abwärmeseitig hohe Temperaturen gefordert sind (Prozesswärme)

Zur Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades kann ein Rekuperator (Verbrennungsluftvorwärmer) eingesetzt werden. Wird die Mikroturbine in einer KWK eingesetzt, so kann in einem dem Rekuperator nachgeschalteten Wärmetauscher dem Abgasstrom weitere Nutzwärme entzogen werden. Soll der Wärmebedarf variabel gestaltet werden können so kann dies relativ einfach durch Wegschalten des Rekuperators bewerkstelligt werden. Allerdings reduziert sich dann der elektrische Wirkungsgrad zugunsten einer höheren Wärmeleistung.

Mikroturbinen werden derzeit vor allem in den USA eingesetzt und haben dort eine hohe technologische Reife.

Mikroturbinen zeichnen sich weiters durch eine sehr kompakte Bauweise und lange Wartungsintervalle aus (Serviceintervalle teilweise über 8000 Betriebsstunden).

Gas- und Dieselmotorprozess

Hier erfolgt die Umwandlung der mechanischen Energie des Motors in elektrische Energie durch einen an der Kurbelwelle angeflanschten Generator. Zur Bereitstellung von Wärmeenergie können einerseits die heißen Motorabgase und andererseits die Wärme im Kühlwasser des Motors verwendet werden. Die Bereitstellung von Hochtemperaturwärme ist mit diesem Konzept jedoch nicht möglich.

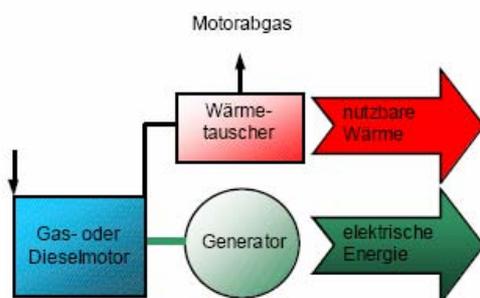


Abbildung 56: Schema des Gas- und Dieselmotorprozess

Üblicherweise werden die Abgase mittels Katalysator gereinigt um die zulässigen Abgaswerte zu erreichen bzw. zu unterschreiten.

KWK's auf Basis von Gas- und Dieselmotoren sind gut zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung im kleinen bis mittleren Leistungsbereich geeignet (ab 5 bis ca. 3000 kWel). Die elektrischen Wirkungsgrade liegen im Bereich von bis zu 30%, der Gesamtwirkungsgrad solcher Anlagen kann zwischen 80 bis 88% sein. Als Brennstoffe kommen Gas, Biogas (Klär- und Deponiegas), Diesel, RME, Methanol, Vergasungsprodukte, etc. zum Einsatz.

Es handelt sich um ein technisch ausgereiftes Konzept mit geringem Wartungsaufwand. Vor allem im kleinen Leistungsbereich sind viele Anbieter vorhanden. Zur Steigerung der Ausfallsicherheit und zur Anpassung an die erforderliche elektrische Leistung / Wärmeleistung ist es üblich diese Anlagen als Module auszuführen und dann mehrere Module zu betreiben.

Die Regelung der elektrischen Energie erfolgt durch die zugeführte Brennstoffmenge an den Motor. Je nach Hersteller betragen die Wartungsintervalle 2000 bis 5000 Betriebsstunden.

Linearkolbengenerator

Um einen Linearkolbengenerator betreiben zu können, sind folgende Komponenten erforderlich:

- Durchlaufkessel
- 2-Zylinder-2-Takt-Dampfmaschine ohne Ventiltrieb
- Generator
- Wechselrichter und Anlagensteuerung
- Wärmetauscher (Nutzung des Abdampfes aus der Dampfmaschine)

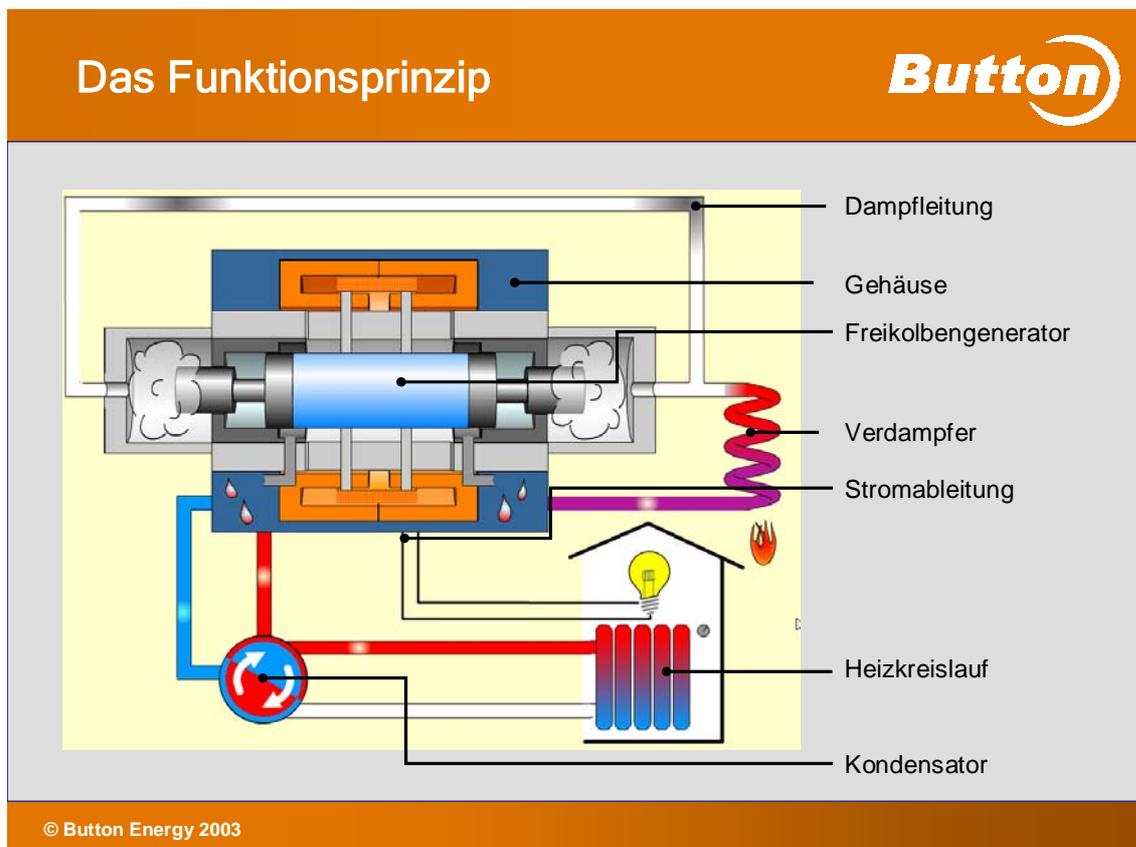


Abbildung 57: Schema des Linearkolbengenerators

Der Linearkolbengenerator ist eine KWK nach dem Freikolbenprinzip (d.h. es gibt keinen Kurbeltrieb oder sonst eine Zwangsführung die den Freikolben am Anschlagen in den Endlagen hindert). Konstruktionsbedingt bilden Motor und Generator eine feste Einheit. Gegenüber Dampfmaschinen mit Kolben-/Kurbeltrieb ergibt sich eine einfachere und deutlich kompaktere Konstruktion mit einer drastisch reduzierten Anzahl von bewegten Teilen.

Durch die Auswahl geeigneter Werkstoffpaarungen für die Gleitpaare wird ein schmiermittel-freier Betrieb erreicht, welcher ein wesentlicher Faktor zur Erzielung geringerer Wartungskosten ist. Die typische elektrische Leistung liegt vorerst im Bereich um 3 kWel. Eine Steigerung dieser elektrischen Leistung von 3 auf 5 kW ist als Nahziel geplant, die Grenzen des

Konzeptes für die elektrische Leistung scheint im Bereich von 10 kWel zu liegen (Fernziel). Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei ca. 15% und fällt damit geringer aus als bei Stirlingmotor, Gasmotor und Brennstoffzelle. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt bei der Version Linearkolbengenerator mit gasbefeuertem Verdampfer ca. 100% (Gasbrennwertgerät), bei der Version Linearkolbengenerator auf Basis fester Biomasse ist er abhängig vom eingesetzten Kessel.

Die Fahrweise der KWK mittels Linearkolbengenerator erfolgt wärmegeführt. Die Anlage kann moduliert betrieben werden, wobei sich elektrische Leistungen zwischen 0,5 bis 3,0 kWel einstellen lassen.

Als Brennstoffe sind grundsätzlich sind alle Energieträger geeignet die sich in einem Kessel verbrennen lassen und Frischdampf mit ausreichender Temperatur (ca. 450 °C) und Druck (max. 50 bar) bereitstellen können. Aus der Kooperation OTAG und Button Energy GmbH werden vorerst 2 Brennstoffversionen des Linators zum Verkauf angeboten (Markteinführung ab Ende 2005):

- Erdgaslinator – Integralgerät: beinhaltet Verdampfer, Linearkolbengenerator, Wechselrichter, Steuerung sowie weitere erforderliche Peripherie
- Biomasselinator – entweder als Add On Lösung (zu einem bereits vorhandenen Biomassekessel – Nachrüstung bestehender Anlagen) oder als Integralgerät für feste Biomasse (Hackschnitzel, Pellet).

Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle besteht im prinzipiellen Aufbau aus den beiden Elektroden (Anode – negativ geladene Elektrode, Kathode – positiv geladene Elektrode), dem Elektrolyt sowie einer Kühlung (zur Bereitstellung von Nutzwärme). Das Funktionsprinzip der Brennstoffzelle basiert auf der Umkehrung der Elektrolyse von Wasser. Werden die Anode mit Wasserstoff und die Kathode mit Sauerstoff (bzw. Luft) umspült, so ist an den beiden Elektroden durch die stark exotherme Knallgasreaktion eine Gleichspannung messbar. Weiters entsteht bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff Wärme und als Reaktionsprodukt wird Wasser gebildet. Schadstoffe wie bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe werden dabei nicht gebildet (kein CO und NOx)

Der Prozess unterliegt nicht den Grenzen des theoretischen Idealprozesses von Carnot, wodurch ein hoher elektrische Wirkungsgrade von 25% bis 40% möglich ist. Der Gesamtwirkungsgrad kann bis zu 90% betragen. Wenn statt Wasserstoff Erdgas, Methan, etc. zum Einsatz kommen, ist eine Zwischenstufe (Reformer) zur Aufspaltung in Wasserstoff und Kohlendioxid erforderlich (Steam Reforming)

Das Brennstoffzelle eignet sich zum Einsatz in dezentralen KWK-Anlagen zur Abdeckung der Grundlast, die erforderliche Spitzenlast muss durch Zusatzkessel (Gas, Öl, Biomasse, ...) erfolgen.

Zurzeit sind folgende Typen von Brennstoffzellen in der Entwicklung. Sie unterscheiden sich durch die eingesetzten Elektrolyten, Membranen und Betriebstemperaturen:

Typ Brennstoffzelle	Betriebstemperatur [°C]	Elektrolyt
PEM (Proton Exchange Membrane)	80 bis 100	fest
PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	ca. 200	wässrig
MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)	ca. 650	flüssig
SOFC (Solid Oxid Fuel Cell)	ca. 1000	fest

Tabelle 58 – Typen von Brennstoffzellen

- Brennstoffzelle der Fa. Vaillant

Bei Brennstoffzellengerät von Vaillant wird ein Stack aus PEM-Zelle (PEM ... Proton Exchange Membrane) eingesetzt, der eine elektrische Leistung zwischen 1,0 und 4,6 kWel aufweist. Die dabei anfallende Wärmeleistung beträgt zwischen 1,5 und 7,0 kWth. Die Fahrweise des Brennstoffzellengerätes ist wärmegeführt. Besteht über diese Heizleistung hinaus weiterer Wärmebedarf so wird diese durch ein Gas-Zusatzheizgerät mit 25 bis 50 kW für 1 Familienhäuser bzw. mit 25 bis 280 kW für Mehrfamilienhäuser bereitgestellt.

Der elektrische Wirkungsgrad soll größer 35% betragen und der Gesamtwirkungsgrad soll mehr als 80% sein. Im November 2001 wurde für das Brennstoffzellengerät die CE Zertifizierung nach der EG-Gasgeräte richtlinie erteilt. Die Firma Vaillant betreibt im Moment umfassende Tests um die Marktreife zu erreichen:

- 40 BZH (BZH ... Brennstoffzellenheizgerät) der Generation Euro 1 und Euro 2 seit 2003 in Betrieb – in Summe über 100.000 Betriebsstunden mit 350 MWh erzeugter elektrischer Energie
- Projekt – Virtuelles Kraftwerk: (Projektdauer 2003 bis 2005) 34 BZH (Mehrfamilienhäuser, kleine Gewerbebetriebe, öffentliche Einrichtungen) Kooperationspartner: Vaillant, Plug Power (amerikanische Firma), HEW (Hamburger Elektrizitätswerke)

Geplanter Markteintritt:

- Gewerbebetriebe oder Mehrfamilienhäuser (8 bis 20 Familie): (2006 bis) 2010
- Einfamilienhäuser: später (noch kein genauer Termin festgelegt)

– Deutschland, Holland, Spanien und Portugal



Der erfolgreiche Abschluss einer Teststufe ist entscheidend für das weitere Vorgehen, wobei gilt: Qualität vor Schnelligkeit!

Abbildung 58: Vorgehensplan Vaillant Brennstoffzelleneinführung

- Brennstoffzelle der Fa. Plug Power

Die Firma Plug Power hat bei der Entwicklung der PEM-Zelle (Proton Exchange Membrane) eine Kooperation mit Vaillant geschlossen. Plug Power selber vertreibt Geräte die für die Aufstellung im Freien geeignet sind. Die technischen Daten dieser Geräte sind:

PEM-Zelle (PEM ... Proton Exchange Membrane)

Betrieb modulierend, netzparallel über Wechselrichter)

$P_{el} = 2,5 \text{ bis } 5,0 \text{ kW}$, $P_{th} = 3,0 \text{ bis } 9,0 \text{ kW}$ bei 120/240 VAC 60 Hz

$P_{el} = 2,5 \text{ bis } 4,0 \text{ kW}$, $P_{th} = 3,0 \text{ bis } 9,0 \text{ kW}$ bei 100/230 VAC 50 Hz

Brennstoff: Erdgas (Erdgasreformer - Luftsauerstoff)



- 1 Fuel Processing Module**
converts natural gas into hydrogen.
- 2 Power Generation Module**
combines hydrogen with air to create DC power.
- 3 Power Electronics Module**
converts DC power to AC power for use in residential or commercial applications.
- 4 Energy Storage Module**
ensures continuity of power during system transients.
- 5 Thermal Management Module**
optimizes system performance and provides heat for use in the facility.

Abbildung 59: Brennstoffzelle Plug Power

Im Jahr 2002 wurden durch Plug Power 121 Brennstoffzelleneinheiten an 30 Kunden in 19 U.S. Bundesstaaten sowie in 3 andere Länder ausgeliefert und produzierten 1,6 Millionen kWh elektrischen Strom

- Brennstoffzelle Ballard

PEM-Zelle (PEM ... Proton Exchange Membrane)

P_{el} = 1200 W (bei neuem Stack), U = 22 bis 50 V, I \leq 46 A, kein Wechselrichter vorgesehen
Lebensdauer: 1500 h

Brennstoffe: 99,99% reiner Wasserstoff und Luftsauerstoff (kein Reformer erforderlich)

Sehr kompakte Abmessungen und geringes Gewicht: 56 x 25 x 33 cm / 13 kg

Laut Homepage ist für 2004 der Markteintritt in den japanischen Markt als Heizgerät für Wohnungen geplant. Dabei erscheint allerdings die Lebensdauer zum Einsatzzweck in krassem Gegensatz zu stehen.

- Brennstoffzelle Viessman

PEM-Zelle (PEM ... Proton Exchange Membrane)

P_{el} = bis 2,0 kW (modulierender Betrieb möglich), P_{th} = bis ca. 4,5 kW

Brennstoff: Erdgas (Erdgasreformer), Luftsauerstoff

Feldtests seriennaher Geräte: 2005

Markteintritt: 2006 oder 2007 mit kleiner Stückzahl (nicht in Einfamilienhäusern)

- Brennstoffzelle Buderus

PEM-Zelle (PEM ... Proton Exchange Membrane)

P_{el} = bis 5,0 kW (modulierender Betrieb möglich)

P_{th} = bis 10,0 kW

Brennstoff: Erdgas (Erdgasreformer), Luftsauerstoff

Feldtests seriennaher Geräte: 2005 (kleine Stückzahl)

- Brennstoffzelle Buderus

SOFC-Zelle (Solid Oxide Fuel Cell ... Hochtemperaturbrennstoffzelle)

NT: materialtechnisch anspruchsvoll wegen hohem Temperaturniveau (850 bis 950 °C)

VT: relativ unkomplizierte Brennstoffaufbereitung

Vorseriengerät des BZH: HSX 1000 Premiere

Brennstoff: Erdgas (Reformer (Hexis Dampfreaktor oder CPO (Catalytic partial oxidation)) und Luftsauerstoff)

P_{el} = 1,0 kW (modulierender Betrieb zwischen 50 und 1000 W)

P_{th} = 3,0 kW

Elektrischer Wirkungsgrad: ca. 33% / Gesamtwirkungsgrad: ca. 70%

Lebensdauer: min. 8000 h

Entwicklungsstand: 2001 Beginn Vorserienphase, Ende 2004 / Anfang 2005 ist die Herstellung eines seriennahen Produktes vorgesehen
 bevorzugte Märkte: Deutschland, Österreich, Schweiz

Zusammenfassende Betrachtung Brennstoffzelle

Beim Betrieb der Brennstoffzellen gibt es momentan noch einige Schwierigkeiten, die es zu lösen gilt:

- Gleichmäßige Kühlung der Stacks (Wärmespannungen die die empfindlichen Stacks mechanisch zerstören können)
- Gleichmäßige Durchströmung der Stacks (Geometrie)
- Alterung der Stacks durch Verschmutzung / Verunreinigung der Reaktionsgase
- Ungeeignet für modulierende Fahrweise, häufiges Anfahren und Abstellen der Brennstoffzelle reduzieren die Lebensdauer der Stacks deutlich weil die Aufheizung / Abkühlung im gesamten Stack unterschiedlich schnell erfolgt und dadurch Wärmespannungen entstehen.
- Die Versorgung mit reinem Wasserstoff ist problematisch weshalb Brennstoffzellen die mit reinem Wasserstoff arbeiten nur für Spezialanwendungen zum Einsatz kommen.
- Der Reformier der zum Betrieb einer Brennstoffzelle erforderlich ist (siehe Punkt oberhalb) um Erdgas aufzuspalten und dadurch an den erforderlichen Wasserstoff zu gelangen sind sehr teuer.
- Erst ab einem Preis von € 1500,- je kW elektrisch Leistung wird die Brennstoffzelle eine realistische Marktchance haben, von diesem Kennwert sind die heutigen Brennstoffzellen noch um den Faktor 20 bis 30 entfernt.
- Relativ lange Anfahrzeiten der kalten Stacks bis zur Nennleistung:
 Beim PEM-Stack beträgt die Aufheizzeit etwa 20 Minuten, beim SOFC-Stack einige Stunden (schnellere Aufheißvorgänge führen zu Wärmespannungen, die den Stack zerstören).

Die oben beschriebenen Probleme die mit dem Betrieb von Brennstoffzellen verbunden sind sowie die Entwicklungsaktivitäten der Firmen die sich mit Brennstoffzellen beschäftigen lassen einen Markteintritt frühestens um 2010 oder später erwarten.

3.1.5.3 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte

Der Fokus der Technologieanalyse war zum einen auf KWK-Technologien auf Basis von Biomasse und zum anderen auf kleine Leistungsbereiche (Energieträger auch fossile Brennstoffe) gerichtet.

Für die Verstromung von fester Biomasse gibt es eine mehrere Technologien, die sich in ihrem technischen Entwicklungsstand, einsetzbaren Leistungsbereich, Wirkungsgrad und Regelverhalten unterscheiden. In der nachfolgenden Tabelle sind die wesentlichen Merkmale im Überblick dargestellt:

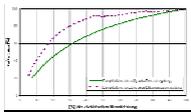
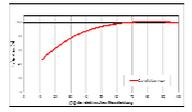
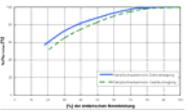
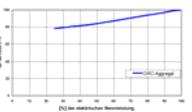
Technologie	Dampfturbine	Dampfkolbenmotor	Dampfschraube	ORC-Prozess	Stirlingmotor
Leistungsbereich elektr.	MW-Bereich	20 kW – 1,2 MW	100 kW – 1 MW	200 kW – 1,5 MW	< 100 kW
Anlagenwirkungsgrad	18-35% (> 2 MW) 8-18% (<2 MW)	6-20%	Ca. 15%	Ca. 15%	10 – 15%
Techn. Reifegrad	Ausgereifte, marktverfügbare Technologie	Marktverfügbare Technologie (Fa. Spilling)	Eine Demonstrationsanlage in Betrieb	Mehrere Anlagen in Betrieb	Übertritt in die Demonstrationsphase
Regelverhalten					
Stärken	+ Hohe Technologiereife	+ Sehr gutes Teillastverhalten + Hohe Technologiereife + Günstige spezifische Investitionskosten	+ Nutzung von Nassdampf + Hohe Robustheit + Sehr gutes Teillastverhalten + Geringe Instandhaltungskosten	+ Ausgezeichnetes Teillastverhalten + Hohe Technologiereife + Hohe Automatisierbarkeit + Hohe Robustheit + Geringe Betriebskosten + Kein Dampfkesselwärter notwendig	+ kompakte Bauform + Vollautomatischer Betrieb + guter elektrischer Wirkungsgrad für Kleinanlagen
Schwächen	- Schlechtes Teillastverhalten - Dampfkesselwärter notwendig	- Hohe Instandhaltungsintensität - Dampfkesselwärter notwendig	- Hohe Investitionskosten - Geringe Betriebserfahrungen - Dampfkesselwärter notwendig	- Hohe Investitionskosten - Notwendigkeit eines Thermoölkreislaufes	- Erhitzer-Wärmetauscher - Geringe Betriebserfahrungen - Anwendung auf asche- und chlorame Brennstoffe beschränkt

Tabelle 59: KWK-Technologien auf Basis fester Biomasse

Aus der Analyse von Verstromungstechnologien für feste Biomasse kann für SUPOSS die Schlussfolgerung gezogen werden, dass auf Grund der energetischen und sonstigen Rahmenbedingungen im Umfeld von Lebensmittelfabriken für kleinere Leistungsbereiche die Stirlingtechnologie und für größere Leistungsbereiche eventuell ORC-Anlagen interessant sind.

In der nachstehenden Tabelle sind die Analysen und Bewertungen hinsichtlich KWK-Technologien für kleine Leistungsbereiche nochmals zusammengefasst:

KWK-Konzept	Leistungsbereich	Brennstoffe	Eignung für Suposs	Kommentar
Dampfprozess mit Gegendruckturbinen	0,5 bis 30 MWel	Alle kesselgeeigneten Brennstoffe	Nein	Zu große Leistung
Dampfprozess mit Entnahme-Kondensation	0,5 bis 10 MWel	Alle kesselgeeigneten Brennstoffe	Nein	Zu große Leistung
Gasturbine mit Wärmerückgewinnung	20 MWel und mehr	Gas, Erdöl, Vergasung von Kohle	Nein	Zu große Leistung
Gasturbine mit Cheng-Cycle (STIC-Cycle)	20 MWel und mehr	Gas, Erdöl, Vergasung von Kohle	Nein	Zu große Leistung
Mikro(gas)turbine	30 bis 100 kWel	Erdgas, Heizöl, Flüssiggas, ...	(Ja)	Auf Basis Biomasse, zur Zeit keine Produkte bekannt/erhältlich
GUD mit Gegendruckturbinen	10 MWel und mehr	Gas, Erdöl, Vergasung von Brennstoffen	Nein	Zu große Leistung
GUD mit Entnahme-Kondensation	10 MWel und mehr	Gas, Erdöl, Vergasung von Brennstoffen	Nein	Zu große Leistung
Gas und Dieselmotorprozess	ca. 5 kWel bis 3 MWel	Gas, Biogas, Diesel, Heizöl, RME, Pflanzenöl, ...	Ja	wenn regenerative Brennstoffe eingesetzt werden (RME, Pflanzenöl)
Dampfkolbenmotorprozess	(40 kWel) bis 2 MWel	Alle kesselgeeigneten Brennstoffe	(Ja)	Tendenziell zu große Leistung, hoher spezifischer Invest
ORC-Prozess	ca. 0,3 bis 1,5 MWel	Biomasse	(Ja)	Tendenziell zu große Leistung, Downscaling erforderlich
Brennstoffzelle	1 kWel bis	Wasserstoff, Erdgas	(Ja)	Marktverbreitung vermutlich nicht vor 2010, hoher spezifischer Invest
Stirling-Motor			Ja	Auf Basis Biomasse
Dampfschraubenmotor	(40 kWel) bis 2 MWel	Alle kesselgeeigneten Brennstoffe	Nein	Zu große Leistung
Heißluftturbinenprozess	ab 0,4 MWel	Alle kesselgeeigneten Brennstoffe	Nein	Zu große Leistung
Inverser Gasturbinenprozess	ab 1 MWel	Biomasse	Nein	Zu große Leistung
Linearkolbengenerator	0,5 bis 3 kWel (5 kWel)	Gas, feste Biomasse (Pellets, Hackgut), prinz. alle Brennstoffe	Ja	Übergang zur Marktreife

Tabelle 60 : SUPOSS relevante KWK-Technologien

Grün hinterlegte Technologien: Für SUPOSS Zeithorizont (3-5 Jahre) interessant

Gelb hinterlegte Technologien: Für spätere Einbindung interessant

Für Kraft-Wärme-Kopplungen in kleinen Leistungsbereichen (< 250 kW elektrisch) mit fossilen und anderen alternativen Energieträgern kann der Schluss gezogen werden, dass Mikro-gasturbinen, Gas- und Dieselmotorprozesse, sowie die Linearkolbentechnologie und in weiterer Zukunft Brennstoffzellen im SUPOSS-Kontext interessant sind bzw. werden.

3.1.6 Studie zum Stand der Technik für Solartechnologien im SUPOSS-Kontext

3.1.6.1 Stand der Technik Kollektortechnologien

Teilsolare Brauchwasserbereitung

- Beschreibung der Technologien

Zur Bereitstellung von warmem Brauchwasser stehen verschiedene Kollektoren zur Verfügung: Flachkollektoren sind die am Markt gängigsten Kollektoren. Weiters gibt es noch Vakuumröhrenkollektoren und Luftkollektoren.

Der Wirkungsgrad eines Flachkollektors bei typischen sonnigen sommerlichen Betriebsbedingungen liegt zwischen 55 und 60%. Typische Betriebsbedingungen sind 800 W/m^2 Einstrahlung und ein Temperaturunterschied zwischen Kollektormedium und Umgebungsluft von 40 K. Üblicherweise werden Anlagen bei Nutzbauten mit einer solaren Deckung des Warmwasserenergiebedarfes im Bereich von 20 bis 40% dimensioniert. Dies bedeutet eine ca. 40 bis 80%-ige Deckung an sonnigen Sommertagen. Der solare Nutzungsgrad – also wie viel Wärmeenergie schlussendlich wirklich im System solar substituiert wird, bezogen auf die Summe der Einstrahlung über ein Jahr – liegt etwa zwischen 25 und 40%. Die solaren Wärmeerträge von Flachkollektoren für eine Warmwasserbereitung mit 50°C Solltemperatur liegen bei den genannten Deckungsraten etwa bei 350 bis 450 kWh pro m^2 installierter Kollektorfläche. Mit sinkender Solltemperatur des Warmwassers steigen die solaren Wärmeerträge pro m^2 Kollektorfläche. Solare Vorwärmanlagen mit einer Vorwärmtemperatur von 35°C für eine Solltemperatur von 50°C und mit einer solaren Deckung von 10 bis 20% weisen einen höheren spezifischen Kollektor-Wärmeertrag in der Höhe von ca. 450 bis 650 kWh/ $\text{m}^2\cdot\text{a}$ und damit eine entsprechend bessere Wirtschaftlichkeit auf. Auch der solare Nutzungsgrad steigt bei einer Vorwärmanlage ungefähr auf 40 bis 60%.

Bei Luftkollektoren, die z.B. für solares Kühlen oder für die Frischluftherwärmung eingesetzt werden, kann ein Luft-Wasser Wärmeüberträger die Funktion der Einbindung in die Brauchwasserbereitung übernehmen.

- Technologischer Entwicklungsstand

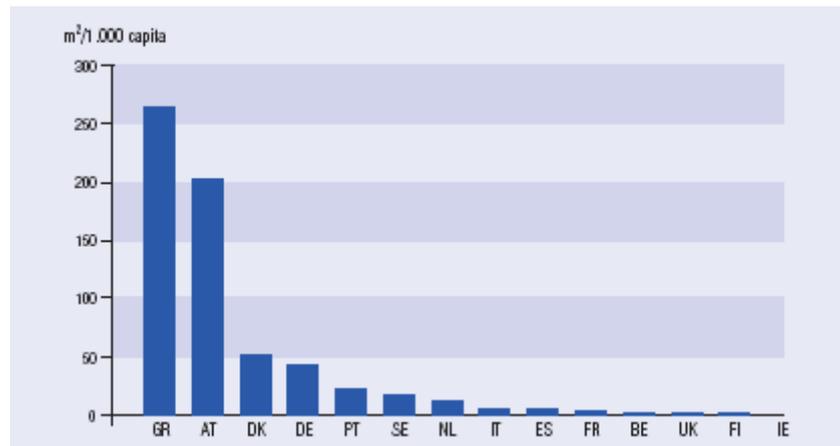


Abbildung 60: Kollektorfläche in m²/Einwohner (Jahr 2001)

Die üblichen Flachkollektoren, die ein ausgereiftes am Markt in vielen Ausführungen erhältliches Produkt darstellen, werden von mehr als 100 Unternehmen in Europa hergestellt. Österreich ist bei der installierten Kollektorfläche pro Einwohner knapp hinter Griechenland an zweiter Stelle in Europa (siehe Abbildung 60: Kollektorfläche in m²/Einwohner (Jahr 2001))

Der größte Hersteller Europas ist ebenfalls in Österreich zu finden. Neben farbigen Flachkollektoren werden auch kundenspezifisch angefertigte Flachkollektoren für alle Dachformen angeboten.

Luftkollektoren zur Brauchwassererwärmung haben sich am Markt nicht durchgesetzt.

- Entwicklungsbedarf

Flachkollektoren sind ein sehr ausgereiftes Produkt. Für spezielle Anlagentypen und Anwendungen kann eine Optimierung der Technologie sinnvoll sein, dies vor allem bei folgenden beispielhaft genannten Anlagen:

- Standardisierung mittlerer und größerer Anlagen (>20 m² Kollektorfläche);
- Drainback-Anlagen bei denen sich beim Stopp der Solarpumpe die Kollektoren selbsttätig entleeren und bei denen deshalb der Wärmeträger Wasser statt dem Propylenglykol-Wasser-Gemisch verwendet werden kann. Auch das Druckausdehnungsgefäß und eventuelle Stagnationsprobleme entfallen, wodurch es ein Kostensenkungspotential gibt;
- Gebäudeintegration der Solaranlage (Kollektoren, Verrohrung, Speicher) im Neubau und besonders bei der Sanierung;
- Latentwärmespeicher für Verbesserung der Energiedichte (Kompaktheit) des Speichers;
- modulare Speicherkonzepte.

Mögliche Schwierigkeiten bei der Integration in einen Supermarkt können sein:

- große Leitungslängen im Kollektorkreis verglichen zur Anlagenleistung;
 - fehlender Brauchwasserbedarf an Tagen wo der Supermarkt geschlossen ist;
 - Dichtheit von Dach- und Außenwanddurchstoßungen;
 - Mauerdurchstoßungen bei Betonwänden;
 - Befestigung des Kollektors am Dach (mit Gewichtsmassen oder Anker) bei Dachkollektoren;
 - Nachweis der Tragfähigkeit des Daches zwischen den Trägern (Eigengewicht und Windlast) bei Dachkollektoren;
 - Nachweis der Tragfähigkeit des Daches direkt auf die Träger (Eigengewicht und Windlast) bei Dachkollektoren;
 - Befestigung und Montage der Kollektoren in der Fassade (Eigengewicht und Windlast sowie sonstige Sicherheitsauflagen) bei Fassadenkollektoren;
 - Abstimmung der Gestaltung der Fassade mit dem Architekten und dem Eigentümer bei Fassadenkollektoren.
- Wirtschaftliche Daten

Investitionskosten

Die Systemkosten für Planung, sämtliche Komponenten und Errichtung ohne MwSt. dieser Anlagen liegen im Bereich von 300 bis 600 €/m² bei Anlagen mit Flachkollektoren. Sie sinken mit wachsender Anlagengröße. Anlagen mit Vakuumröhren liegen im Bereich von 700 bis 1000 €/m². Ab einer Kollektorfläche von ca. 150 m² sinken die Kosten pro Quadratmeter Kollektorfläche nur mehr geringfügig. Es sind gut dotierte Förderungen von der Kommunal-kredit Austria AG erhältlich, die die Amortisationszeit deutlich reduziert.

Betriebskosten

Der Wärmepreis von Anlagen, die mit einem Contractor, also ohne Investitionskapital und ohne Investitionsrisiko, für den Nutzer errichtet und betrieben werden, liegt etwa zwischen 0,06 und 0,12 €-Cent pro kWh Wärme. Nach meist 15 Jahren geht die Anlage, dann in den Besitz des Contractingnehmers über. Typische Amortisationszeiten bei den aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen liegen zwischen 7 und 14 Jahren. Bei Vorwärmanlagen sogar zwischen 4 und 6 Jahren. Solche Anlagen sind somit mit anderen Energieträgern konkurrenzfähig. Nach Ablauf der Amortisationszeit bis zum Ende der Lebensdauer sind die „Energiekosten“ einer Solaranlage sehr gering.

Typische Wartungsintervalle sind:

- einmal jährlich: Prüfung des Anlagendruckes, des Frostschutzmittel-Auffangbehälters, der Pumpe, des Vordruckes im Ausdehnungsgefäßes, der Reglereinstellungen, der Fühlerelektrik, der Entlüftung, des Durchflusses der Stränge, der Wärmeträgerflüssigkeit, des Korrosionsschutzes der Speicher, Sichtprüfung der Anlage und ähnliches;
- alle 2 bis 5 Jahre, je nach Wasserhärte: Überprüfung und ev. Reinigung eines ev. vorhandenen, externen, trinkwasserführenden Wärmeübertragers;
- nach 5 bis 10 Jahren: Tausch des Wärmeträgers;
- nach 10 bis 20 Jahren: Austausch der Solarpumpe.

Die mittleren jährlichen Wartungskosten ohne MwSt. können mit ca. 1 bis 2% der Investitionskosten angesetzt werden.

Bei thermischen Solaranlagen liegen die Lebensdauern von Anlagen meist zwischen 20 und 30 Jahren. Bei Anlagen mit Vakuumröhren oder anderen Kollektoren für höhere Betriebstemperaturen kann die Lebensdauer unter Umständen verkürzt sein.

- **Sonstige Faktoren**

Bei einer Konzeption mit mehrstufiger Energienutzung liegt die Niedertemperatur-Wärme am Ende der Nutzungskette. Je tiefer die dabei notwendige Brauchwassertemperatur liegt umso effizienter arbeiten vorgeschaltete Umwandlungsprozesse und Nutzungen. Deshalb wäre eine möglichst konstante und tiefe Solltemperatur anzustreben.

Weiters ist bei der Trinkwasserbereitung, wenn möglich aus hygienischen Gründen eine Bereitung im Durchfluss ohne oder nur mit sehr kleinen Volumina vorzuziehen.

Teilsolare Raumheizung

- **Kurzbeschreibung der Technologie**

Vorzugsweise bei Niedertemperatur-Flächenheizungen und bei Gebäuden mit niedrigem spezifischen Heizwärmebedarf ($<50 \text{ kWh/m}^2$) wird, wenn ausreichende Dach- oder Fassadenflächen vorhanden sind, die Raumheizung mit den Sonnenkollektoren unterstützt. In der Regel werden Flachkollektoren ins Dach oder in die Fassade integriert. Auf Flachdächern und bei einer Freiaufstellung ist auch die Aufständigung üblich. Werden mehrere Reihen aufgeständert, muss der Abstand zwischen den Reihen richtig bemessen sein um eine Verschattung zu vermeiden.

Der Wirkungsgrad eines Flachkollektors bei typischen sonnigen winterlichen Betriebsbedingungen liegt zwischen 30 und 40%. Typische Betriebsbedingungen sind 600 W/m^2 und ein Temperaturunterschied zwischen Kollektormedium und Umgebungsluft von 60 K. Üblicherweise werden Anlagen bei Nutzbauten auf eine solare Deckung des Raumwärmebedarfes im Bereich von 5 bis 20%, in besonderen Fällen auch deutlich darüber, dimensioniert. Voraussetzung für diese Deckungsgrade ist eine entsprechende thermische Qualität des Gebäudes. Meistens sind die Anlagen mit einer solaren Warmwasserbereitung kombiniert, wodurch die Deckungsgrade je nach dem Anteil der Warmwasserbereitung am gesamten Wärmebedarf bei guter thermischer Qualität des Gebäudes ca. auf 10 bis 30% des gesamten Wärmebedarfes ansteigen. Die solaren Wärmeerträge der Kollektoren für eine solche Kombianlage liegen bei den üblichen Deckungsraten von Nutzbauten etwa bei 200 bis 350 kWh pro m^2 installierter Kollektorfläche. Um genaue Werte vorherzusagen ist für jeden Einzelfall eine Simulation unentbehrlich. Um hohe solare Erträge im Winter zu lukrieren, ist eine gute Südausrichtung und ein Kollektorneigung von 45° oder mehr notwendig. Besonders gut haben sich Fassadenkollektoren für diese Anwendung bewährt. Diese haben sehr gute Erträge im Winter und ausreichende Erträge für die Warmwasserbereitung im Sommer. Fassadenkollektoren sind immer schneefrei und isolieren das Gebäude zusätzlich. Der Nachteil ist der höhere Aufwand für die Montage und der große Aufwand im Fall einer eventuellen Reparatur.

Eine solare Lüftung kann ebenfalls zur teilsolaren Raumheizung verwendet werden.

Bei Luftkollektoren, die z.B. für solares Kühlen oder für die Frischluftherwärmung eingesetzt werden, kann ein Luft-Wasser Wärmeübertrager die Funktion der Einbindung in die Raumwärmebereitstellung übernehmen. Diese Form der Raumheizungsunterstützung ist am Markt nicht verbreitet.

- Technologischer Entwicklungsstand

Bei Niedertemperatur-Wärmeverteilanlagen werden die beschriebenen Flachkollektoren und bei Hochtemperatur-Wärmeverteilanlagen manchmal auch Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Vakuumröhrenkollektoren sind ein großteils ausgereiftes, am Markt erhältliches Produkt. In Europa sind etwa 20 Anbieter am Markt aktiv.

- Entwicklungsbedarf

Falls das solare Angebot die Nachfrage an Wärmeenergie übersteigt, können Stillstandsprobleme in der Solaranlage auftreten. Wünschenswert wäre eine sommerliche Wärmenutzung. Eine solche liegt z.B. bei solarer Kühlung, bei solarer Krafterzeugung oder zum Beispiel bei einer Wärmeabnahme durch ein Wärmenetz vor. Sollte dies nicht möglich sein, sind geeignete passive Schutzmassnahmen zu treffen. Für spezielle Anlagentypen und Anwendungen kann also eine Optimierung der Technologie sinnvoll sein. Speziell für Supermärkte bieten sich folgende Entwicklungen an:

- mittlere und große standardisierte Solaranlagen, für verschiedene Wärmelasten bzw. Deckungsgrade (z.B. 40 m², 100 m², 250 m²) z.B. für verschiedene Supermärkte;
- Entwicklung eines passiven Stagnationskühlers für den Vorlauf des Kollektorkreises;
- Optimierung der Regelung vor allem im Zusammenspiel mit dem solar unterstützten Teil der Anlage.

Mögliche Schwierigkeiten bei der Umsetzung sind:

- Anpassung bzw. Integration in die Raumwärmeverteilung (Wärmeabgabe, Regelung);
- bauliche Einbringung Dichtigkeit von Dach- und Außenwanddurchstoßungen;
- Mauerdurchstoßungen bei Betonwänden;
- Befestigung der Kollektoren am Dach (mit Gewichtsmassen oder Anker) bei Dachkollektoren;
- Nachweis der Tragfähigkeit des Daches zwischen den Trägern (Eigengewicht und Windlast) bei Dachkollektoren;
- Nachweis der Tragfähigkeit des Daches direkt auf die Träger (Eigengewicht und Windlast) bei Dachkollektoren;
- Befestigung und Montage der Kollektoren in der Fassade (Eigengewicht und Windlast sowie sonstige Sicherheitsauflagen) bei Fassadenkollektoren;
- Abstimmung der Gestaltung der Fassade mit dem Architekten und dem Eigentümer bei Fassadenkollektoren.

- Wirtschaftlichkeit

Die Systemkosten für Planung, sämtliche Komponenten und Errichtung ohne MwSt. bei Anlagen mit gleichzeitiger solarer Brauchwasserbereitung liegen im Bereich von 400 bis 800 €/m² bei Anlagen mit Flachkollektoren. Auch sie sinken mit wachsender Anlagengröße. Ab einer Kollektorfläche von ca. 200 m² ist die Senkung der Kosten pro Quadratmeter nur mehr geringfügig. Anlagen mit Vakuumröhren liegen im Bereich von 800 bis 1200 €/m². Ihr Wärmepreis ist aber meist nur geringfügig höher, weil sie gerade im Winter bei tiefen Außentemperaturen und geringer solarer Einstrahlung deutlich höhere Erträge als Flachkollektoren liefern. Sinngemäß gilt sonst das Gleiche wie bei der Teilsolaren Brauchwasserbereitung im vorigen Kapitel. Die Amortisationszeiten solcher Anlagen mit gleichzeitiger Brauchwasserbereitung aber ohne zusätzliche Nutzung im Sommer liegen etwa zwischen 12 und 18 Jahren.

- Sonstige Faktoren

Die Vorteile des tiefen Temperaturniveaus des Kaltwassers und die Konstanz der Wärmelast bei der Brauchwasserbereitung fehlen bei der teilsolaren Raumheizung und dadurch vermindert sich der Nutzungsgrad. Trotzdem kann durch eine geeignete hydraulische Einbindung und durch die Absenkung der Rücklauftemperatur ein beachtlicher Nutzungsgrad erzielt werden. Sommerliche Überschüsse sollten durch eine entsprechende Nutzung oder Abgabe in ein Netz vermieden werden.

Teilsolare Lüftung

- Kurzbeschreibung der Technologie

Eine solare Lüftungsanlage arbeitet mit Luftkollektoren bzw. im einfachsten Fall mit Fassadenbleche. Eine typische Anwendung ist die Belüftung von Industriehallen. Solare Lüftung hat die Aufgabe die Zulufttemperatur durch die Sonneneinstrahlung bei Außenlufttemperaturen unter der Lufttemperatur im Gebäude anzuheben (siehe

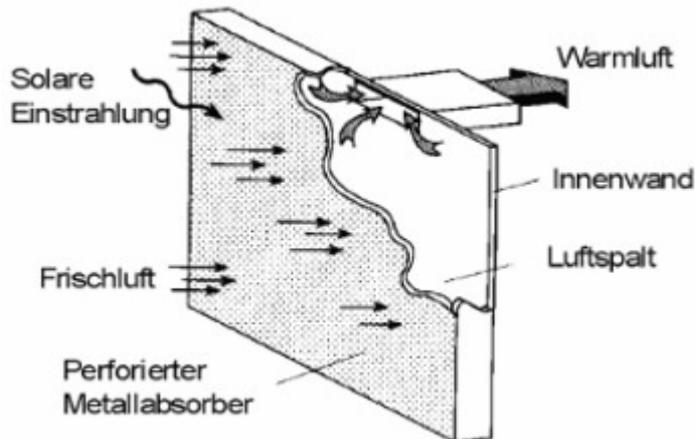


Abbildung 61: Funktionsprinzip eines Luftkollektors

Anderenfalls wird die Zuluft nicht über den Kollektor geführt. Eine sinnvolle Ergänzung zu einer solaren Lüftung ist bei zu schwacher oder fehlender Einstrahlung eine Abluftwärmegewinnung bzw. ein Luftbrunnen zur Vorwärmung der Zuluft.

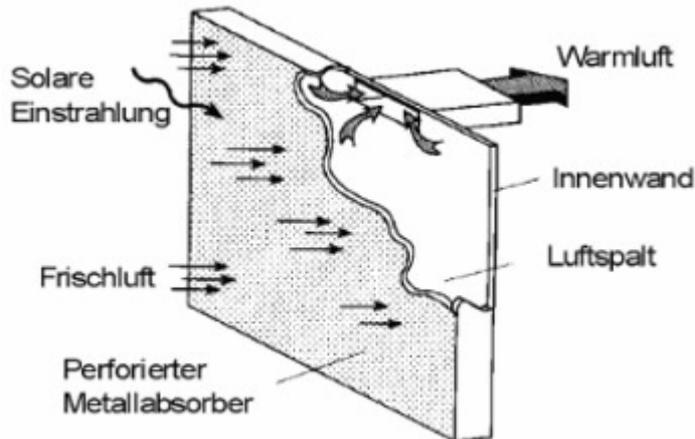


Abbildung 61: Funktionsprinzip eines Luftkollektors

- Technologischer Entwicklungsstand Luftkollektoren

Es sind weltweit etwa 5 bis 10 kommerziell gefertigte Typen von Luftkollektoren bzw. Solarfassaden (z. B. System Solarwall) unterschiedlicher Qualität erhältlich. Die meisten besitzen noch ein gewisses Entwicklungspotential, aber es gibt auch durchaus ausgereifte Produkte.

- Entwicklungsbedarf

Verbesserungsfähig sind vor allem folgende Bereiche:

- Leistungszahl der Ventilatoren zu klein, da die Druckverluste zu groß sind;
- Luftkollektoren mit günstigem Preis/Leistungs-Verhältnis;
- Luftverteilung in einem Kollektor und in einem Kollektorfeld zu ungleichmäßig;
- Verteilung und Sammlung einschließlich Leitungsführung der Raumluft zur Sicherung des Komforts und der Effizienz;
- Verschmutzung bzw. Reinigungsmöglichkeiten in Leitungen und Komponenten;
- Optimierung der Anlagenregelung unter Einbeziehung weiterer Parameter, Bedingungen und Funktionen wie z.B. variable Luftwechselrate je nach Bedarf, Entfeuchtung im Sommer, Befeuchtung im Winter, nächtliche Vorkühlung, u.ä.).

- Wirtschaftlichkeit

Sie kann die wirtschaftlichste Form solarthermischer Anlagen sein und eignet sich vor allem für den Einsatz in Industriehallen. Dies gilt besonders für durchströmte oder unterströmte Fassadenabsorber. Diese intelligenten „Blecfassaden“ liefern hohe Wärmeerträge bei geringen Investitionskosten. Dadurch können Amortisationszeiten die sogar deutlich unter 3 Jahre liegen, erreicht werden. Qualitative Luftkollektoren erreichen oft den Preis von Standard-Flachkollektoren.

Luftkollektoren haben einen deutlich niedrigeren Wartungsaufwand. Er beschränkt sich auf den Ventilator und den Austausch ev. vorhandener Filter bzw. eine eventuell notwendige Reinigung von Luftkanälen.

3.1.6.2 Stand der Technik Photovoltaik

- Kurzbeschreibung der Technologie

Eine netzgekoppelte Solarstromanlage kann einerseits den Eigenbedarf an Strom decken aber andererseits auch Energie ins Netz abgeben. Eine Gebäudeintegration stellt durch die Vielfalt der Möglichkeiten und die freie Skalierbarkeit kein Problem dar.

- Entwicklungsstand

Die Photovoltaik ist eine grundsätzlich ausgereifte Technologie mit vielfach bewährten Komponenten am Markt. Am häufigsten werden multikristalline Zellen eingesetzt. Sie haben einen Umwandlungswirkungsgrad von 12 bis 15%. Etwas höheren Wirkungsgrad nämlich etwa 15 bis 18% weisen die monokristallinen Zellen auf. Sie sind aber auch deutlich teurer. Einen klar niedrigeren Wirkungsgrad von etwa 4 bis 7% haben die kostengünstigen amorphen Zellen. Diese Preis- und Wirkungsgradunterschiede bewirken einen Preis pro installierter Maximalleistung [kW_{peak}] der fast unabhängig vom eingesetzten Zelltyp ist. Die etwas

günstigeren Zellenkosten bei amorphen Modulen werden, wegen des erhöhten Flächenbedarfs durch die höheren Befestigungs- und Montagekosten, wieder mehr als kompensiert.

- Entwicklungsbedarf

Durch die modulare Bauweise, den Einsatz geprüfter Komponenten und die Flexibilität der Anwendung sind diese Anlagen in der Größe frei skalierbar. Die Anlageneffizienz ist unabhängig von der Anlagengröße. Einer späteren Erweiterung steht nichts im Weg. Diese Zuverlässigkeit drückt sich auch in den angebotenen Garantiezeiten der Hersteller von bis zu 25 Jahren aus. Natürlich gibt es bei dieser jungen Technologie laufende Forschung und Entwicklung für neue Produkte, welche sich durchaus auch für Lebensmittelmärkte interessant sein können. Beispiele dafür sind:

- bei Kombination der Photovoltaikanlage mit einer Kompressionskältemaschine oder einer Wärmepumpe ist die optimale Abstimmung der Anlagen notwendig;
- dezentrale Stromversorgung für Beleuchtung, Reklame und Sicherheitseinrichtungen im Umfeld des Marktes.

- Wirtschaftlichkeit

Der größte Teil der Investitionskosten entfällt mit ca. 70% auf Module. Auf den Wechselrichter und die Tragkonstruktion entfallen je etwa 15%. Zurzeit muss man mit etwa 5 500 € pro kW_{peak} installierter Leistung rechnen (inkl. MwSt., Stand 2004). Dazu kommen noch ca. 20 bis 45 € für Zählermiete, Versicherung und Ähnliches.

Die Einspeisetarife, die in Österreich bundesweit nicht einheitlich sind, bestimmen die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaik-Anlage.

Es besteht weiters kaum Wartungsaufwand. Die Modulreinigung ist in der Regel durch eine entsprechende Neigung durch den Regen sichergestellt. Eine Sichtprüfung der Module wird in der Regel durch den Nutzer durchgeführt.

Die Lebensdauer der Module kann bis zu 50 Jahren angenommen werden. Die Lebensdauer der Wechselrichter und der Kabel liegt darunter und ist auch sehr von lokalen Umweltbedingungen (Staub, Luftfeuchte, Temperaturbelastung, Temperaturwechsel, UV-Licht, usw.) und der Ausführungsqualität der Verkabelung abhängig.

- Sonstige Faktoren

Zusätzlich Erträge durch reflektierende, dem Modul zu Sonne vorgelagerte Flächen können den Ertrag der Photovoltaik steigern. Auch eine windexponierte Positionierung am oder beim Gebäude bringt bessere Erträge. Dies erklärt die deutlich höheren Erträge frei aufgestellter Module, die vor hellen Blechdächern, Schotterdächern, Biotopen oder Parkplätzen liegen.

3.1.6.3 Stand der Technik Speichertechnologien

Um eine Heizungs- und/oder Brauchwasserheizungsanlage trotz der zeitlichen Schwankungen des Strahlungsangebotes mit Solarwärme sicher zu versorgen, wird in jeder thermischen Solaranlage ein Wärmespeicher eingesetzt. Wärmespeicher werden auch verwendet, wenn die Wärmeenergie an verschiedenen Uhrzeiten in verschiedenen Räumen in einem bestimmten Gebäude verteilt sein soll. So wird eine Anpassung der Leistungsabgabe an den veränderlichen Bedarf ermöglicht.

Die folgenden Wärmespeichertechnologien sind derzeit verfügbar:

- sensible (fühlbare) Wärmespeicherung, wo die spezifische Wärmekapazität eines bestimmten Materials verwendet wird;
- latente Wärmespeicherung, wo die Latentenergie für die Zustandsänderung eines bestimmten Materials verwendet wird;
- sorptive Wärmespeicherung, wo die Bindungswärme von einem sorptiven Prozess verwendet wird;
- chemische Wärmespeicherung, wo reversible endo- und exothermischen chemischen Reaktionen verwendet werden.

Ein thermisches Speichersystem erfasst den Speicherbehälter mit Wärmedämmung, das Speichermedium, die Be- und Entladeeinrichtungen und Hilfseinrichtungen (Wärmetauscher, Pumpen, Rohrleitungen, Korrosionsschutz und Sicherheitseinrichtungen).⁸¹

Für Brauchwasser und Heizung wird die thermische Energie mit Temperaturen unter 100°C gespeichert: es handelt sich um Niedertemperaturspeicherung. Höhere Speichertemperaturen sind auch möglich: man spricht dann von Mitteltemperaturspeicher (von 100 bis 500°C) und Hochtemperaturspeicher (über 500°C). Bei diesen Bereichen geht es aber nicht um reine Heizungs- oder Warmwasserbereitungszwecke, sondern um Stromerzeugung oder Prozesswärmeversorgung.

Sensible Wärmespeicherung

- Kurzbeschreibung der Technologie

Es handelt sich um die einfachste und meist verbreitete Form der Wärmespeicherung: hier wird sensible thermische Energie in festen und flüssigen Medien eingespeist. Die hohe spezifische Wärmekapazität des Speichermediums wird verwendet, und durch eine Steigerung bzw. Senkung seiner Temperatur wird der Speicher beladen bzw. entladen.

Als Speichermedium wird meistens Wasser für Temperaturen unterhalb von 100°C verwendet. Über 100°C kommen andere flüssige Medien (organische Fluide, geschmolzene Salze

⁸¹ Vgl.: Khartchenko, Nikolai U.: Thermische Solaranlagen, Springer 1995

oder Metalle) zum Einsatz. Feste Speichermedien wie Beton, Erdreich, Mineralien und keramische Materialien können auch verwendet werden. Die Betonkernaktivierung in Decken von Gebäuden ist eine Art Wärmespeicherung.

- Entwicklungsstand und Entwicklungsbedarf – Wirtschaftlichkeit

Es ist die am häufigsten verwendete Wärmespeichertechnologie. Aufgrund der niedrigen Energiedichte von Wasser im Vergleich zu anderen Stoffen (Paraffin für Latentwärmespeicherung) sind große Mengen Wasser für die Wärmespeicherung notwendig. Diese Technologie ist für eine tägliche und wöchentliche Speicherung geeignet; bei einer Temperaturspreizung von 60°C können 70 kWh/m³ gespeichert werden.

Diese Technologie ist die günstigste aller Wärmespeichertechnologien, da keine Speichermittelkosten auftreten. Ein Entwicklungsbedarf ist in der Optimierung des ganzen Systems (Einsatz von Wärmetauscher, Kontrolle des Temperaturgradienten im Wärmetauscher...) und auch beim Einsatz von Vakuumwärmedämmung zu finden.

Latentwärmespeicherung

- Kurzbeschreibung der Technologie

Bei der Latentwärmespeicherung besteht die Speicherung darin, dass die Phasenübergangsenergie eines bestimmten Materials aus der Wärmequelle entnommen wird.

Der Phasenübergang fest/flüssig wird beim Speicherbeladen verwendet, indem es sich um thermische Energieabnahme aus der Umgebung handelt. Beim Speicherentladen erfolgt der entgegengesetzte Prozess (Phasenübergang flüssig/fest). Die Technologie ist wegen ihrer sehr großen Speicherdichte interessant (hohe Phasenübergangsenthalpie).

Bei einem Phasenübergang von einem reinen Stoff bleibt die Temperatur des Mediums konstant. Bei gemischten Stoffen (wie Salzhydraten oder Paraffinen) erfolgt der Prozess in einem Temperaturbereich.

Die Eigenschaften, die ein Latentwärmespeichermaterial beweisen soll, sind Folgende:

- möglichst hohe Phasenübergangsenthalpie bei einer Phasenübergangstemperatur, die an die Verbrauchstemperatur angepasst ist;
- günstige Stoffwerte (hohe spezifische Wärmekapazität, Dichte und Wärmeleitfähigkeit sowohl im festen als auch im flüssigen Zustand und niedrige Zähigkeit des flüssigen Mediums)⁸²

⁸² Vgl.: Khartchenko, Nikolai U.: Thermische Solaranlagen, Springer 1995

- Entwicklungsstand und Entwicklungsbedarf – Wirtschaftlichkeit

Für die Latentwärmespeichermaterialien werden die Zustände fest/flüssig bevorzugt, weil bei den Zuständen flüssig/gas zu großen Volumenunterschiede auftreten.

Das Hauptproblem bei den festen/flüssigen Latentwärmespeichermaterialien besteht aber darin, dass sie eine zu niedrige Wärmeleitfähigkeit haben. Dazu leisten die Stoffen, die Unterkühlungs- und Phasentrennungseffekte vermeiden, einen Beitrag zur Wärmeleitfähigkeitsreduzierung.

Zusätzliche Probleme sind eine ungenügende langfristige Stabilität von den Materialien und auch die Behälterkorrosion.⁸³ Hier ist ein Entwicklungsbedarf zu finden, sowie auch bei der Gebäudeintegration.

Schon mehrere Produkte sind auf dem Markt verfügbar; wegen des niedrigen notwendigen Speichervolumens können die entsprechenden Kosten auch unter die Kosten eines konventionellen Wärmespeichers fallen.

Sorptive Wärmespeicherung

- Kurzbeschreibung der Technologie

Die Beladung des Systems erfolgt mit dem Desorptionsprozess (Regeneration), wobei der Adsorbens (z. B. Zeolith) den Sorptiv (z. B. Wasser) freilässt: dafür wird Wärme z. B. über einen heißen und trockenen Luftstrom aus der Umgebung entnommen (Bindungswärme). Die Entladung des Systems erfolgt in dem Adsorptionsprozess.

Ein großer Vorteil der sorptiven Wärmespeicherung besteht darin, dass die thermische Energie verlustlos während langer Perioden gespeichert werden kann. Die Lebensdauer von Zeolith ist aber im Vergleich zu Wasser begrenzt.⁸⁴

- Entwicklungsstand und Entwicklungsbedarf – Wirtschaftlichkeit

Diese Technologie ist am Markt nicht verbreitet.

Die bestehenden Systeme arbeiten mit den Paaren Zeolith/Wasser oder Silikagel/Wasser. Es besteht einen Entwicklungsbedarf bei der Reduzierung der Desorptionstemperatur.

Die Speicherkapazität von einem geeigneten Material für die Wärmespeicherung der Sonnenenergie sollte dreimal höher als die Wärmekapazität von Wasser sein, um einen bedeutenden Durchbruch zu bringen: Silikagel ist schon geeignet, aber andere Stoffen sollen noch untersucht werden (wie auch bei der Latentwärmespeicherung).

⁸³ Vgl.: Zalba, B.: Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications, Universidad de Zaragoza, Spain, 2002

⁸⁴ Vgl.: Khartchenko, Nikolai U.: Thermische Solaranlagen, Springer 1995

Eine interessante weitere Anwendungsmöglichkeit besteht in der Verwendung von Zeolith für Heiz- sowie für Kühlanwendungen. Im Winter kann die Wärme nächtlich im Sorptionsprozess verwendet werden (Desorption), und dafür gilt die Fernwärme als Antriebswärme (niedrige Tarife). Tagsüber erfolgt die Adsorption, die die Wärme zur Raumwärme und Brauchwasserbereitung erzeugt. Im Sommer kann die Anlage mit weiteren Bestandteilen ausgerüstet werden, damit sie wie ein Desiccant Cooling System arbeiten kann (mit Kälterückgewinnung und Befeuchter für die Verdunstungskühlung).⁸⁵

Chemische Wärmespeicherung

- Kurzbeschreibung der Technologie

Bei der chemischen Wärmespeicherung wird die thermische Energie in einer endothermischen chemischen Reaktion eingesetzt, was die Beladungsphase ausmacht. Die Produkte der Reaktion werden dann gespeichert: die ausgewählte chemische Reaktion soll nämlich reversible sein, damit die Entladung durch die entsprechende exothermische Rückreaktion erfolgt. Die Temperatur der Reaktion soll an die Verbrauchstemperatur angepasst sein.

- Entwicklungsstand und Entwicklungsbedarf – Wirtschaftlichkeit

Es gibt derzeit sehr wenige Anwendungen. Diese Energiespeicher sind komplexer als konventionelle sensible oder Latentwärmespeicher, und dazu sind die Speichermaterialkosten oft höher, was die Entwicklung von kommerziellen Anlagen behindert.

⁸⁵ Vgl.: Hauer: Thermal storage with zeolite for heating and cooling applications, ZAE Bayern, 2002

3.1.6.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte

Für Niedertemperaturanwendungen sind drei marktreife Technologien verfügbar:

- Flachkollektoren: Bei Systemkosten (Kollektoren, Montage, Aufständering) von € 170 - € 220 liefern derartige Kollektoren zwischen 250 – 450 kWh/m² Wärme für solare Brauchwassererwärmung, Heizungsunterstützung und Kühlung bzw. Zulufterwärmung
- Vakuumröhrenkollektoren: Dieser Kollektortyp ist geeignet für solare Wärmebereitstellung bis 90 (bzw. 110) °C und ist daher besonders für solare Kühlungssysteme interessant.
- Luftkollektoren: Sie benötigen große Leitungsquerschnitte und kurze Wege und finden deswegen bei Desiccant-Kühlungen ihre Anwendung.

Für die Verstromung solarer Energie stehen gegenwärtig verschiedene Photovoltaik-Module (mono- und multikristalline bzw. amorphe) zur Verfügung.

Die Integration der beschriebenen solaren Technologien in SUPOSS-Konzepte ist für folgende Anwendungen aussichtsreich:

Teilsolare Brauchwasserbereitung und Speicherung

Der Warmwasserbedarf bei Lebensmittelmärkten ist relativ gering und beschränkt sich auf die Aufgaben Fleischübernahme, Anlieferung, Sanitär- und Sozialeinrichtungen für das Personal und die Reinigung. Die Solltemperatur des Warmwassers für die Sozialräume beträgt 45°C. Wassertemperaturen von 85°C für den Fleischübernahmeraum bzw. von 60°C für Lager und Anlieferraum können ohne weiteres mit Flachkollektoren bereitgestellt werden. Die monatliche Wärmelast ist über das gesamte Jahr gesehen konstant, was für die solare Nutzung von Vorteil ist.

Die Tagesschwankungen im Brauchwasserbedarf können am leichtesten durch einen sensiblen Energiespeicher ausgeglichen werden, wobei dezentrale Speicher an den Entnahmestellen für eine rasche Versorgung von Brauchwasser zu empfehlen sind.

Teilsolare Raumheizung und Speicherung

Die derzeitige Raumheizung erfolgt über Deckenstrahlplatten mit sehr hohen Vorlauftemperaturen. Für einen günstigen Einsatz von teilsolarer Raumheizung sollte eine Niedertemperatur-Flächenheizung und ein niedriger spezifischen Heizwärmebedarf (<50 kWh/m²) angestrebt werden. Auch hier empfiehlt sich ein sensibler Energiespeicher für den Lastausgleich als einfachste Lösung.

Teilsolare Lüftung und sorptive Verfahren

Derzeit ist in vielen Lebensmittelmärkten keine mechanische Be- und Entlüftung vorgesehen, was sowohl aus energetischer, als auch aus lufthygienischer Sicht negative Auswirkungen hat. Auch die erforderlichen Raumlüftkühlungen mit – meist nachgerüsteten – UmluftSplitgeräten haben einen hohen Energieverbrauch und tragen zu einer Verschlechterung der Raumlüftqualität bei.

Es empfiehlt sich daher eine mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung zur Frischluftversorgung und zumindest teilweisen Raumkühlung in Lebensmittelmärkten vorzusehen.

Eine Ausführung dieser Lüftungsanlage mit Luftkollektoren oder einem Luftbrunnen zur Vorwärmung und Vorkühlung der Außenluft sollte bei der Planung bedacht werden.

Auch eine Konzeption der Lüftungsanlage als solargestütztes Desiccant Cooling System ist durchaus möglich. Dabei wird mit sorptiven Verfahren, ohne dem Einsatz einer aktiven Kältemaschine, eine Kühlung der Außenluft zur Raumlüftkühlung erbracht. Die Antriebsenergie kann dabei zu einem Großteil durch solarthermischen Kollektoren (Luftkollektoren, Flachkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren) bereitgestellt werden.

Solare Stromerzeugung

Eine netzgekoppelte Solarstromanlage kann einen Teil des Eigenbedarfs an Strom abdecken, wobei eine wirtschaftliche Betrachtung der Netzeinspeisetarife im Vergleich zu derzeitigen Energiepreisen zu erstellen ist.

3.1.7 Studie zur thermischer Biomassenutzung im SUPOSS-Kontext

Zur thermischen Nutzung fester Biomasse können prinzipiell drei Technologien eingesetzt werden:

- Biomasse-Verbrennung
- Biomasse-Vergasung
- Biomasse-Pyrolyse

In der vorliegenden Studie wurden der jeweilige Stand der Technik und die aktuellen F&E-Aktivitäten analysiert und daraus Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte gezogen.

3.1.7.1 Biomasse-Verbrennung

Stand der Technik

Die zur Biomasseverbrennung in Europa eingesetzten Technologien können grundsätzlich als ausgereift bezeichnet werden. Es sind erprobte Feuerungstechniken für eine breite Palette von biogenen Brennstoffen (Hackgut, Rinde, Altholz) sowie das gesamte Leistungsband von wenigen kW bis zu einigen 100 MW thermischer Leistung am Markt etabliert. Der Markt lässt sich in Abhängigkeit von der Anlagennennleistung in folgende Segmente unterteilen:

Kleinfeuerungsanlagen (Nennleistungen bis zu ca. 100 kWth), die zumeist mit Stückholz, Hackgut oder Pellets betrieben werden. Das Einsatzgebiet ist in der Regel die Raumwärmeerzeugung für einzelne Häuser, Wohnhausanlagen (Mikronetze) und öffentliche Gebäude.

Mittelgroße Feuerungsanlagen (Nennleistungen bis zu ca. 10 MWth), in denen üblicherweise neben Hackgut, Pellets und Rinde auch Altholz und Stroh als Brennstoff eingesetzt werden. Die Haupteinsatzgebiete liegen im Bereich der Prozesswärmeerzeugung in der Holzver- und -bearbeitenden Industrie, der Fernwärme sowie in dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen).

Großfeuerungsanlagen (Nennleistungen bis zu einigen 100 MWth) werden vor allem in Skandinavien betrieben. Im Leistungsbereich <100 MWth wurden aber auch in Österreich und Deutschland in den vergangenen Jahren zunehmend Projekte realisiert. Als Brennstoffe kommen sowohl Hackgut, Späne, Rinde, Altholz und Stroh als auch alternative Biomassebrennstoffe (Kerne, Reisschalen etc.) sowie unterschiedliche Mischungen dieser Brennstoffe zum Einsatz. Im Gegensatz zu den dezentralen KWK-Anlagen im mittelgroßen Anlagenbereich werden Großfeuerungsanlagen zumeist stromgeführt gefahren.

Als Verbrennungstechnologien werden in Kleinanlagen zumeist Retortenfeuerungen und Unterschubfeuerungen eingesetzt. Der mittlere Leistungsbereich lässt sich mit Rostfeuerungen und Unterschubfeuerungen sowie Einblasfeuerungen (für die Verbrennung staubförmiger Brennstoffe) abdecken. Im großen Leistungsbereich kommen sowohl Rostfeuerungen als auch Wirbelschichtfeuerungen (stationäre, zirkulierende und extern zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen) zum Einsatz. Allgemein gewährleisten moderne Biomassefeuerungen einen kontinuierlichen Anlagenbetrieb und hohe Anlagenverfügbarkeiten bei niedrigen gasförmigen Emissionen. Lediglich bezüglich aschebedingter Probleme ist noch F&E-Bedarf gegeben. Weitere Entwicklungsarbeiten beschäftigen sich vor allem mit Optimierungsmaßnahmen bezüglich anlagen- und regelungstechnischer Fragestellungen.

F&E Aktivitäten

F&E Aktivitäten auf dem Gebiet der Biomasseverbrennung sind derzeit in folgenden Bereichen zu orten:

- Einsatz von Computational Fluid Dynamics (CFD) zur computergestützten Simulation von Temperatur- und Strömungsverteilungen in Biomassefeuerungsanlagen (im gesamten Leistungsbereich) und Biomassekesseln (in mittelgroßen und großen Anlagen) zur optimierten Anlagenkonzeption.
- Entwicklung neuer Regelungsstrategien zur Prozessoptimierung:
In Kleinf Feuerungsanlagen: Verbesserungen der Regelungstechnik hinsichtlich eines kontinuierlichen und emissionsarmen Betriebs (oberste Prämisse: neue Module müssen wartungsarm und kostengünstig sein).
In mittelgroßen Feuerungsanlagen: Verbesserungen der Prozessregelungs- und -leittechnik zur besseren Ausregelung von Einflüssen durch schwankende Brennstoffqualitäten und stark variierende Lastanforderungen (z.B.: Fuzzy Logic).
- Forschung bezüglich aschenbedingter Problemstellungen:
In Kleinf Feuerungsanlagen: Reduktion von Feinstaubemissionen, Vermeidung von Verschlackungen im Feuerraum.
In mittelgroßen und großen Anlagen: Reduktion von Depositionsbildung im Feuerraum und im Kessel sowie der dadurch bedingten Korrosion. Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Mischung verschiedener Biomassebrennstoffe auf aschenbedingte Probleme.
- Forschung bezüglich neuer biogener Brennstoffe: Derzeit sind weiters europaweit Untersuchungen bezüglich des Einsatzes bislang noch nicht thermisch verwerteter Biomassen, wie zum Beispiel Gräsern und Ganzpflanzen, in Feuerungsanlagen im Gange. Hauptaugenmerk wird dabei neben logistischen und landwirtschaftlichen Aspekten vor allem auf das Verbrennungsverhalten dieser Brennstoffe, die mit ihren feuerungstechnischen Eigenschaften verbundenen Emissionen (speziell NO_x), sowie aschebedingte Probleme gelegt.
- Grundlagenforschung: Die Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Biomasseverbrennung konzentriert sich derzeit, neben Teilaspekten der bereits genannten a-

schebedingten Probleme, auf die detaillierte Untersuchung und Modellierung des Verbrennungsvorganges in einem Festbett. Dabei bilden Untersuchungen bezüglich des Freisetungsverhaltens von NO_x-Vorläuferverbindungen aus dem Brennstoff, bezüglich der Freisetzung von aschebildenden Komponenten und bezüglich des Abbrandverhaltens von Biomasseschüttungen die zentralen Themenstellungen. Auf Basis dieser Untersuchungen wird an neuen bzw. verbesserten Konzepten bezüglich Primärmaßnahmen zur Reduktion der NO_x-Emissionen von Biomassefeuerungen gearbeitet. Ein weiteres Ziel ist es, den Abbrand in Festbettfeuerungen besser modellieren zu können, um die Rostkonzeption und die Regelung zu optimieren.

3.1.7.2 Biomasse-Vergasung

Die technologische Entwicklung der Biomassevergasung ist im Allgemeinen noch nicht so weit fortgeschritten wie die der Biomasseverbrennung.

In Vergasern wird Biomasse durch Zugabe von Luft oder Wasserdampf unter Sauerstoffmangel in gasförmige brennbare Produkte, das so genannte Produktgas, umgesetzt. Dieses Produktgas kann in weiterer Folge unterschiedlich genutzt werden:

- Direkte Verbrennung in einem Ofen zur reinen Wärmeerzeugung.
- Gasreinigung, Gaskühlung und Nutzung des Gases in Gasmotoren, Gasturbinen und Brennstoffzellen. Der Gasreinigung kommt in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zu, da bei der Vergasung auch Teere (Kohlenwasserstoffverbindungen) und Aerosole entstehen, die bei unterschiedlichen Temperaturen aus der Gasphase ausfallen. Sowohl Gasmotoren als auch Gasturbinen stellen hohe Anforderungen an die Gasreinheit. Zu beachten ist, dass im Rahmen der Gasreinigung oft nasse Verfahren (Wäscher) eingesetzt werden, die entsprechende Abwassernachbehandlungen erforderlich machen und Abwasseremissionen erzeugen.
- Thermische Vergasung mit Gasaufbereitung zur Synthesegasproduktion mit dem Ziel der Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse (insbesondere von H₂). Diese Technologie befindet sich derzeit noch im Entwicklungsstadium.

Stand der Technik

Generell wird bei der Vergasung zwischen 3 technologischen Ansätzen unterschieden, der Festbettvergasung, der Wirbelschichtvergasung und der Flugstromvergasung.

Festbettvergaser werden zusätzlich, entsprechend der Stromführung von Biomasse und Vergasungsmedium, in Gegenstrom- und Gleichstromvergaser eingeteilt. Eine weitere Bauweise sind zweistufige Festbettvergaser. Bei den Wirbelschichtvergasern unterscheidet man zwischen stationären und zirkulierenden Wirbelschichtvergasern. Während Festbettver-

gaser für kleine Anlagenleistungen (bis ca. 10 MWth) geeignet sind, werden Wirbelschichtvergaser im großen Leistungsbereich eingesetzt.

Die verschiedenen Vergasungstechnologien stellen unterschiedliche Anforderungen an den Brennstoff, die bei der Brennstoffwahl bzw. der Konzeption der Brennstoffaufbereitung entsprechend berücksichtigt werden müssen (siehe nachfolgende Tabelle).

Vergasertyp	Gegenstrom	Gleichstrom	Wirbelschicht	Flugstrom
Brennstoff-Korngröße (mm)	20 - 100	5 - 100	10 - 100	1 – 10
Brennstoff-Wassergehalt (Gew.% d. FS)	<15 - 20	<50	<40	<15
Aschegehalt (Gew.% d. TS)	<5	<15	<20	<20
Morphologie	gleichmäßig	relativ gleichmäßig	gleichmäßig	gleichmäßig
Aschenschmelzpunkt (°C)	>1.250	>1.000	>1.000	>1.250

Tabelle 61: Anforderungen verschiedener Vergasungstechnologien an die Brennstoffqualität

Erläuterungen: FS ... Frischsubstanz; TS ... Trockensubstanz

In Tabelle 62 sind die wichtigsten technischen Daten bezüglich des Einsatzes unterschiedlicher Vergasungstechnologien sowie typische Betriebsparameter angeführt.

Vergasertyp	Gegenstrom	Gleichstrom	Wirbelschicht	Flugstrom
Leistungsbereich (MWth)	<10	<20	10 - 100	>50
Anlaufzeit (Stunden)	<0,5	<1	>5	>24
Qualitätsansprüche an den Brennstoff	hoch	mittel	mittel	mittel
Teerproduktion bei Vollast (g/Nm ³)	3 - 4	5 - 10	2 - 3	2 – 3
Lastwechselverhalten	schlecht	gut	mittel	mittel
Heißgaswirkungsgrad	85 – 90%	90 – 95%	85 – 95%	>90%
Kaltgaswirkungsgrad	65 – 75%	40 – 60%	65 – 75%	70 – 80%
Regelbarkeit	gut	sehr gut	mittel	mittel

Tabelle 62: Technische Daten und Betriebsparameter verschiedener Vergasertypen

Erläuterungen: Heißgaswirkungsgrad: Energieinhalt des heißen Produktgases / unterer Heizwert des Brennstoffs;
Kaltgaswirkungsgrad: Energieinhalt des kalten Produktgases / unterer Heizwert des Brennstoffs

Produktgasreinigung

Während für die Verbrennung des Produktgases normalerweise keine spezielle Reinigung notwendig ist, müssen für eine Anwendung in Gasmotoren, Gasturbinen oder Brennstoffzellen aufwendige Produktgasreinigungsschritte der Vergasung nachgeschaltet werden. Ziel der Produktgasreinigung sind primär die Senkung der Rohgasstaubbelastung und die Teerreduktion (vor oder nach der Entstaubung), sowie sekundär auch die Reduktion von Stickstoffverbindungen wie NH_3 und HCN im Produktgas.

Zur Entstaubung werden zumeist Heißzyklone, Keramikfilter oder Pre-Coat-Filteranlagen eingesetzt. Die Teerreduktion vor der Entstaubung erfolgt in Form von Crackprozessen oder mittels Adsorptionsverfahren, während für die Teerreduktion nach dem Entstauben verschiedene trockene und/oder nasse Prozesse zur Verfügung stehen. Bei den nassen Verfahren ist zu berücksichtigen, dass Wasser oder organische Lösungsmittel in den Produktgasstrom eingedüst werden. In modernen Verfahren wird versucht, das Waschwasser im Kreis zu führen und somit Abwasseremissionen weitestgehend zu vermeiden. Organische Lösungsmittel können in den Vergaser rückgeführt und dort verbrannt werden.

Allgemein muss angemerkt werden, dass sich die Produktgasreinigung sowie die Abwasseraufbereitung in Biomassevergäsern komplex und aufwendig gestaltet. Gasreinigungsverfahren für nachgeschaltete Brennstoffzellen sind noch aufwendiger und befinden sich derzeit im Grundlagenforschungsstadium.

Gasnutzung in Motoren und Turbinen

Bei der Gasnutzung in Motoren und Turbinen treten derzeit, neben Problemen mit nicht ausreichender Produktgasreinheit bzw. schwankender Produktgaszusammensetzung, vorwiegend Probleme mit CO - und C_xH_y -Emissionen (bei Gasmotoren) sowie NO_x -Emissionen (bei Turbinen) auf. Außerdem sind die Betriebserfahrungen nach wie vor als sehr gering einzustufen.

F&E-Aktivitäten

- Festbettvergaser

Die Technologie befindet sich derzeit noch im Entwicklungsstadium. Die Investitionskosten liegen rund 1,5 mal so hoch wie die einer Biomasse-KWK auf Dampfturbinenbasis (grobe Kostenkalkulation). Bezüglich der Wartungs- und Instandhaltungskosten sind derzeit keine detaillierteren Angaben möglich. Es ist zusätzlich mit erhöhtem Aufwand aufgrund der komplexen Anlagentechnik zu rechnen. Als Betriebsmittel werden in der Regel Luft sowie Mischungen aus Luft und Wasserdampf eingesetzt.

Der Vorteil der Festbettvergasung liegt sicherlich in den höheren erzielbaren elektrischen Anlagenwirkungsgraden zwischen 15% bis 30% (der zugeführten Brennstoffenergie), wobei die Gesamtwirkungsgrade mit bis zu 75% vergleichsweise niedrig liegen.

In der nachstehenden Tabelle sind beispielhaft einige Festbettvergaserprojekte angeführt. Zu den Anlagen muss angemerkt werden, dass einige der angeführten Vergaser zwar unter

bestimmten Betriebsbedingungen funktionieren, einem gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren allerdings nicht Stand halten könnten.

Ort	System und Hersteller	Leistung (MWel)
Hogild, Dk	Martezo, Gleichstromvergaser, mit Mercedes-Gasmotor	0,13
Harboore, Dk	Babcock & Wilcox, Volund, Gegenstrom, KWK; seit 2000 mit Produktgasreinigung und 2 Gasmotoren	1,50
Gazel, Be	Xylowatt sa, Gleichstrom, KWK,	0,15
Regal, Be	Xylowatt sa, Gleichstrom, KWK; verbessertes GA-ZEL-Modell	0,30
Viking gasifier, DTU, Dk	2-Stufen Vergaser; Eigenentwicklung der DTU für Langzeittests	0,017
Eckenförde, Domsland, D	Gleichstrom, AHT Technologie	0,18
Siebenlehn, D	Gleichstrom, Juch Technologie; PPS pipeline systems	3,00
Espenhain, D	Nasse Gasreinigung	1,00
Mora, E	Energia Natural de Mora	0,50
Grübl, A	Holzvergaser	0,05
Londonderry, Nordirland, UK	Gleichstrom	0,10
Blackwater Valley Museum, Nordirland	Gleichstrom	0,20
Spiez, SZ	Pyroforce Vergaser, Hochtemperaturvergasung	0,20
Bulle, SZ	Xylowatt, open-top Vergaser	0,20
Wiener Neustadt, A	Doppelfeuervergaser	0,580

Tabelle 63: Status von Projekten im Bereich der Festbettvergasung

Erläuterungen: es handelt sich bei den angeführten Anlagen jeweils um Pilot- oder Prototypanlagen

- Wirbelschichtvergaser

Wirbelschichtvergaser sind nur für größere Anlagenleistungen wirtschaftlich sinnvoll. Das Einsatzgebiet von Wirbelschichtvergasern liegt im Bereich von 10 MWth bis weit über 100 MWth. Die Investitionskosten sowie der Aufwand für Hilfsenergie, Zusatzaggregate und Prozesssteuerung ist deutlich höher als bei Festbettvergasern. Als Betriebsmittel werden üblicherweise Luft und Wasserdampf eingesetzt. Die Teergehalte des Produktgases liegen normalerweise höher als bei Gleichstrom-Festbettvergasern jedoch niedriger als bei Gegenstrom-Festbettvergasern. Gasturbinen werden ab Anlagengrößen >1 – 2 MWel wirtschaftlich interessant. Neben atmosphärischen Vergasern befinden sich derzeit auch druckaufgeladene Vergaser in Erprobung.

Die Stärken von Wirbelschichtvergasern liegen in den hohen erzielbaren Wirkungsgraden, dem hohen Heizwert des Produktgases und den vergleichsweise niedrigen Teerkonzentrationen im Produktgas. Wirbelschichtvergaser werden zumeist in Verbindung mit Biomassezuführung in Kohlekraftwerken oder in Form von IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) betrieben.

Ort	System und Hersteller	Leistung
Zeltweg, A	CFB, Verbrennung des Produktgases in Kohle-Staubfeuerung (derzeit außer Betrieb)	10 MWth
Lahti, Fi	CFB, Foster Wheeler, Verbrennung des Produktgases in Kohle-Staubfeuerung	60 MWth
Amer, NL	CFB, Lurgi, Verbrennung des Produktgases in Kohle-Staubfeuerung	80 MWth
Vermont, USA	CFB, Ferco Silvagas (Batelle), IGCC vorgesehen	60 MWth
Värnamo, S	Druckaufgeladene Wirbelschicht, mit Heißgasreinigung, IGCC (außer Betrieb)	7,0 MWel
Chianti, I	CFB, TPS Technologie, IGCC	6,7 MWel
Arbre, Yorkshire, UK	CFB, mit Teercracker, TPS Technologie, IGCC (außer Betrieb)	9,0 MWel
Güssing, A	intern zirkulierende Wirbelschicht, Gasmotor	3,0 MWel

Tabelle 64: Biomassevergasungsprojekte mit Wirbelschichtvergasern

Erläuterungen: CFB ... zirkulierende Wirbelschicht, IGCC ... Integrated Gasification Combined Cycle

- Flugstromvergaser

In Flugstromvergasern wird die Biomasse bei vergleichsweise hohen Temperaturen vergast. Sie eignen sich für Anlagenleistungen >20 MWth. Die Vorteile der Flugstromvergasung liegen in den sehr niedrigen Teergehalten des Produktgases sowie in den vergleichsweise hohen Heißgas- und Kaltgaswirkungsgraden. Als nachteilig sind die komplexe Anlagenregelung, die, durch die hohen Betriebstemperaturen, flüssigen Aschen, sowie die Voraussetzungen, die ein einsetzbarer Brennstoff erfüllen muss (Wassergehalt <15 Gew.% d. FS, Korngröße 1 bis 10 mm), anzusehen. Die hohen Vergasungstemperaturen erfordern außerdem den Einsatz von entsprechend hochtemperaturfesten Materialien.

Als Beispiel für die Flugstromvergasung ist die Versuchsanlage der Umwelt- und Energietechnik Freiberg GmbH (1 MWth), die nach dem Carbo-V-Verfahren arbeitet, anzuführen. Nähere Informationen können auf [8] nachgelesen werden.

Man muss die Technologie der Biomassevergasung als nach wie vor im Entwicklungsstadium befindlich ansehen. Es gibt derzeit noch keine kommerziell verfügbaren Anlagen, die für den nachgeschalteten Betrieb eines Gasmotors bzw. einer Gasturbine geeignet sind, wobei neben dem kontinuierlichen Vergaserbetrieb die Hauptprobleme bei der Produktgasreinigung, und damit verbunden, bei der Bereitstellung eines qualitativ entsprechenden Produktgases liegen. Des Weiteren muss erwähnt werden, dass auch die Entwicklung von speziell auf die Biomassevergasung abgestimmten Gasmotoren und Gasturbinen noch lange nicht abgeschlossen ist.

3.1.7.3 Biomasse-Pyrolyse

Verglichen mit der Verbrennung und Vergasung von Biomasse ist die Pyrolyse die jüngste thermische Biomassekonversionstechnologie. Sie wird seit ca. 20 Jahren wissenschaftlich untersucht und ist noch im Entwicklungsstadium angesiedelt. Unter Pyrolyse versteht man die thermische Umsetzung von Biomasse ohne Zugabe von Sauerstoff in feste (Holzkohle, Aschen), gasförmige und flüssige (Pyrolyseöl) Produkte.

Der Vorteil der Technologie ist darin zu sehen, dass das Endprodukt, nämlich das Pyrolyseöl, für die weitere thermische Verwertung gelagert, und mit vergleichsweise wenig Aufwand transportiert werden kann (auf Grund seiner im Vergleich zu konventionellen Biomasse-Brennstoffen deutlich höheren Energiedichte). Als Anwendungsbereiche für Pyrolyseöl gelten einerseits Verbrennungsprozesse (reine thermische Nutzung und KWK) aber andererseits auch die stoffliche Verwertung für die Herstellung von Chemikalien.

Ein Nachteil der Biomasse-Pyrolyse ist, dass der Brennstoff vor Einsatz in der Pyrolyseanlage entsprechend aufbereitet werden muss. Relevant sind dabei der Wassergehalt, der unter 10 Gew.% d. FS liegen muss, und die Korngröße der Biomasse, die bei ca. 2 mm liegen soll. Es ist somit eine entsprechende Biomasseaufbereitung (Trocknung, Mahlung) notwendig.

Einen sehr guten Überblick über laufende Aktivitäten auf dem Gebiet der Pyrolyse von Biomasse bietet die Homepage des PYNE-Network (www.pyne.co.uk) [9].

Stand der Technik

Bei der Pyrolyse von Biomasse treten das Pyrolyseöl als Hauptprodukt sowie Holzkohle und Synthesegase als Nebenprodukte auf. Der kritische Punkt der Technologie ist, dass das Biomassepartikel im Pyrolysereaktor sehr schnell auf eine moderate Temperatur (ca. 500°C) aufgeheizt werden muss, um die Umwandlung in gasförmige Produkte und Holzkohle gering zu halten. Aus diesem Grund eignen sich Wirbelschichtreaktoren und andere Reaktoren, die hohe Aufheizraten von Partikeln gewährleisten, besonders gut. Weiterentwicklungen der Reaktoren zielen darauf ab, die Wärmebereitstellung für den Pyrolyseprozess zu verbessern und die Abtrennung des Pyrolyseöls von der Holzkohle bzw. den Aschen weiter zu optimieren.

Pyrolyseöl

Pyrolyseöl ist eine zumeist dunkelbraune Flüssigkeit mit einer Dichte von ca. 1,2 kg/l. Die Viskosität kann in Abhängigkeit der zur Herstellung verwendeten Biomasse stark variieren. Der Wassergehalt beträgt üblicherweise zwischen 15 und 30%, und der Heizwert liegt, je nach Wassergehalt, zwischen 16 und 19 MJ/kg. Das entspricht ca. 40% des Heizwertes von Heizöl bzw. Dieseltreibstoff. Pyrolyseöl lässt sich nicht mit Kohlenwasserstoffen mischen. Ein derzeit noch bestehender Nachteil von Pyrolyseöl ist, dass es eine deutlich geringere Langzeitstabilität aufweist als fossile Flüssigbrennstoffe. Der wohl derzeit noch gravierendste Nachteil von Pyrolyseöl gegenüber fossilen Flüssigbrennstoffen sind die noch hohen Produktionskosten.

F&E-Aktivitäten

Auf Basis des derzeitigen Stands des Wissens auf dem Gebiet der Biomassepyrolyse kann gesagt werden, dass funktionsfähige Reaktortypen zur Herstellung von Pyrolyseöl bereits im Pilot-Betrieb sind. Die zukünftigen F&E-Arbeiten werden sich auf folgende Punkte konzentrieren:

- Weiterentwicklung der Pyrolysetechnologien insbesondere bezüglich der Stabilität der Betriebsweise und der Optimierung der Abscheidung des Pyrolyseöls von der Holzkohle bzw. Asche.
- Up-Scaling der bestehenden und Erfolg versprechenden Pyrolysetechnologien um einerseits mehr Öl für Versuchszwecke zur Verfügung stellen zu können und andererseits die Pyrolyseölproduktion kostengünstiger gestalten zu können.
- Entwicklung von Brennern für Pyrolyseöl.
- Verbesserung der Produktqualität (Pyrolyseölabtrennung bzw. Reinigung) durch die Erarbeitung von Normen und Richtlinien bezüglich der Produkteigenschaften.

- F&E bezüglich der Verbesserung der Sicherheit während Transport und Lagerung von Pyrolyseöl.

Biomassepyrolyse ist eine Technologie die, sofern das angestrebte Up-Scaling der Reaktoren erfolgreich verläuft, in Zukunft an Stellenwert gewinnen könnte. Derzeit ist die Zeit für eine großindustrielle Umsetzung allerdings noch nicht reif, da die dazu notwendigen technologischen Weiterentwicklungen und anlagentechnischen Umsetzungen fehlen.

3.1.7.4 Schlussfolgerungen für SUPOSS-Konzepte

Zur thermischen Nutzung fester Biomasse können prinzipiell drei Technologien eingesetzt werden:

Biomasse-Verbrennung

Sie ist eine marktreife Technologie für das gesamte Leistungsband von wenigen kW bis 100 MW thermischer Leistung. Es existieren erprobte Feuerungstechniken für eine breite Palette biogener Brennstoffe (Späne, Hackgut, Rinde, Pellets, Altholz). Moderne Biomassefeuerungen gewährleisten einen kontinuierlichen Anlagebetrieb mit hoher Anlageverfügbarkeit und niedrigen gasförmigen Emissionen. Die Forschung und Entwicklung in diesem Technologiefeld konzentriert sich auf die Lösung aschebedingter Probleme und Optimierungsmaßnahmen bzgl. anlagen- und regelungstechnischer Fragestellungen.

Biomasse-Vergasung

Bei dieser Technologie wird Biomasse durch Zugabe von Luft und Wasserdampf unter Sauerstoffmangel in Produktgas umgesetzt. Dieses Produktgas kann wiederum in einer Feuerung direkt zur Wärmeerzeugung genutzt bzw. nach erfolgter Reinigung und Kühlung in Gasturbinen, -motoren oder Brennstoffzellen genutzt werden bzw. zur Synthesegasproduktion und in weiterer Folge zur Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse weiter genutzt werden. Bei der Vergasung unterscheidet man zwischen Festbett- (bis 10 MW thermisch), Wirbelschicht- (über 10 MW thermisch) und Flugstromvergasung. Auf dem Weg zur Serienreife gilt es noch vielfältige Probleme im Bereich der Produktgasreinigung (Teerreduktion, Entstaubung) und den Emissionen zu lösen.

Biomasse-Pyrolyse

Die thermische Umsetzung von Biomasse ohne Zugabe von Sauerstoff in feste (Holzkohle und Asche), gasförmige und flüssige Produkte (Pyrolyseöl) wird seit ca. 20 Jahren wissenschaftlich untersucht. Der Vorteil in der Technologie liegt in der Lagerfähigkeit und Transportierbarkeit des Pyrolyseöls und der hohen Energiedichte. Wesentliche F&E-Aufgaben sind die Konstruktion und das Upscaling geeigneter Pyrolysereaktoren, die zum einen ein schnell-

les Aufheizen auf ca. 500°C und die Abtrennung des Pyrolyseöls von den übrigen Bestandteilen gewährleistet.

Conclusio

Aus der Analyse der einzelnen Technologien ergibt sich die Schlussfolgerung, dass in einem Zeitfenster der nächsten fünf Jahre einzig Verbrennungstechnologien für die Realisierung von nachhaltigen Energiesystemen für SUPOSS zur Verfügung stehen

3.1.8 Potenzielle Technologien für die Gestaltung von nachhaltigen Energiesystemen im Kontext von Supermärkten

Aus der Analyse der energetischen Rahmenbedingungen und der Analyse der technologischen Entwicklungen wurden für die unterschiedlichen Betriebstypen und deren Umfeldern folgende Technologien als interessant eingestuft.

Nutzenergie	Spar Supermarkt	Eurospar	Interspar
Gekoppelte Raum- (u. Prozess-) wärme und Stromerzeugung	Biomasse-KWK mit Stirlingmotor		
	Biomasse-KWK mit Linear- Dampfkolbenmotor		
„Plus“-Kälte und „Minus“-Kälte	Absorptionskältemaschinen auf Basis Ammoniak - Wasser		
	Kompressionskältemaschinen mit natürlichen Kältemitteln		
Raumkühlung	Desiccant-Anlagen	Geschlossene Adsorptionskühlung	
Raumwärme + Raumkühlung	Erdluftkollektoren Fassadenluftkollektoren Erdwärme-Wärmepumpen		
Stromerzeugung	Photovoltaik		

Tabelle 65: Für die Konzeptphase interessante Technologien

Auf Basis dieser Technologien wurden in der Konzeptphase eine Vielzahl von Konzepten entwickelt und für aussichtsreiche Konzepte eine technische und wirtschaftliche Grobevaluierung durchgeführt.

3.2 Ergebnisse der Konzeptgestaltung und der wirtschaftlichen Machbarkeit

Auf Basis der Recherchen zum Stand der Technik verschiedener Technologien, der Erkenntnisse aus den betrieblichen Energieanalysen der untersuchten Märkte und dem energetischen Umfeld wurde eine Reihe von Konzepten für unterschiedliche Marktgrößen entwickelt. Sie lassen sich grob in folgende Kategorien einteilen

- Biomasse basierte Konzepte
- Einfache solare Konzepte
- Kombinierte solare Konzepte
- Kombinierte Biomasse und solare Konzepte

Aussichtsreiche Konzepte für eine kurzfristige Umsetzung wurden einer detaillierten Analyse unterzogen und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit mit Vertretern von Spar diskutiert.

3.2.1 Biomasse basierte Konzepte

Eine erste Analyse des Wärme- und Kältebedarfes von unterschiedlichen Sparmärkten hatte folgende Ergebnisse:

Sparmärkte weisen einen geringen Wärmebedarf auf, der lediglich für Biomasse-KWK's mit Linearkolbengenerator geeignet sind. Eine zusätzliche Kältekopplung ist nicht realisierbar, da keine thermisch getriebenen Kältetechnologien für diese Leistungsbereiche zur Verfügung stehen. Eine reine Wärmeversorgung mittels Biomasseheizung ist ebenfalls eine mögliche Alternative. Die Realisierung von Wärmenetzen in Zusammenhang mit Biomasseheizungen zur Versorgung der Umgebung sind ebenfalls denkbar, hängen aber sehr vom spezifischen Umfeld ab.

Bei Intersparmärkten und Eurosparmärkten erscheint der Einsatz einer Biomasse-KWK bzw. einer Biomasse-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung auf Basis eines Stirlingmotors möglich und auf Grund der Technologie auch die Realisierung eines Nahwärmenetzes. Ebenfalls möglich ist ein Einsatz der Linearkolbentechnologie für die interne Raumwärmeversorgung und gekoppelte Stromerzeugung. Eine reine Wärmeversorgung mittels Biomasseheizung ist ebenfalls eine mögliche Alternative. Die Realisierung von Wärmenetzen in Zusammenhang mit Biomasseheizungen zur Versorgung der Umgebung sind ebenfalls denkbar, hängen aber sehr vom spezifischen Umfeld ab.

Methodisches Vorgehen

Bei der Betrachtung der einzelnen Varianten wurde folgendermaßen vorgegangen:

Zunächst wurde anhand der Basisdaten aus der energetischen Analyse der untersuchten Märkte (Leistungen, Wärmebedarf, Kältebedarf, Vorlauf-/ Rücklauftemperaturen, usw.) sowie zusätzlichen Informationen wie z.B. dem COP Wert (Coefficient Of Performance) der Absorptionskälteanlage (AK-Anlage), mit dem es möglich ist, den Kältebedarf in Abhängigkeit von der Austreib- und der Rückkühltemperatur in einen äquivalenten Wärmebedarf umzurechnen, die Jahresdauerlinien für den Gesamtwärmebedarf mittels der Sochinsky-Funktion berechnet. Mit Hilfe dieser errechneten Jahresdauerlinie wurde eine KWK-Anlagenkonfigurationen gewählt, die eine hohe Abdeckung des Wärmebedarfes durch Biomasse, sowie eine möglichst hohe Volllaststundenanzahl ermöglicht.

Im Anschluss daran wurde die Energiemenge ermittelt, die sich aus der Jahresdauerlinie in Kombination mit der gewählten Anlagenkonfiguration theoretisch ergibt, und um die Verluste, die sich aufgrund der erforderlichen Stillstände zum Reinigen der Wärmetauscherflächen des Stirlingmotors sowie durch etwaigen Teillastbetrieb ergeben, korrigiert.

3.2.1.1 Biomasse basierte Konzepte für Interspar-Märkte

Die Grundkonzeption für die betrachteten KWK-Anlagenvarianten war folgendermaßen:

- Biomassefeuerung mit Stirling-KWK-Modul im Container
- Brennstofflagerung im Container
- Nutzung der bestehenden energetischen Infrastruktur (Gaskessel) als Back-Up bzw. Spitzenlastkessel

Es wurden 8 technische Varianten einer genaueren wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen:

1. Reine Wärmeversorgung des Intersparmarktes sowie Stromerzeugung mit einem 35 kW_{el} Stirlingmotor
2. Wärme und Kälteversorgung des Intersparmarktes sowie Stromerzeugung mit einem 70 kW_{el} Stirlingmotor.
3. Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raumwärmeabnehmern sowie Stromerzeugung mit einem 35 kW_{el} Stirlingmotor.
4. Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raumwärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70 kW_{el} Stirlingmotor.
5. Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raum- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 35 kW_{el} Stirlingmotor.
6. Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raum- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70 kW_{el} Stirlingmotor.
7. Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raum- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70°kW_{el} Stirlingmotor – inklusive berücksichtigtem Optimierungspotential.
8. Reine Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raum- und Prozesswärmeabnehmer

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Allgemeines

Bei allen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde davon ausgegangen, dass ein bestehendes, mit fossilen Energieträgern betriebenes, System auf Biomasse umgerüstet wird, und die bestehenden Anlagenteile (2 x 575 kW Brennwertkessel) zur Spitzenlastabdeckung oder als Standbygeräte herangezogen werden können. Es wurden bei allen Varianten jene Mehrinvestitionskosten, die für eine zusätzliche Spitzenlastabdeckung erforderlich sind berücksichtigt. Laufende Kosten und Erlöse durch die fossile Energiebereitstellung wurden in keiner der 8 Varianten berücksichtigt.

Alle wirtschaftlich betrachteten Varianten basieren auf folgender Anlagenkonzeption:

Biomassefeuerung mit Stirling-KWK-Modul im Container

Brennstofflagerung im Container

Die durchgeführten Berechnungen gelten für einen Betrachtungszeitraum von 13 Jahren ab Inbetriebnahme der Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage, da die laut derzeit gültiger Verordnung definierten Stromeinspeisetarife nur über einen Zeitraum von 13 Jahren ab Inbetriebnahme der KWK-Anlage gültig sind. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Verordnung nur noch für Anlagen heranzuziehen ist, die im Jahr 2004 genehmigt worden sind. Bezüglich der Nachfolgeregelungen (Novelle des Ökostromgesetzes) gibt es derzeit noch keine endgültige Entscheidung.

- Investitionskosten

Zur Investitionskostenabschätzung wurden die Kosten von Biomasse-KWK-Anlagen mit vergleichbarer elektrischer Nennleistung herangezogen. Die angesetzten Kosten sind in den jeweiligen Tabellen der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI ersichtlich.

Bei den Baukosten wurden das beschriebene Konzept (Containeraufstellung) inkl. Aufschließungskosten und Kosten für Außenanlagen berücksichtigt.

Für die Fernwärmenetze in den Varianten 3 bis 8 wurden folgende Annahmen getroffen:

1,35 m Fernwärmetrasse pro kW an maximaler erforderlicher Wärmeleistung ab Heizwerk,

300 € pro m Fernwärmetrasse

Bei der Maschinenteknik wurden keine Kosten für externe Anbindungen berücksichtigt, da diese sehr stark von den Standortbedingungen abhängen.

Als Investitionskosten für die Absorptionskälteanlage ist der Mittelwert aus zwei telefonischen Richtpreisen (400.000 € und 500.000 €) angesetzt worden, wobei lt. Auskunft der Hersteller keine realistischen Möglichkeiten zur Kostenreduktion bestehen.

Kosten für Grundstücke wurden nicht berücksichtigt.

- Finanzierung

Es wurden folgende Ansätze getroffen, die für alle Varianten Gültigkeit haben:

Fremdkapital und Eigenkapitalverzinsung = 5%

Keine Berücksichtigung der Inflation

Eigenkapitalanteil = 10 %

Steuersatz = 25 %

Kreditlaufzeit = 10 Jahre

Fördermittel der KKPC bei externe Wärmemitversorgung (Variante 3-8)

Die Förderhöhe wurde entsprechend den Förderrichtlinien der Kommunalkredit Public Consulting GmbH (KKPC) errechnet, die vorsehen, dass nur die zur reinen Nutzwärmebereitstellung benötigten Anlagenteile (wärmerelevante Investitionskosten) gefördert werden können.

Diese förderbaren Investitionskosten werden derart ermittelt, dass von den gesamten Investitionskosten in einem ersten Rechenschritt alle nicht umweltrelevanten Kosten (für das Grundstück sowie dessen Aufschließung, etwaige Spitzenlastkesselanlagen und Fahrzeuge sowie sonstige Kosten wie z.B. Unvorhergesehenes) abgezogen werden.

Von diesem Betrag sind in weiterer Folge noch alle stromrelevanten Investitionskosten abzuziehen. Diese werden nach einem Schlüsselfaktor der KKPC, der sich an der elektrischen Nennleistung des KWK-Moduls orientiert, berechnet.

Bezogen auf die förderbaren Investitionskosten beträgt die maximale Förderquote 30%.

Diese Förderquote von 30% der gesamten umweltrelevanten Investitionskosten wird von der KKPC allerdings nur gewährt, wenn die gesamte zur Verfügung stehende thermische Energie genutzt wird. Wird weniger Wärme genutzt, erfolgt eine proportionale Kürzung des Fördersatzes entsprechend der gekühlten Wärmemenge (bezogen auf die vorhandene Nutzwärme). Die Förderung fällt jedoch völlig weg, wenn mehr als 70% der verfügbaren nutzba- ren Wärme gekühlt werden.

- Instandhaltungskosten und Nutzungsdauer

Die Instandhaltungskosten und die Nutzungsdauer wurden entsprechend VDI 2067 angesetzt und sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

	Nutzungsdauer VDI 2067 [Jahre]	lt. Nutzungsdauer AFA [Jahre]	Instandhaltung laut VDI
Heizhaus	50	50	1%
Lager	50	50	1%
Außenanlage	50	50	1%
Aufschließungskosten	50	50	1%
Fernwärmenetz	45	30	1%
Feuerung und Kessel	20	15	3%
Rauchgasreinigung	20	15	2%
Aschebehälter und -förderung	20	15	3%
Wärmerückgewinnung	20	15	2%
Brennstoffbeschickung	20	15	3%
Krananlage	20	15	2%
E-Installation	20	15	2%
H-Installation	20	15	2%
Stahlbau	20	15	1%
Zus. Spitzenlastabdeckung	20	15	1%
KWK-Modul	15	15	2%
Planung Bautechnik	50	30	%
Planung Maschinenbau & Netz	25	20	%
Planung KWK	15	15	%
Sonstiges	20	15	2%

Tabelle 66: Instandhaltungskosten

- Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten

Brennstoffkosten:

Als Brennstoff wurde Waldhackgut mit einem Wassergehalt von 45%, einem Schüttgewicht von 175 kg TS / Srm FS und einem Preis von 14 €/Srm für die Varianten 1-6 angesetzt. Dieser Wert liegt eher im unteren Bereich des Preisbandes und kann, je nach Marktsituation, auch auf über 16 €/Srm ansteigen. Für die Varianten 7 und 8 wurde Industriehackgut mit einem Wassergehalt von 45%, einem Schüttgewicht von 170 kg TS / Srm FS und einem Preis von 10 €/Srm angesetzt.

Personalkosten:

Bezüglich der Personalkosten wurden für den Betrieb der Biomasse-KWK-Anlage 500 h/a mit einem Stundensatz von 25 €/h angenommen. Kosten für eine Geschäftsführung wurden nicht berücksichtigt. Diese Annahmen sind für die Varianten 1-7 gültig.

Bei Variante 8 wurden 300 h/a für die Betreuung der Wärmeversorgungsanlage angenommen.

Kosten für die elektrische Hilfsenergie:

Für den elektrischen Eigenbedarf der KWK-Anlage wurde für alle Varianten ein Strombedarf von 20 kWh pro erzeugter MWh Energie (thermisch und elektrisch) mit einem Strompreis von 0,0905 €/kWh (Quelle: Aufzeichnungen der Stromausgaben der analysierten Intersparfiliale aus dem Jahr 2003) herangezogen.

Sachaufwand:

Der Sachaufwand beinhaltet die jährlichen Kosten für Versicherungen, Verbrauchsmittel, Kanalgebühr, Buchhaltung, Kaminkehrer, Porto, Telefon, Rechtskosten und ähnliches und wurde für alle Varianten mit jährlichen Kosten in der Höhe von 0,7% der Investitionen angesetzt.

Betriebsmittel für das KWK-Modul:

Für die benötigten Betriebsmittel des Stirlingmotors wurden für alle Varianten 0,3% der Investitionssumme des KWK-Moduls für 8.760 Betriebsstunden pro Jahr angesetzt. Die dafür tatsächlich jährlich aufzuwendenden Kosten vermindern sich durch den zeitweisen Teillastbetrieb des KWK-Moduls.

Zusätzliche Betriebskosten

Es wurde bei sämtlichen Varianten die Ascheentsorgungskosten berücksichtigt.

- Einnahmen

Wärmepreis: Bei Variante 1 (nur Wärmeversorgung) wurden 38 €/MWh ab Heizwerk angesetzt, was den derzeitigen abgeschätzten Energiegestehungskosten durch den Einsatz von Erdgas (angenommener Jahresnutzungsgrad der Feuerung von 80%) entspricht. Dieser Wert setzt sich aus den Kosten für den Primärenergieträger sowie einem Zuschlag von 15% für die weiteren Kosten, die durch den Betrieb der Kesselanlage anfallen (wie kapitalgebundene Kosten, Instandhaltungskosten, Sachaufwand usw.), zusammen.

Bei Variante 3 und 4 wurden zusätzlich zu den 38 €/MWh ab Heizwerk, 10 €/MWh für die Netzkosten berücksichtigt. Die 10 €/MWh berechnen sich aus den kapitalgebundene und den Instandhaltungskosten des Netzes dividiert durch die zu versorgende Gesamtwärme menge (Biomasse + konventionell bereitgestellt).

Bei Variante 5 bis 8 wurden zusätzlich zu den 38 €/MWhth ab Heizwerk, 5 €/MWhth für die Netzkosten berücksichtigt. Die 5 €/MWhth berechnen sich aus den kapitalgebundene und den Instandhaltungskosten des Netzes dividiert durch die zu versorgende Gesamtwärme-menge (Biomasse + konventionell bereitgestellt).

- Stromeinspeisetarif

Der Tarif für die Einspeisung der elektrischen Energie für die projektierte Anlage wurde gemäß der mit 1. Jänner 2003 in Kraft getretenen Ökostromverordnung (BGBl. Nr. 508/2002) festgelegt. Demnach gilt österreichweit für Ökostromanlagen mit einer Engpassleistung von maximal 5 MWel bei Verfeuerung von Holzabfällen wie Rinde oder Sägespäne ein Einspei-setarif von 128 €/MWhel. Bei Verstromung von fester Biomasse, die nicht als Holzabfall anzusehen ist (z.B. Waldhackgut), beträgt der Einspeisetarif für den angegebenen Lei-stungsbereich 160 €/MWhel. Diese Tarife können aber nur noch für Anlagen lukriert werden, für die bis Ende des Jahres 2004 die Genehmigungsbescheide vorliegen und vor 30.6.2006 Strom ans Netz liefern. Da es derzeit noch keine endgültige Entscheidung bezüglich der Ökostromnovelle gibt wurden für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen die Einspeisetarife der derzeitigen Verordnung als Grundlage herangezogen. Aus diesem Grund wurde für die Varianten 1-6 in denen Waldhackgut als Brennstoff zum Einsatz kommt, ein Einspeisetarif von 160 €/MWhel angesetzt. Für die Varianten 7 und 8 wurde aufgrund des Einsatzes von Industriehackgut ein Einspeisetarif von 128 €/MWhel herangezogen.

- Sensitivitätsanalysen

Für den Wärmepreis wurde aufgrund des relativ geringen Gaspreises von 26,3 €/MWh und der daraus resultierenden geringen Wärmegestehungskosten (diese wurden als Wärmepreis für die Biomasse angesetzt) eine Sensitivitätsanalyse nur in Richtung steigenden Wärme-preises durchgeführt. Auch in Hinblick auf die im Vergleich zu 2003 allgemein gestiegenen Kosten für fossile Energieträger, die voraussichtlich auch weiterhin steigen werden, wurde diese Vorgangsweise gewählt.

Der Brennstoffpreis wurde in Bezug auf die Basisvariante sowohl in positiver als auch in negativer Richtung verändert um zu zeigen wie stark sich der Brennstoffpreis auf die Wirt-schaftlichkeit der einzelnen Varianten auswirkt. Ein Sinken des Brennstoffpreises ist jedoch in naher Zukunft aufgrund der vielen Biomassekraftwerke im Leistungsbereich von <5MWel, die sich derzeit in Österreich in der Errichtungsphase befinden, eher unwahrscheinlich.

Aufgrund der stark standortabhängigen Situation hinsichtlich externer Wärmeabnehmer wurde bei den Varianten mit externer Wärmeversorgung eine entsprechende Sensitivitäts-analyse durchgeführt um den Einfluss von niedrigeren oder höheren Investitionskosten bei der Errichtung des Fernwärmenetzes zu berücksichtigen. Bei diesen Sensitivitätsanalysen wurden auch die entsprechend veränderten Fördersummen und Netzkosten mit berücksich-tigt.

Da sich die Stirling-KWK-Technologie derzeit noch in der Demonstrationsphase bzw. Einführungsphase befindet, ist eine Kostenreduktion für das KWK-Modul bei Serienfertigung durchaus möglich. Da diese Entwicklung jedoch derzeit sehr schwer abschätzbar ist, wurde der Einfluss verringerter Investitionskosten beim KWK-Modul in Form von Sensitivitäten dargestellt. Diese Sensitivität wurde jedoch nur bei Variante 7, in der die Optimierungspotentiale berücksichtigt wurden, durchgeführt.

Bei Variante 7 wurde zusätzlich, unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Einspeisetarifes, dargestellt inwieweit sich die Wirtschaftlichkeit der Anlage verändert wenn anstatt Waldhackgut günstigeres Industriebhackgut als Brennstoff eingesetzt wird.

Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse

- Allgemeine Zusammenfassung

In den nachfolgenden Tabellen sind die einzelnen betrachteten Varianten tabellarisch gegenübergestellt. Neben diversen Energiebilanzen sind in diesen Tabellen die Anlagenkonzeptionen, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie die Ergebnisse der dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und der statischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI zusammengefasst.

Die detaillierten Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie die zugrunde gelegten Jahresdauerlinien für diese Variante sowie für sämtliche anderen Varianten sind im Anhang zusammengefasst.

Als erster Ansatz wurde untersucht, ob der Einsatz einer Kraft-Wärme-Kopplung wirtschaftlich prinzipiell möglich ist.

Die Aufzeichnungen des Erdgasverbrauchs aller untersuchten Sparmarkt-Typen (Spar-, Eurospar- und Intersparmarkt) zeigen jedoch, dass durch den geringen Wärmebedarf (3 bis 4 Monate im Jahr wird keine Wärme zur Raumheizung benötigt), bzw. aufgrund der geringen Wärmeleistungen, eine Biomasse-KWK nicht möglich bzw. sinnvoll ist.

Eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde für den Intersparmarkt IM88 in Variante 1 durchgeführt. Wie man aus den Übersichtstabellen erkennen kann, werden zwar $\frac{3}{4}$ des gesamten Wärmebedarfes im Intersparmarkt durch Biomasse abgedeckt, jedoch ist es unter anderem aufgrund der extrem niedrigen Volllaststunden kleiner 2.000 h nicht möglich ein positives Ergebnis zu erzielen. Die Cash-flow-Linie (siehe Anhang) verläuft nahezu horizontal bzw. sinkt innerhalb von 13 Jahren von rund -0,5 auf rund -0,6 Mio €.

Wärmebedarf (ab Heizwerk)	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Wärmebedarf Interspar [kWh/a]	622.604	100%	-	-	622.604	13%	622.604	13%
Wärmebedarf extern [kWh/a]	-	0%	-	-	4.328.703	87%	4.328.703	87%
Gesamtwärmebedarf [kWh/a]	622.604	100%	-	-	4.951.307	100%	4.951.307	100%

Anlagenkozeption	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Betriebsstunden der Anlage [h]	3.660		-	-	8.200		8.200	
Volllaststunden Wärmeversorgung [h]	1.942		-	-	7.328		6.108	
Volllaststunden KWK-Modul [h]	1.845		-	-	6.961		5.802	
KWK-Technologie	Stirling		-	-	Stirling		Stirling	
Betriebsweise	wärmegeführt		-	-	wärmegeführt		wärmegeführt	
Brennstoff	WHG		-	-	WHG		WHG	
max. el. Leistung [kW]	35		-	-	35		70	
max. Wärmeauskopplung [kW]	250		-	-	250		500	

Energiebilanz	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Genutzte thermische Energie [kWh/a]	485.572	76%	-	-	1.831.949	76%	3.053.887	76%
Elektrische Energie [kWh/a]	64.581	10%	-	-	243.649	10%	406.167	10%
Konversionsverluste [kWh/a]	89.560	14%	-	-	337.888	14%	563.265	14%
Brennstoffwärme [kWh/a]	639.712	100%	-	-	2.413.486	100%	4.023.319	100%

Wärmebereitstellung	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
durch Biomasse abgedeckt [kWh/a]	485.572	78%	-	-	1.831.949	37%	3.053.887	62%
konventionell abgedeckt [kWh/a]	137.032	22%	-	-	3.119.358	63%	1.897.420	38%
Gesamt [kWh/a]	622.604	100%	-	-	4.951.307	100%	4.951.307	100%

Wirtschaftliche Daten	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Investitionskosten [€]	505.080		-	-	1.449.195		1.637.085	
Förderung [€]	n.B.		-	-	323.210		344.694	
Wärmepreis [€/MWh]	38,0		-	-	48,0		48,0	
Stromeinspeisetarif [€/MWh]	160,0		-	-	160,0		160,0	
Biomassepreis [€/Srm]	14,0		-	-	14,0		14,0	

Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
Energiegestehungskosten ohne Förderung [€/MWh _{verk}]	140,0		-	-	88,1		67,9	
Energiegestehungskosten inkl. Förderung [€/MWh _{verk}]	n.B.		-	-	77,5		61,2	
Verkaufserlöse [€/MWh _{verk}]	52,3		-	-	61,2		61,2	

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
CDCF nach 13 Jahren gerundet inkl. Förderung [€]	-580.000		-	-	-723.000		-448.000	

Tabelle 67: Gegenüberstellung der Varianten 1 bis 4

Erläuterungen: für Variante 2 (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) sind auf Grund der technisch nicht möglichen Realisierbarkeit keinen Daten dargestellt

Wärmebedarf (ab Heizwerk)	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
Wärmebedarf Interspar [kWh/a]	622.604	13%	622.604	13%	622.604	13%	622.604	13%
Wärmebedarf extern [kWh/a]	4.161.660	87%	4.161.660	87%	4.161.660	87%	4.161.660	87%
Gesamtwärmebedarf [kWh/a]	4.784.264	100%	4.784.264	100%	4.784.264	100%	4.784.264	100%

Anlagenkozeption	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
Betriebsstunden der Anlage [h]	8.200		8.200		8.200		8.200	
Volllaststunden Wärmeversorgung [h]	7.662		6.815		7.278		6.078	
Volllaststunden KWK-Modul [h]	7.279		6.474		6.778		-	
KWK-Technologie	Stirling		Stirling		Stirling		reine Wärmeversorgung	
Betriebsweise	wärmegeführt		wärmegeführt		wärmegeführt		wärmegeführt	
Brennstoff	WHG		WHG		IHG		IHG	
max. el. Leistung [kW]	35		70		35		-	
max. Wärmeauskopplung [kW]	250		500		500		700	

Energiebilanz Biomasse Anlage	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
Nutzbare thermische Energie [kWh/a]	1.915.439	76%	3.407.414	76%	3.638.905	76%	4.254.742	86%
erzeugte elektrische Energie [kWh/a]	254.753	10%	453.186	10%	474.450	10%	-	0%
Konversionsverluste [kWh/a]	353.287	14%	628.470	14%	669.616	14%	692.632	14%
Brennstoffwärme [kWh/a]	2.523.480	100%	4.489.070	100%	4.782.971	100%	4.947.374	100%

Wärmebereitstellung	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
durch Biomasse [kWh/a]	1.915.439	40%	3.407.414	71%	3.638.905	76%	4.254.742	89%
konventionell [kWh/a]	2.868.825	60%	1.376.850	29%	1.145.359	24%	529.522	11%
Gesamt [kWh/a]	4.784.264	100%	4.784.264	100%	4.784.264	100%	4.784.264	100%

Wirtschaftliche Daten	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
Investitionskosten [€]	997.478		1.185.368		1.185.368		1.015.868	
Förderung [€]	206.780		213.678		213.678		281.660	
Wärmepreis [€/MWh]	43,0		43,0		43,0		43,0	
Stromeinspeisetarif [€/MWh]	160,0		160,0		128,0		128,0	
Biomassepreis [€/Srm]	14,0		14,0		10,0		10,0	

Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
Energiegestehungskosten ohne Förderung [€/MWh _{verk}]	69,8		54,5		47,2		40,1	
Energiegestehungskosten inkl. Förderung [€/MWh _{verk}]	63,2		50,5		43,5		35,7	
Verkaufserlöse [€/MWh _{verk}]	56,7		56,7		52,8		43,0	

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Variante 5		Variante 6		Variante 7		Variante 8	
CDCF nach 13 Jahren gerundet inkl. Förderung [€]	-399.000		-111.000		-18.000		-23.000	

Tabelle 68: Gegenüberstellung der Varianten 5 bis 8

In weiterer Folge wurde überlegt durch eine zusätzliche Abdeckung des Kältebedarfs die Auslastung einer Biomassefeuerungsanlage zu verbessern, und so in den erforderlichen Leistungsbereich am Markt verfügbarer Stirling-KWK-Module zu gelangen.

In den Interspar-Märkten werden bei der Kälteversorgung derzeit grundsätzlich 2 Vorlauf-temperaturniveaus von -15°C (Plus-Kühlmöbel) und -40°C (Minus-Kühlmöbel) mittels Kompressionskältemaschinen bereitgestellt. Die einzige Alternative sind, wegen dieser niedrigen Temperaturen, Absorptionskältemaschinen auf Ammoniakbasis, wobei die für den Austreiber erforderlichen minimalen Heizmitteltemperaturen sehr hoch sind. Zum Beispiel beträgt die minimale Heizmitteltemperatur, bei einer Kühlwassertemperatur von ca. 25°C und einer Verdampfungstemperatur von -40°C, etwa 160°C.

Um beide erforderlichen Temperaturniveaus (-15°C und -40°C) mit einer Anlage bereitstellen zu können, muss die Kältemaschine auf der Absorberseite 2-stufig ausgeführt werden.

Weiters ist es erforderlich, die Absorptionskälteanlage und eine Kompressionskälteanlage parallel zu schalten, um auch während der Stillstandszeiten der Biomassefeuerungsanlage (z.B. aufgrund von Revisionen oder der begrenzten Teillastfähigkeit) Kälte bereitstellen zu können.

Dies ist aber nur möglich, wenn die Absorptionskälteanlage über Kaskadenwärmetauscher in das bestehende System eingebunden wird. Um jedoch im bestehenden System eine Temperatur von -15°C bzw. -40°C zu erzielen, muss aufgrund der erforderlichen Spreizung des Kaskadenwärmetauschers in der Absorptionskälteanlage die Verdampfungstemperatur auf -20°C bzw. -45°C gesenkt werden. Dies wiederum erhöht die erforderliche minimale Heizmitteltemperatur von 160°C auf rund 175°C . Das würde bedeuten, dass man für den Betrieb der AK-Anlage Vorlauftemperaturen von rund 200°C bereitstellen müsste.

Diese hohen Temperaturen können jedoch mit einer Biomasse-KWK-Anlage auf Stirlingbasis technisch nicht realisiert werden, weshalb die Variante 2 auch keiner weiteren wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen wurde.

Doch selbst bei technischer Machbarkeit wäre die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlagenkonfiguration aufgrund der hohen Kosten der Absorptionskälteanlage kaum gegeben. Lt. telefonischer Auskünften der Firma Mattes und der Firma Colibri (diese sind lt. Recherche von BIOS die einzigen Hersteller von AK-Anlagen auf Ammoniakbasis) beträgt der Preis eine AK-Anlage mit einer Kälteleistung von ca. 200 kW (wie sie z.B. auch für einen Intersparmarkt erforderlich wäre, inklusive Rückkühlanlagen) mindestens ca. 450.000 €. Kleinere Anlagen sind lt. Aussage der beiden Firmen prinzipiell technisch machbar, wären aber aufgrund hoher Offsetkosten annähernd gleich teuer wie die 200 kW Anlage. Zum Vergleich betragen die Investitionskosten für Variante 1 (Wärmeversorgung des Intersparmarktes Stromerzeugung mit einem 35 kW Stirlingmodul) rund 505.000 €.

Aus diesem Grund wurde geprüft ob durch eine Vergrößerung der Wärmeabnahme durch zusätzliche externe Wärmeabnehmer ein wirtschaftlicher Betrieb einer Biomasse-KWK-Anlage für einen Intersparmarkt möglich ist.

Dazu wurde sowohl der Fall einer reinen Wärmeversorgung von Privathäusern oder Geschäftslokalen (stark außentemperaturabhängiger Wärmebedarf) als auch der Fall einer kombinierten Abnahme von Privathäusern und Prozesswärmeabnehmern (annähernd konstanter Wärmebedarf über das ganze Jahr) betrachtet.

Für die Varianten 3 und 4 wurde als externe Abnehmer ein typisches Fernwärmenetz, mit hoher Spitzenleistung im Winter und sehr niedrigem Wärmeabsatz im Sommer, angesetzt.

Der Gesamtwärmebedarf wurde im Vergleich zu Variante 1 von 0,6 GWh/a auf rund 5 GWh/a wesentlich erhöht.

Für die restlichen Varianten 5 bis 8 wurden als externe Wärmeabnehmer teilweise Prozesswärmeabnehmer berücksichtigt. Dadurch kann bei diesen Varianten bei ähnlicher Gesamtwärmeabnahme aufgrund der geringeren erforderlichen Anschlussleistungen die Netzgröße deutlich reduziert werden, was sich deutlich in den wirtschaftlichen Ergebnissen widerspiegelt. So können bei den Variante 5 und 6 trotz halber zusätzlicher Wärmeleistung ab Kesselhaus (Variante 3 und 4 → 1.900 kW; Variante 5 und 6 → 950 kW) bei gleichzeitig höherer Wärmeabdeckung durch Biomasse bessere wirtschaftliche Ergebnisse erreicht werden als bei den Varianten 3 und 4.

Insbesondere Variante 3 bringt nach 13 Jahren aufgrund der sehr hohen zusätzlichen Fernwärmenetzerrichtungskosten und trotz im Vergleich zu Variante 1 fast 4-fachem Wärmeabsatz ein schlechteres wirtschaftliches Ergebnis als die Variante, in der nur der Intersparmarkt mit Wärme versorgt wird.

Generell zeigt sich, dass bei einer entsprechenden Netzgröße die Wirtschaftlichkeit der 70 kWel Anlagen besser ist als die der 35 kWel Anlagen. Außerdem kann mit der größeren Anlage wesentlich mehr Wärme durch Biomasse abgedeckt werden. So können z.B. bei Variante 5 und einem 35 kW Stirlingmotor rund 40% und bei Variante 6 mit dem 70 kW Stirlingmotor rund 71% des Wärmebedarfes durch Biomasse bereitgestellt werden. Die restlichen 60% bzw. 29% müssten weiterhin konventionell mit Öl- oder Gaskessel versorgt werden. Die zusätzlichen Wärmemengen, die ins Netz geschickt werden können, kompensieren bei weitem die höheren Investitionskosten, die sich durch die größere Anlage ergeben. Ein Grund dafür ist, dass die spezifischen Investitionskosten von größeren Anlagen niedriger sind als jene von Kleinanlagen.

Aufgrund des niedrigen Gaspreises der betrachteten Intersparfiliale (26,3 €/MWh im Jahr 2003), kann aber auch durch eine deutliche Vergrößerung des Wärmeabsatzes im Vergleich zur Basisvariante und ohne Berücksichtigung von Optimierungspotentialen, bei einer internen Verzinsung von 5% der CDFC nach 13 Jahren nur von rund -0,6 Mio. € (Variante 1) auf rund -0,1 Mio. € (Variante 6) verbessert werden. Bei der rein statischen Betrachtungsweise nach VDI wäre bereits bei Variante 6 die Wirtschaftlichkeit gegeben, da hier die Einnahmen die laufenden Kosten bereits abdecken.

Auf Basis von Variante 6 wurde nun in Variante überprüft inwieweit die Wirtschaftlichkeit durch Berücksichtigung von nachstehenden Optimierungspotentialen verbessert werden kann:

Es gibt Versuche die Reinigungsintervalle zur Abreinigung der KWK-Modul Wärmetauscherflächen zu verlängern.

Einsatz eines Ersatzwärmetauschers wodurch sich die Zeit, in der während der Wärmetauscherflächenreinigung keine Wärme ausgekoppelt werden kann, deutlich reduzieren lässt.

Investitionskostenreduktion beim KWK-Modul aufgrund höherer produzierter Stückzahlen (in Form von Sensitivitäten).

Einsatz von Industriehackgut anstatt von Waldhackgut (bringt bei den angesetzten Preisen Vorteile in der Gesamtwirtschaftlichkeit).

Die Berechnungen zeigen, dass durch die berücksichtigten Optimierungen der CDFC um weitere rund 0,1 Mio. € verbessert, und eine interne Verzinsung von fast 5% erreicht werden kann.

Da derzeit das Ökostromgesetz novelliert wird und die Einspeisetarife für nach 2004 genehmigte Anlagen derzeit noch ungewiss sind, wurde zusätzlich eine Variante 8 mit reiner Wärmeversorgung, die auf der Jahresdauerlinie von Variante 6 basiert, untersucht. Auch hier zeigt sich, dass die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage bereits bei gleichen Brennstoffkosten wie bei Variante 6 geben ist. Im Gegensatz zu den KWK-Anlagen auf Stirlingbasis, bei denen eine gewisse Mindestbrennstoffqualität erforderliche ist, könnte bei der reinen Wärmeversorgung unter Umständen auch auf einen etwas günstigere Brennstoffqualität umgestiegen werden, was sich sehr positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken würde (siehe auch Sensitivitätsanalysen zu Variante 7 im Anhang).

Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen für den Eurosparmarkt wurden nicht mehr durchgeführt, da aufgrund des wesentlich geringeren Wärmebedarfes im Vergleich zum Intersparmarkt (der Wärmebedarf im Intersparmarkt ist bei der reinen Wärmeversorgung mehr als 3 mal so hoch als im Eurosparmarkt) von schlechteren wirtschaftlichen Ergebnissen auszugehen ist.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann der Schluss gezogen werden, dass bei den derzeitigen Wärmeabsätzen eine KWK-Anlage auf Basis Stirlingmotor in den analysierten Spar-, Eurospar- und Interspar-Märkten kein positives wirtschaftliches Ergebnis bringen kann. Weiters ist die Option einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung aufgrund der erforderlichen niedrigen Temperaturen für die Kühlaggregate technisch nicht realisierbar.

Bei einer Erhöhung des Wärmeabsatzes, z.B. durch zusätzliche Erschließung von externen Raum- und Prozesswärmeabnehmern, sowie der Berücksichtigung von Optimierungs-

potentialen (z.B. der Einsatz von Ersatzwärmetauschern), ist bei den derzeit angesetzten Randbedingungen ein wirtschaftliches Ergebnis für eine KWK-Anlage auf Stirlingbasis möglich.

Die erforderlichen zusätzlichen Wärmemengen sind im Vergleich zum derzeitigen Wärmebedarf des untersuchten Intersparmarktes (~0,6 GWh/a) sehr hoch (zusätzlich rund 4 bis 4,5 GWh/a) und würden bedeuten, dass Interspar gewillt sein muss, als Energieversorger für ein Mikronetz mit sämtlichen daraus resultierenden Verantwortlichkeiten (z.B. in Hinblick auf die Versorgungssicherheit) aufzutreten.

Da in den vorliegenden Varianten als Wärmepreis die Energiegestehungskosten bei fossiler Versorgung angesetzt wurden (basierend auf dem Gaspreis des Jahres 2003 von rund 26,3 €/MWh), und für externe Wärmeabnehmer aufgrund kaufmännischer Sicherheit nicht die marktüblichen Fernwärmepreise (zwischen 50 und 60 €/MWh für Kleinabnehmer) berücksichtigt wurden, kann man davon ausgehen, dass das wirtschaftliche Ergebnis der dargestellten Varianten für ein konkretes, im Detail analysiertes, Projekt, voraussichtlich besser aussehen wird als derzeit dargestellt (siehe auch Sensitivitätsanalyse Wärmepreis). Was sich weiters positiv auf die Wirtschaftlichkeit zukünftiger Biomasseanlagen auswirken wird, ist der im Vergleich zu 2003 gestiegene und aller Voraussicht nach auch weiterhin ansteigende Preis für die fossilen Energieträger.

Da in dieser Studie, aufgrund von ungenauer Kenntnis von Standort und Umfeld, viele Annahmen auf Erfahrungswerten basieren, empfehlen wir auf jeden Fall vor der Realisierung die Durchführung einer detaillierten Vorplanungsstudie um die standortspezifischen Rahmenbedingungen, wie z.B. den filialenbezogenen Gaspreis, die eventuelle Mitbenutzung von Bestandsanlagen oder auch die tatsächliche Abnehmerstruktur, entsprechend berücksichtigen zu können.

3.2.1.2 Biomasse basierte Konzepte für Eurospar Märkte

Grundkonzept

Der Linator ist das Herz der Kraft-Wärme-Kopplung. Er ist eine Kombination aus Arbeitsmaschine und Generator in einem Maschinengehäuse. Der Linator ist eine 2-Zylinder-2-Takt-Kolbendampfmaschine nach dem Freikolbenprinzip, d.h. es gibt keinen Kurbeltrieb, der die Zwangsführung der Kolben übernimmt. Das gewählte Konzept ermöglicht eine äußerst kompakte Bauweise und eine drastische Reduktion der Anzahl der bewegten Teile gegenüber einer herkömmlichen Arbeitsmaschine (mit Kurbeltrieb). Die gesamte Maschine ist auf einen schmiermittelfreien Betrieb ausgelegt. Die typische elektrische Nennleistung des Linators beträgt vorerst 3 kW (bis 5 kW) elektrisch, als Entwicklungsziel sind 10 kW elektrisch angepeilt. Die Arbeitsmaschine kann dabei modulierend in einem Bereich von ca. 0,2 bis 3,0 kW elektrisch betrieben werden. Der im Generator erzeugte Strom wird über einen Wechselrichter in das Stromnetz eingespeist. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt dabei 13 bis 15% und ist somit geringer als der eines Stirlingmotors, Gasmotors oder einer Brennstoffzelle.

Die bei der Stromerzeugung im Linator entstehende Wärme wird über einen Plattenwärmetauscher an den Heizungs- bzw. Brauchwasserkreislauf übergeben.

Die gesamte Einheit Linator (reine Arbeitsmaschine) hat eine Masse von ca. 55 kg

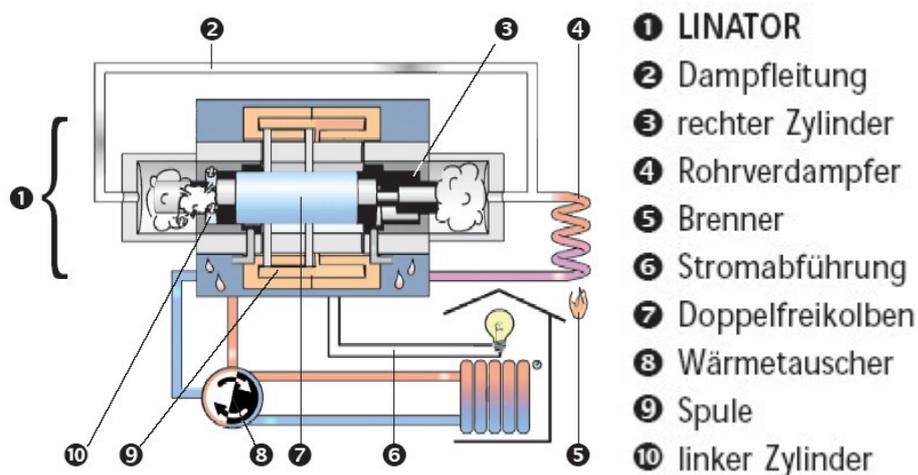


Abbildung 62: Prinzipdarstellung Linator

Mittels Linatortechnologie können zukünftig mehrere Gesamtanlagenkonzepte dargestellt werden. Diese unterscheiden sich in den eingesetzten Brennstoffen, den erzeugbaren Heizleistungen sowie in der räumlichen Positionierung der Einzelkomponenten. Allen Konzepten ist jedoch gemeinsam, dass im Falle eines Defektes der Kraftkomponente (Linator), die Gesamtanlage weiterhin Wärme liefern kann. Ein defekter Linator hat also keinen Einfluss auf die Bereitstellung der Wärme.

Dabei besteht eine Gesamtanlage auf folgenden Baugruppen:

- Linator
- Peripherie (Verrohrung, Ventile, Plattenwärmetauscher, Umwälzpumpen usw.)
- Steuerung / Regelung mit Leistungselektronik (Netzeinspeisung)
- Feuerung und Dampferzeuger
- Gehäuse

Konzept BISON plus

Räumliche Trennung zwischen Feuerung und Dampferzeugung (Kessel) und den restlichen Komponenten der Gesamtanlage. D.h. im Heizraum stehen 2 Geräte. Ein Kessel eines Fremdanbieters (Herz, Fröling, ...) in dem der erforderliche Verdampfer für die Dampferzeugung integriert ist und ein Gerät der Firma Button Energy (Bison Plus). Der Vorteil dieses Konzeptes besteht in der hohen Flexibilität der einsetzbaren Brennstoffe (Scheitholz, Pellet, Hackgut, ...), der Möglichkeit die Heizleistung in weiten Bereichen zu wählen (ca. 20 bis 60 kW thermisch) sowie der Möglichkeit einen bereits bestehenden Heizkessel nachträglich mit Bison Plus nachzurüsten.



Abbildung 63: Gesamtanlagenkonzept Bison Plus

Konzept BISON integral

Sämtliche Baugruppen der Gesamtanlage sind in einem Gehäuse integriert, wodurch sich äußerst kompakte Außenabmessungen für die Anlage ergeben (Größe entspricht etwa der eines 30 kW Heizkessels). Als Brennstoffe können für diese Konzeptvariante Hackgut oder Pellet eingesetzt werden.

Konzept LION

Der Lion als Gesamtanlage wird von der Fa. OTAG hergestellt und vertrieben. Ebenso wie beim Bison Integral sind auch hier alle Baugruppen in einem Gehäuse integriert, jedoch dient beim Lion Erdgas oder Flüssiggas als Brennstoff.



Abbildung 64: Prinzipdarstellung Linator

Konzepte

Für den Supermarkttyp "Eurospar" wurden seitens Button Energy GmbH 10 Konzepte erarbeitet und durchgerechnet, diese sind nachfolgend kurz aufgeführt:

Konzeptvarianten	SD	Grundlastkessel	Spitzenlastkessel	Kraftkomponente	Bestehende Heizanlage
Variante 1		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Pellets	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Gas	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 2		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Pellets	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Gas	2 Linatoren (B+) á Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 3		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Gas	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 4		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Gas	2 Linatoren (B+) á Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 5		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Hackgut	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 6		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Hackgut	2 Linatoren (B+) á Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 7		Nennleistung: 28 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 130 kW Brennstoff: Hackgut	1 Linator (B-I) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 8		Nennleistung: 56 kW	Nennleistung: 110 kW	2 Linatoren (B-I) á	Nennleistung: 160 kW

		Brennstoff: Hackgut	Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 3 kW	Brennstoff: Gas
Variante 9		Nennleistung: 55 kW Brennstoff: Hackgut	Nennleistung: 110 kW Brennstoff: Hackgut	1 Linator (Scale up) Nennl.: 5 kW (B+)	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Variante 10		Nennleistung: 28 kW Brennstoff: Hackgut	Keiner	1 Linator (B-I), 3 kW Nachrüstung	Nennleistung: 160 kW Brennstoff: Gas
Legende:					
S ... statischer Kostenvergleich					
D ... Discounted Cash Flow Methode					
grünes Feld ... besser als das bestehende Konzept (bestehende Heizanlage)					
rotes Feld ... schlechter als das bestehende Konzept (bestehende Heizanlage)					

Tabelle 69: Konzeptvarianten Eurospar (Gleisdorf).

Im Vergleich zum Supermarkttyp "Spar" ist aufgrund der größeren Flächen beim "Eurospar" auch die Energiemenge für die Raumheizung deutlich höher. Dies spiegelt sich auch in den installierten Heizkesseln wieder. In Gleisdorf ist ein Gaskessel mit einer thermischen Nennleistung von 160 kW installiert. Aufgrund der guten Modulierbarkeit eines Gaskessels ist es gut möglich auch die geringen Heizlasten mit diesem Kessel darzustellen. Ein Split in eine Grund- und Spitzenlastkessel ist daher bei einem Gaskessel nicht erforderlich.

Die hier vorgeschlagenen KWK-Konzepte basieren hingegen fast ausschließlich auf dem Brennstoff fester Biomasse. Solche Kessel besitzen eine deutlich geringere Modulierbarkeit als Gaskessel. In der Regel können solche Kessel bis auf 1/3 (im besten Fall aber auf 1/5) ihrer thermischen Nennleistung moduliert werden. Daher ist es bei allen hier vorgeschlagenen KWK-Konzepten erforderlich einen Split in einen Grund- und einen Spitzenlastkessel durchzuführen. Die Kraftkomponente wird dabei am Grundlastkessel betrieben.

Konzeptvarianten 1 und 3 für Eurospar (Gleisdorf)

Konzept 1 und 3 sind vom technischen Konzept her gleich, sie unterscheiden sich lediglich im Brennstoff für den Grundlastkessel. Im Konzept 1 wird der Grundlastkessel mit Pellet geheizt, im Konzept 3 wird hingegen Hackgut eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Brennstoffe sind hier für die beiden Brennstoffe unterschiedliche Brennstoffförderrichtungen erforderlich, welche auch einen geringfügig unterschiedlichen Preis aufweisen.

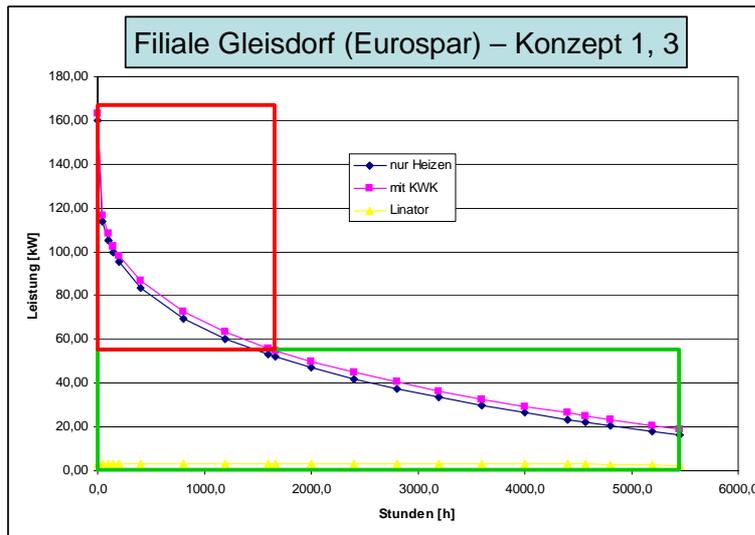


Abbildung 65: Konzeptvarianten 1 und 3 für Eurospar (Gleisdorf)

Der Grundlastkessel hat eine thermische Nennleistung von 55 kW, der mit Erdgas betriebene Spitzenlastkessel hat eine thermische Nennleistung von 110 kW. Als Kraftkomponente kommt bei beiden Konzepten wieder ein Linator (ausgeführt als Bison Plus) mit einer elektrischen Nennleistung von 3 kW zum Einsatz.

Konzeptvarianten 2 und 4 für Eurospar (Gleisdorf)

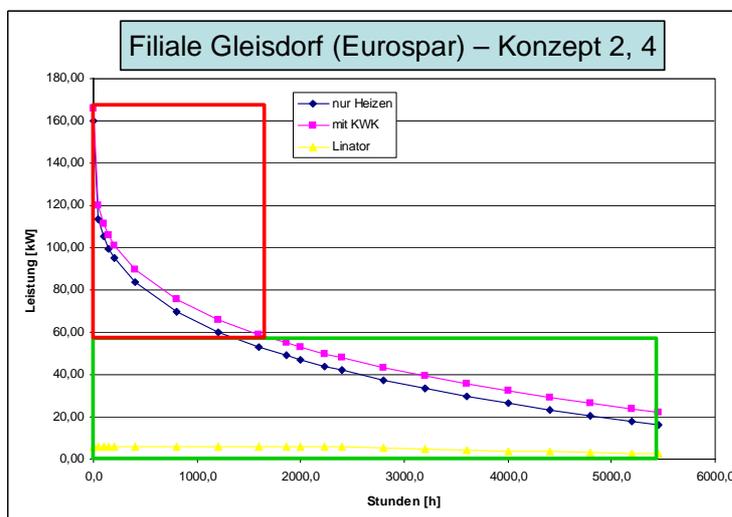


Abbildung 66: Konzeptvarianten 2 und 4 für Eurospar (Gleisdorf)

Konzept 2 und 4 sind vom technischen Konzept her gleich, sie unterscheiden sich lediglich im Brennstoff für den Grundlastkessel. Im Konzept 1 wird der Grundlastkessel mit Pellet geheizt, im Konzept 3 wird hingegen Hackgut eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Brennstoffe sind hier für die beiden Brennstoffe unterschiedliche Brennstoffförderer erforderlich, welche auch einen geringfügig unterschiedlichen Preis aufweisen.

Der Grundlastkessel hat eine thermische Nennleistung von 55 kW, der mit Erdgas betriebene Spitzenlastkessel hat eine thermische Nennleistung von 110 kW. Als Kraftkomponente kommen bei beiden Konzepten jeweils zwei Linator (ausgeführt als Bison Plus) mit einer elektrischen Nennleistung von jeweils 3 kW zum Einsatz (damit beträgt die gesamt installierte elektrische Nennleistung 6 kW). Somit unterscheiden sich die Konzepte 1 gegen 2 bzw. die Konzepte 3 gegen 4 lediglich durch die Anzahl der zum Einsatz gebrachten Linatoren.

Konzeptvariante 5 für Eurospar (Gleisdorf)

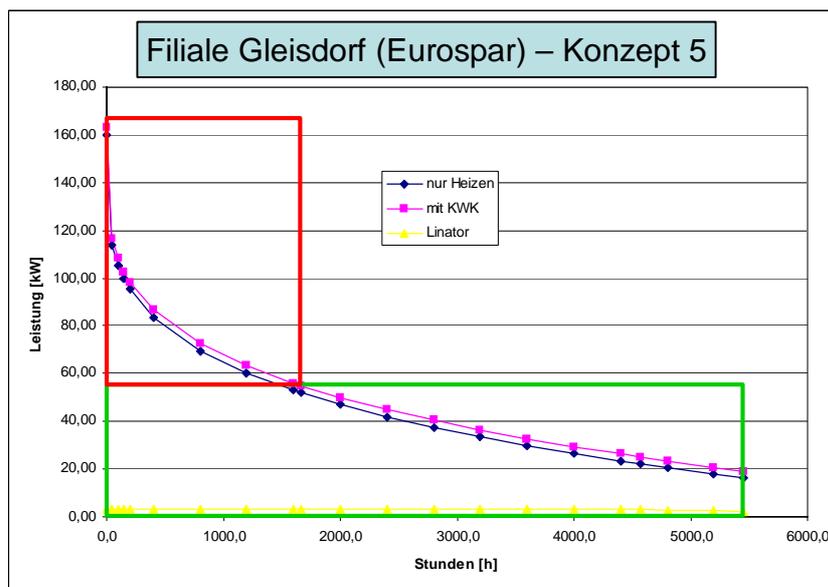


Abbildung 67: Konzeptvariante 5 für Eurospar (Gleisdorf)

Dieses Konzept ist dem Konzept 3 sehr ähnlich. Der Unterschied besteht im Brennstoff für den Spitzenlastkessel. Statt Erdgas (wie im Konzept 3) kommt hier auch für den Spitzenlastkessel Hackgut zum Einsatz. Somit ergeben sich für dieses Konzept folgende Eckdaten:

- Grundlastkessel mit 55 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Spitzenlastkessel mit 110 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Kraftkomponente: 1 Linator (ausgeführt als Bison Plus) mit 3 kW elektrischer Nennleistung

Konzeptvariante 6 für Eurospar (Gleisdorf)

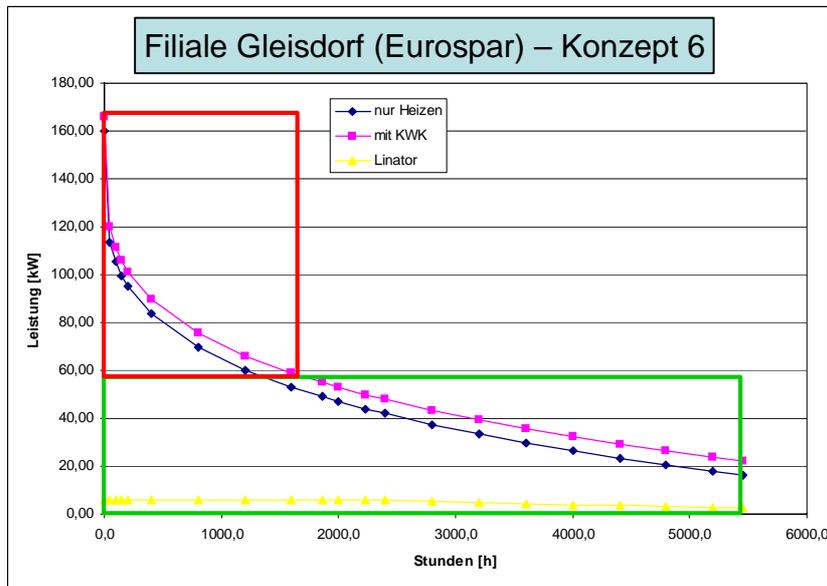


Abbildung 68: Konzeptvariante 6 für Eurospar (Gleisdorf)

Dieses Konzept ist dem Konzept 4 sehr ähnlich. Der Unterschied besteht im Brennstoff für den Spitzenlastkessel. Statt Erdgas (wie im Konzept 4) kommt hier auch für den Spitzenlastkessel Hackgut zum Einsatz. Somit ergeben sich für dieses Konzept folgende Eckdaten:

- Grundlastkessel mit 55 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Spitzenlastkessel mit 110 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Kraftkomponente: 2 Linatoren (ausgeführt als Bison Plus) mit jeweils 3 kW elektrischer Nennleistung (gesamt installierte elektrische Nennleistung: 6 kW)

Konzeptvariante 7 für Eurospar (Gleisdorf)

Im Konzept 7 kommt anstelle eines Bison Plus ein Bison Integral zum Einsatz. Das heißt, ein auf den Linator leistungsmäßig abgestimmter Biomassekessel auf Basis Hackgut ist gemeinsam mit dem Linator sowie aller erforderlicher Peripherie (Steuerung, Leistungselektronik, Pumpen, Wärmetauscher, ...) in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht. Dieser Hackgutkessel hat eine thermische Nennleistung von 28 kW, die elektrische Nennleistung der Kraftkomponente (Linator) beträgt 3 kW. Der Spitzenlastkessel wird auch in diesem Konzept mit Hackgut gefeuert und hat aufgrund der geringeren thermischen Nennleistung des Grundlastkessels jetzt eine thermische Nennleistung von 130 kW.

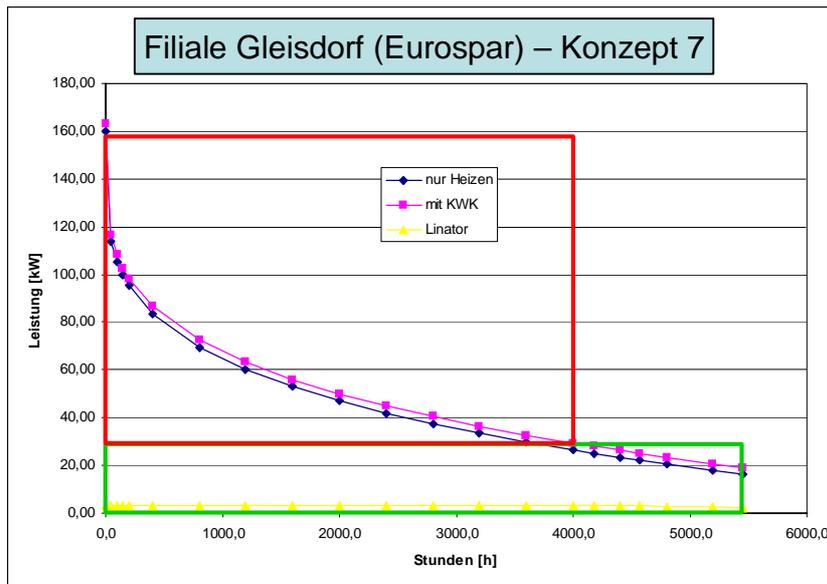


Abbildung 69: Konzeptvariante 7 für Eurospar (Gleisdorf)

Konzeptvariante 8 für Eurospar (Gleisdorf)

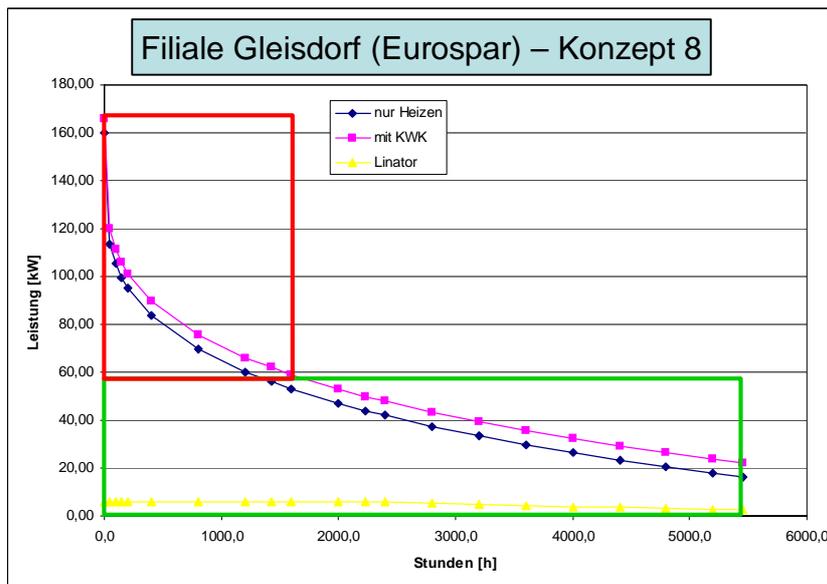


Abbildung 70: Konzeptvariante 8 für Eurospar (Gleisdorf)

Konzept 8 setzt 2 Bison Integral parallel nebeneinander ein. Somit stehen als Grundlastkessel 2 Hackgutkessel mit jeweils 28 kW thermischer Nennleistung zur Verfügung, ergibt in Summe also 56 kW. Nachdem 2 solcher Bison Integral eingesetzt werden beträgt die in Summe installierte elektrische Nennleistung 6 kW. Der Spitzenlastkessel wird mit Hackgut gefeuert und hat eine thermische Nennleistung von 110 kW.

Konzeptvariante 9 für Eurospar (Gleisdorf)

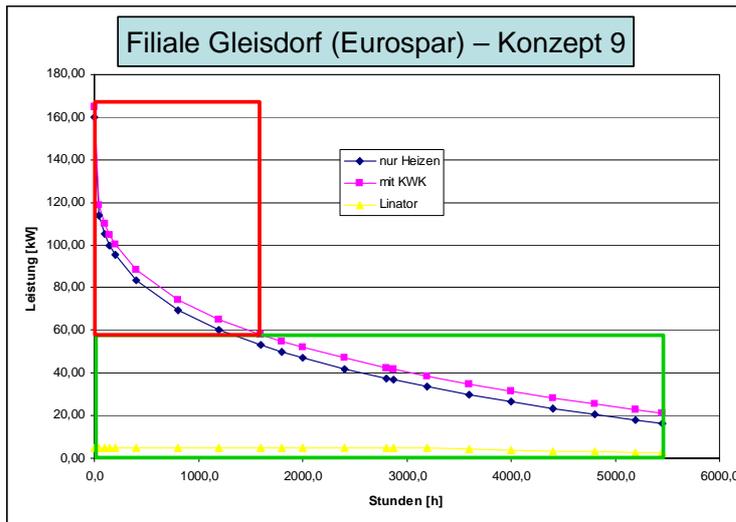


Abbildung 71: Konzeptvariante 9 für Eurospar (Gleisdorf)

Mit dem Konzept 9 soll aufgezeigt werden, welchen Effekt die Steigerung der elektrischen Nennleistung der Kraftkomponente (Linator) von 3 auf 5 kW hat. Somit entspricht dieses Konzept dem Konzept 5 mit einem Scale Up der elektrischen Leistung von 3 auf 5 kW. Somit ergeben sich folgende Eckdaten:

- Grundlastkessel mit 55 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Spitzenlastkessel mit 110 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Kraftkomponente: 1 Linator (ausgeführt als Bison Plus) mit 5 kW elektrischer Leistung

Konzeptvariante 10 für Eurospar (Gleisdorf)

Im Konzept 10 wird davon ausgegangen, dass im Sparmarkt bereits eine Heizanlage besteht. Nachträglich wird in diese Anlage eine Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis eines Bison Integral (Heizkessel und Kraftkomponente sowie sämtliche Nebenaggregate und sonstige Peripherie sind in einem Gehäuse integriert.) installiert. Diese Kraft-Wärme-Kopplung weißt folgende Eckdaten auf:

- Heizkessel mit 28 kW thermischer Nennleistung und Hackgut als Brennstoff
- Kraftkomponente: 1 Linator mit 3 kW elektrischer Leistung

Problematisch kann bei so einer nachträglichen Installation der Umstand sein, dass für den Betrieb eines Bison Integral Hackgut als Brennstoff benötigt wird. Somit ist ein nicht unerheblicher Raumbedarf für das Brennstofflager vorhanden. Üblicherweise sind aber in einem Supermarkt keine brach liegenden Flächen vorhanden, die für so ein Brennstofflager genutzt werden könnten.

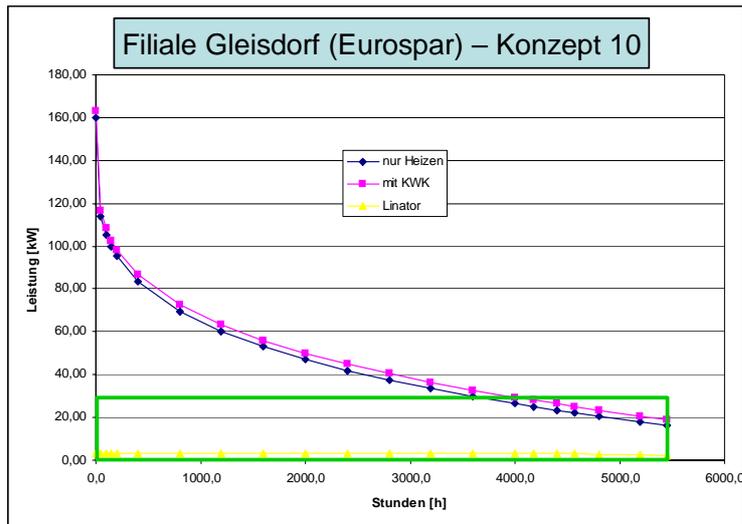


Abbildung 72: Konzeptvariante 10 für Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit

Im folgenden Abschnitt werden nicht alle Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen explizit für die 10 erarbeiteten Konzepte für den Markttyp Eurospar dargestellt, sondern lediglich die interessantesten Konzepte herausgegriffen. Das sind in diesem Fall die 6 Konzepte 5 bis 10. Die Gesamtheit aller Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen finden sie im Anhang dieses Berichtes aus dem sämtliche Berechnungsschritte bei der Erarbeitung der KWK-Konzepte ersichtlich sind.

Die Diskussion der Konzepte 1 bis 4 entfällt hier, weil sich bei der Durchrechnung der Konzepte gezeigt hat, dass sich Konzepte für den Supermarkttyp Eurospar (Gleisdorf) die sich ausschließlich nachhaltiger Energieträger (Hackgut) bedienen durchaus wirtschaftlich darstellen lassen. Weil aber bei den Konzepten 1 bis 4 für den Spitzenlastkessel ausschließlich Gas eingesetzt wurde, werden sie in diesem Kapitel nicht behandelt. Die detaillierten Berechnungen finden sich im Anhang dieser Unterlage.

Der kalkulatorische Zinssatz für die Berechnung der dynamischen Amortisation wird mit 6% angesetzt.

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kesselnennleistung	55,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	205485,98	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK		
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselnennleistung	110,00	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	36242,23	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			eingesetzte Biomasse	280182,31	[kWh]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	383,81	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
			Kosten Brennstofflager	5565,27	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	59861,27	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	205485,98	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4243,73	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	36242,23	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	748,48	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	331,25	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5323,46	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1138,66	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6462,13	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2566,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-3895,80	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	128037,83	[€]

Tabelle 70: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf)

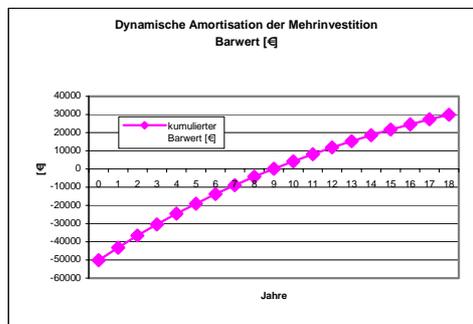
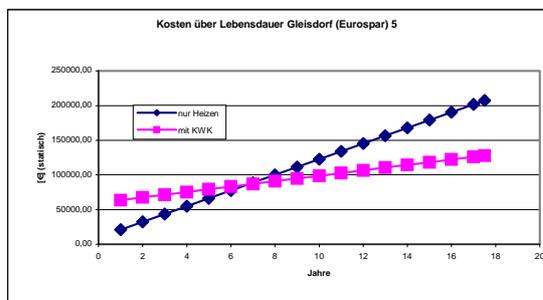


Abbildung 73: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 74: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 6 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			
Kessel			
Kesselnenleistung	160,00	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	
Anschlusskosten	2500,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	
Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	
Betriebsgebundene Kosten			
Kessel			
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	
Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	

Investitionskosten			
Grundlastkessel			
Kesselnenleistung	55,00	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]	
Anschlusskosten	0,00	[€]	
KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	200172,54	[kWh/Jahr]	
Kraftkomponente der KWK			
Nennleistung (elektrisch) je Linator	3,00	[kW]	
erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]	
Spitzenlastkessel			
Kesselnenleistung	110,00	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	41535,15	[kWh/Jahr]	
Brennstofflager Grundlastkessel			
eingesetzte Biomasse	291770,04	[kWh]	
Brennstoff	Hackgut	[1]	
Brennstoffvolumen pro Jahr	399,68	[m³]	
Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]	
Kosten Brennstofflager	5795,43	[€]	
Summe Investitionskosten	71591,43	[€]	
Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	200172,54	[kWh/Jahr]	
Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4134,00	[€]	
erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	41535,15	[kWh/Jahr]	
Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten Spitze gesamt	857,79	[€]	
erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]	
Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten Strom gesamt	551,84	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5543,63	[€]	
Betriebsgebundene Kosten			
Grundlastkessel			
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	
Spitzenlastkessel			
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	
Linator			
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	1227,67	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	6771,30	[1]	
Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	4275,32	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-2495,99	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	115271,18	[€]	

Tabelle 71: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf)

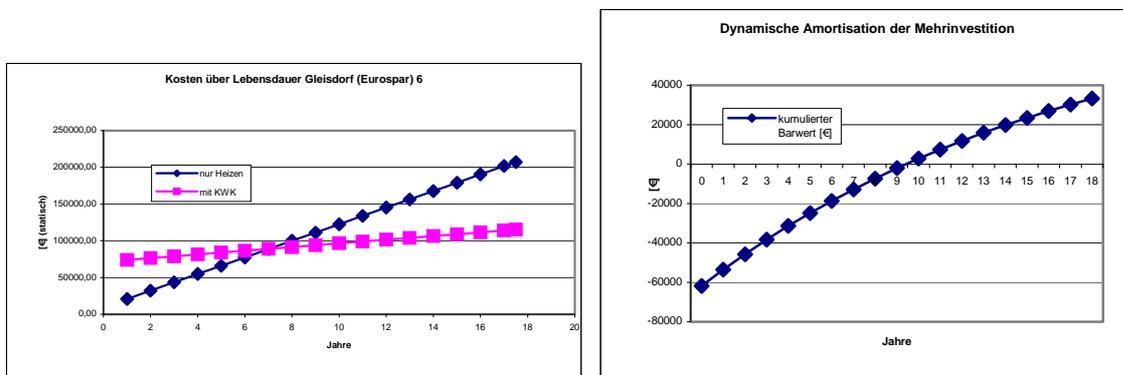


Abbildung 75: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 76: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 7 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-2550,00	[€]
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kessel der KWK (Bison Integral)		
			Kesselnennleistung	28,00	[kW]
			erzeugte Heizenergie	130425,49	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselnennleistung	130,00	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	33000,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	111311,04	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			eingesetzte Biomasse	280191,36	[kWh]
			Brennstoff	Hackgut	[t]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	383,82	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[t]
			Kosten Brennstofflager	5565,44	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	53015,44	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	130425,49	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2693,57	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	111311,04	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	2298,81	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	331,25	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5323,64	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel (Bison Integral)		
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator (Bison Integral)		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1138,66	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[t]	Variable Kosten pro Jahr	6462,30	[t]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2566,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-3895,98	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	121195,02	[€]

Tabelle 72: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf)

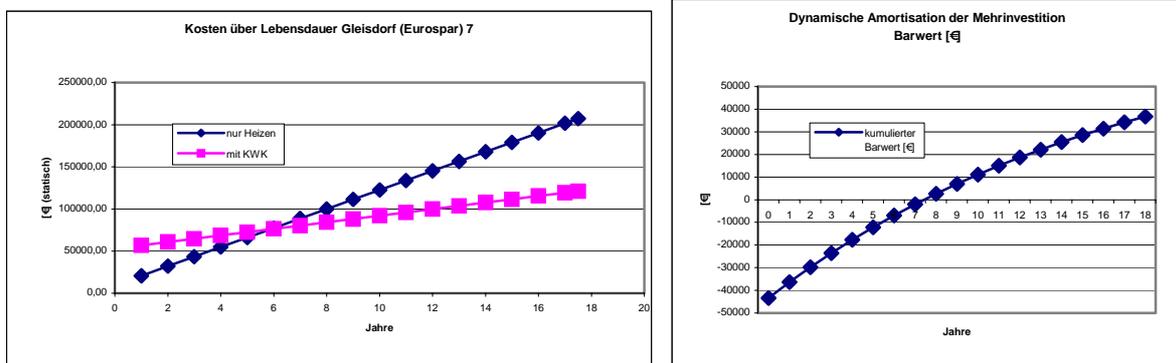


Abbildung 77: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 78: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 8 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt. (je Bison Integral)	17000,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anzahl Aggregate	2,00	[1]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	Listenpreis exkl. MwSt. gesamt	34000,00	[€]
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Anschlusskosten	0,00	[€]
			KWK-Förderung (30%)	-5100,00	[€]
			Kessel der KWK (Bison Integral)		
			Kesselnennleistung	56,00	[kW]
			erzeugte Heizenergie	211653,85	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselnennleistung	110,00	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	30037,81	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			eingesetzte Biomasse	291752,61	[kWh]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	399,66	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
			Kosten Brennstofflager	5795,09	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	64695,09	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	211653,85	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4371,11	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	30037,81	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	620,35	[€]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	551,84	[€]
			Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5543,30	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5543,30	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1227,67	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6770,97	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	4275,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2495,65	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	108369,04	[€]

Tabelle 73: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf)

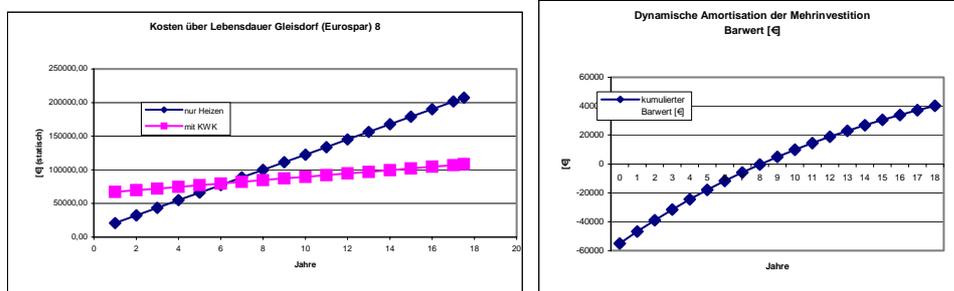


Abbildung 79: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 80: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 9 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselennleistung	160,00	[kW]	Kesselennleistung	55,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	202013,68	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	5,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	14500,00	[€]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	23823,67	[kWh/Jahr]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Kesselennleistung	110,00	[kW]	Kesselennleistung	110,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
erzeugte Heizenergie	39701,60	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	39701,60	[kWh/Jahr]
Brennstofflager Grundlastkessel			Brennstofflager Grundlastkessel		
eingesetzte Biomasse	288629,29	[kWh]	eingesetzte Biomasse	288629,29	[kWh]
Brennstoff			Hackgut	[1]	
Brennstoffvolumen pro Jahr	395,38	[m³]	Brennstoffvolumen pro Jahr	395,38	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]	Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
Kosten Brennstofflager	5733,05	[€]	Kosten Brennstofflager	5733,05	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	63029,05	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	202013,68	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4172,02	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	39701,60	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	819,92	[€]
			erzeugte elektrische Energie	23823,67	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	492,01	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5483,96	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1124,12	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6608,07	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	3811,79	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2796,29	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	111964,08	[€]

Tabelle 74: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf)

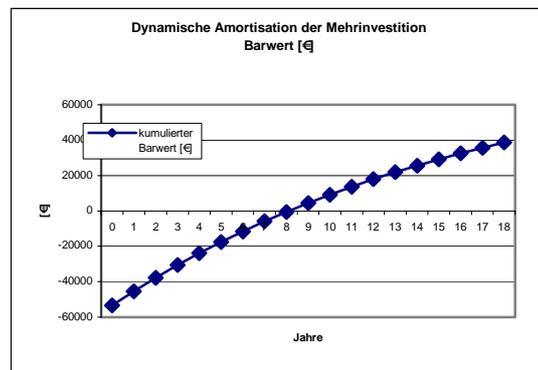
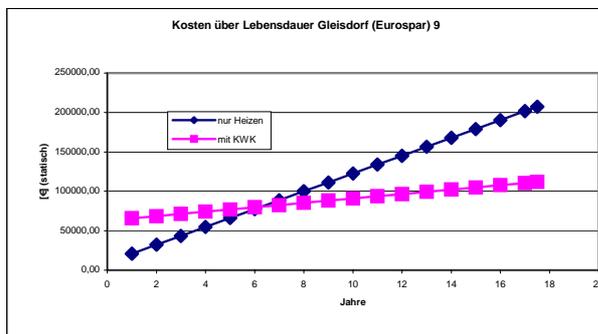


Abbildung 81: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 82: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 10 – Gleisdorf (Eurospar)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
			KWK-Förderung (30%)	-2550,00	[€]
			Kessel der KWK (Bison Integral)		
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kesselnennleistung	28,00	[kW]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	134728,28	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			erzeugte elektrische Energie	16574,05	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager für BISON INTEGRAL		
			eingesetzte Biomasse	164459,05	[kWh]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	225,29	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[t]
			Kosten Brennstofflager	3266,65	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	17716,65	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	134728,28	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[t]	Brennstoff Hackgut		[t]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2782,43	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16574,05	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	342,29	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3124,72	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel (Bison Integral)		
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Linator (Bison Integral)		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	433,12	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[t]	Variable Kosten pro Jahr	3557,84	[t]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2651,85	[€]
			eingesparte Heizenergie (Gaskessel)	134728,28	[kWh/Jahr]
			Brennstoff Gas		[t]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Wirkungsgrad (Gaskessel)	92,00	[%]
			ersparte eingesetzte Brennstoffmenge (Gaskessel)	146443,79	[kWh/Jahr]
			eingesparte Heizkosten (Gaskessel)	5930,97	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	5024,98	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	-70220,53	[€]

Tabelle 75: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf)

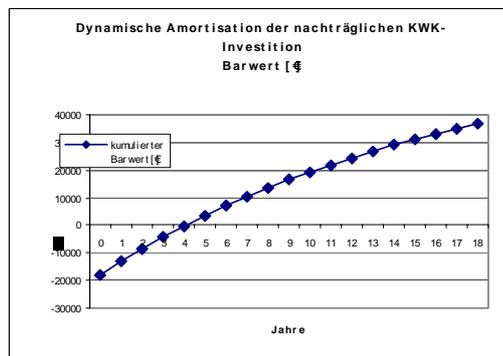
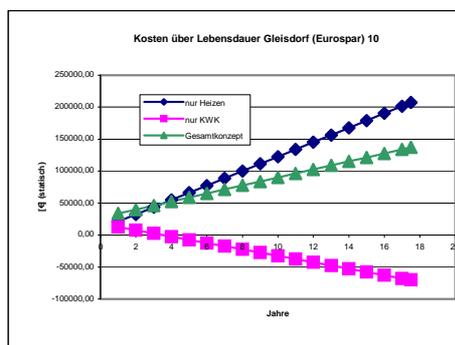


Abbildung 83: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf)

Abbildung 84: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf)

Konzept 10 soll den Einfluss einer nachträglichen Integration einer KWK auf Basis fester Biomasse (Hackgut) auf die Kostensituation einer Heizanlage aufzeigen. Auch hier wird wieder davon ausgegangen, dass es sich bei der bestehenden Heizung um eine Gasheizung handelt. Die nachträgliche Installation eines Bison Integral führt zu folgenden Änderungen:

- Durch den Einsatz einer KWK wird zukünftig "Biostrom" erzeugt, der mit einem garantierten Einspeisetarif von 0,16 €/kWh in das Stromnetz eingespeist werden kann. Damit ist zumindest von diesem Zeitpunkt an die KWK in der Lage, das jährliche negative Betriebsergebnis deutlich zu reduzieren (Das zeigt sich in der deutlich geringer ansteigenden Kurve im Schaubild "Kosten über Lebensdauer" ab dem Zeitpunkt der Investition und Inbetriebnahme des KWK-Moduls)
- Der Wärmeanteil, der jetzt durch die KWK abgedeckt wird (und nicht mehr durch den bereits installierten Heizkessel) wird aus einer umweltschonenden und günstigeren Brennstoff (Hackgut statt Gas) hergestellt, was ebenfalls dazu führt, das jährliche negative Betriebsergebnis zu reduzieren.
- Die gesamten Investitionskosten für die nachträgliche KWK-Anlage amortisiert sich unter den angegebenen Dauerlinie bereits nach 4 bis 5 Jahren (trotz Berücksichtigung sämtlicher damit verbundenen Investitionen wie z.B. Brennstofflagerraum)
- Auch wenn die wirtschaftliche Machbarkeit zur nachträglichen Integration eines Bison Integral sinnvoll erscheint, soll hier noch einmal auf die Problematik des zusätzlich erforderlichen Flächenbedarfes hingewiesen werden, der sich vor allem durch den Brennstofflagerraum ergibt. Häufig wird das ein K.O.-Kriterium für eine Nachrüstung sein, weil üblicherweise in den Supermärkten keine brach liegenden Flächen für solche Zwecke vorhanden sind

3.2.1.3 Biomasse basierte Konzepte für Spar-Märkte

Für den Supermarkttyp "Spar" wurden seitens Button Energy GmbH 5 Konzepte erarbeitet und durchgerechnet, diese sind nachfolgend kurz aufgeführt:

Konzeptvarianten	SD	Grundlastkessel	Spitzenlastkessel	Kraftkomponente	Bestehende Heizanlage
Variante 1		Nennleistung: 28 kW Brennstoff: Pellets	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas
Variante 2		Nennleistung: 48 kW Brennstoff: Pellets	Keiner	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas
Variante 3		Nennleistung: 48 kW Brennstoff: Hackgut	Keiner	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas
Variante 4		Nennleistung: 48 kW Brennstoff: Hackgut	Keiner	1 Linator (B+) Nennleistung: 3 kW	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Heizöl EL
Variante 5		Senertec Dachs HKA G 5,5 (12,5 kW therm.)	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas	Senertec Dachs HKA G 5,5 (5,5 kW elektr.)	Nennleistung: 44 kW Brennstoff: Gas
Legende:					
S ... statischer Kostenvergleich					
D ... Discounted Cash Flow Methode					
grünes Feld ... besser als das bestehende Konzept (bestehende Heizanlage)					
rotes Feld ... schlechter als das bestehende Konzept (bestehende Heizanlage)					

Tabelle 76: Konzeptvarianten Spar (Fernitz)

Konzeptvariante 1 für Spar (Fernitz)

Statt dem bisher installierten Gaskessel mit 44 kW thermischer Nennleistung wird ein Biomassekessel auf Basis Pellet mit einer thermischen Nennleistung von 28 kW in Verbindung mit einem Linator (als Bison Plus) mit einer elektrischen Nennleistung von 3 kW installiert. Zusätzlich wird zur Abdeckung der thermischen Spitzenlast ein Gaskessel mit 44 kW thermischer Nennleistung installiert, der gleichzeitig als Backupsystem eingesetzt werden kann. Prinzipiell wäre es auch möglich einen kleineren Kessel zu installieren, allerdings sind die Preise für Gaskessel in diesen relativ kleinen Leistungsklassen sehr eng beieinander, weshalb die Entscheidung zugunsten des größeren Gaskessels viel.

Aus der Dauerlinie kann schon erkannt werden, dass der Spitzenlastkessel lediglich für eine ganz schmale Spitze benötigt wird. Er erzeugt jährlich lediglich 1176 kWh thermisch, das entspricht einer Jahreslaufzeit von 34,5 Stunden! Schon von diesem Gesichtspunkt aus erscheint das Konzept 1 nicht sehr sinnvoll (Für 34,5 Stunden muss eine zusätzliche Investition von ca. € 6700,- (Gerät und Gasanschluss) getätigt werden.).

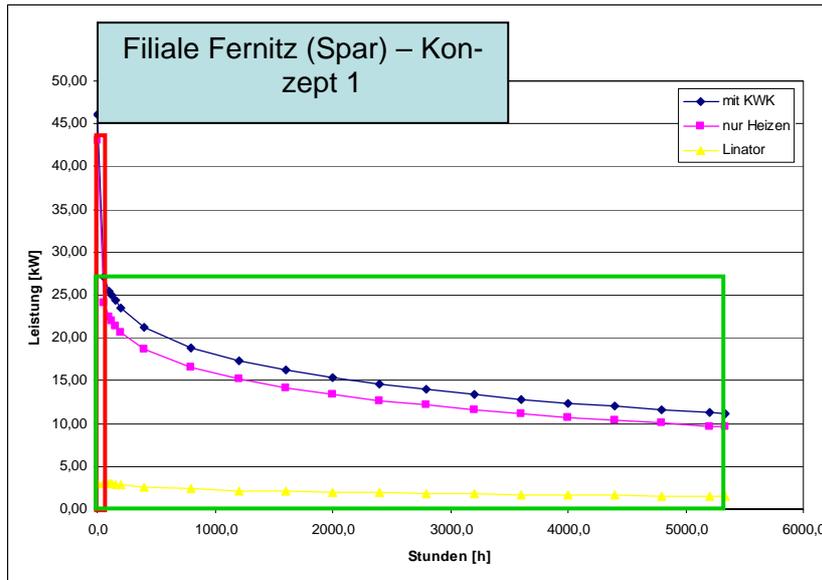


Abbildung 85: Konzeptvariante 1 für Spar (Fernitz)

Konzeptvarianten 2 bis 4 für Spar (Fernitz)

Der wesentliche Unterschied der Konzepte 2 bis 4 zum Konzept 1 liegt darin, dass die Aufteilung in Grundlastkessel und Spitzenlastkessel entfällt und nur ein Heizkessel zur Bereitstellung der erforderlichen Energie für Heizen und Stromerzeugung eingesetzt wird. Dieser Kessel hat eine thermische Nennleistung von 48 kW, als Brennstoff wird Biomasse eingesetzt. Als Kraftkomponente wird wie auch im Konzept 1 ein Linator (ausgeführt als Bison Plus) mit einer elektrischen Nennleistung von 3 kW installiert. Die Konzepte 2 bis 4 sind bis auf den Brennstoff identisch, beim Konzept 2 werden Pellet als Biomassebrennstoff eingesetzt, beim Konzept 3 Hackgut. Beide Konzepte werden gegen einen Gaskessel mit 44 kW thermischer Nennleistung verglichen. Konzept 4 ist gleich mit Konzept 3, der Unterschied liegt darin, dass das Konzept 4 nicht gegen einen Gaskessel gerechnet wird, sondern die Annahme getroffen wird, dass die bestehende Heizanlage im Spar-Markt aus einem Heizölkessel mit Wärme versorgt wird (Vor allem in ländlichen Regionen wo kein Gasnetz zur Versorgung vorhanden ist, werden noch relativ viele Spar-Märkte mittels Heizölbrennern mit Wärme versorgt.).

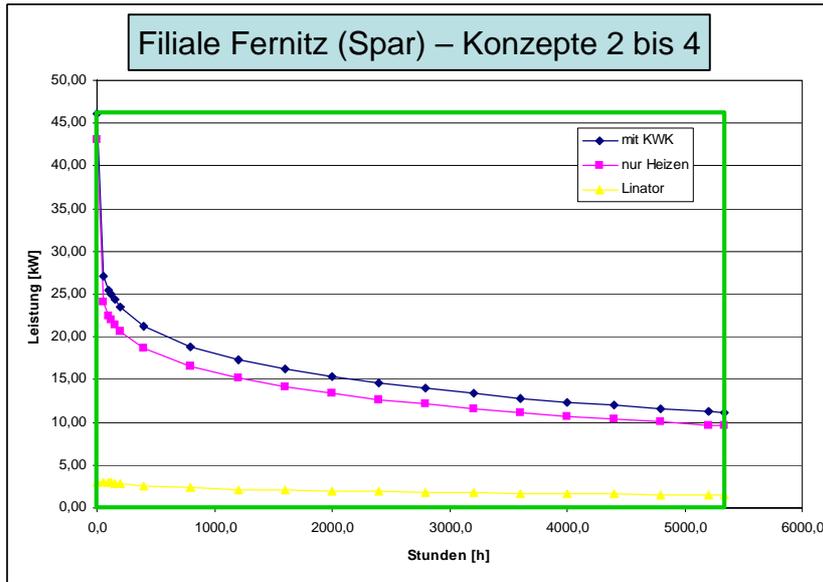


Abbildung 86: Konzeptvarianten 2 bis 4 für Spar (Fernitz)

Konzeptvariante 5 für Spar (Fernitz)

Der Vollständigkeit halber wird im Konzept 5 ein motorisches BHKW der Firma Senertec, Typ HKA G 5,5 als mögliches Konzept für den Spar-Markt betrachtet. Als Brennstoff kommt dabei Erdgas zum Einsatz. Die Anlage hat eine elektrische Leistung von 5,5 kW und kann nicht moduliert gefahren werden. Die thermische Leistung beträgt 12,5 kW. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt laut Hersteller bei diesem Typ 27% und ist damit deutlich höher, als der eines Linators. Aufgrund der geringen thermischen Leistung ist der Einsatz eines Spitzenlastkessels erforderlich, auch dieser Kessel wird mit Erdgas gefeuert und hat eine thermische Nennleistung von 44 kW.

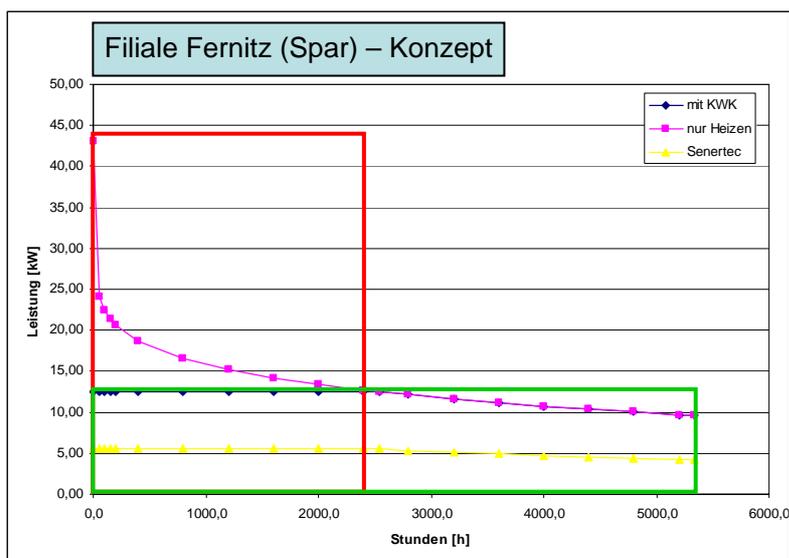


Abbildung 87: Konzeptvariante 5 für Spar (Fernitz)

Wirtschaftliche Machbarkeit

Alle Konzepte (das gilt für beide Supermarkttypen Spar und Eurospar) wurden hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Machbarkeit untersucht. Dabei wurde im ersten Schritt eine statische Betrachtung (Berechnung ohne Verzinsung) gemacht. Das Ergebnis dieser Berechnung sind die Kosten über Lebensdauer. Im zweiten Schritt wurde dann die dynamische Amortisation der Mehrinvestition berechnet. Für diese dynamische Amortisation wurde ein kalkulatorischer Zinssatz von 6% zugrunde gelegt. Unter Mehrinvestition versteht man die Differenz der Investitionskosten des betreffenden KWK-Konzeptes gegen die Investitionskosten der bestehenden Heizanlage (so wie jetzt im Supermarkt realisiert). Schneidet diese die Nulllinie, so bedeutet dies, dass die Mehrinvestition x Jahren sich so verhalten hat, wie wenn man bei einer Bank die Mehrinvestition mit dem oben genannten kalkulatorischen Zinssatz von 6% veranlagt hätte.

In diesem Kapitel werden nicht alle Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen explizit für die 5 erarbeiteten Konzepte für den Markttyp Spar dargestellt, sondern lediglich die interessantesten Konzepte herausgegriffen. Das sind in diesem Fall die Konzepte 3 bis 5. Die Gesamtheit aller Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen finden sie im Anhang dieses Berichtes aus dem sämtliche Berechnungsschritte bei der Erarbeitung der KWK-Konzepte ersichtlich sind.

Konzept 1 ist im Hinblick auf die wirtschaftliche Machbarkeit nicht interessant, weil sogar bei der statischen Betrachtung (also ohne Verzinsung gerechnet) die Kosten über Lebensdauer höher liegen als bei der momentan realisierten Gasheizung. Der Grund dafür ist, dass im Konzept ein Split in einen Grundlastkessel mit Kraftkomponente für die Stromerzeugung und einen Spitzenlastkessel erfolgt, weshalb die erforderlichen Investitionskosten zur Realisierung des Konzeptes etwa 3 mal so hoch sind wie bei der jetzt installierten Gasheizung.

Konzept 2 wird hier ebenfalls nicht genauer betrachtet. Die Konzepte 2 und 3 sind technisch fast identisch, der Unterschied entsteht durch den eingesetzten Brennstoff (2: Pellet, 3: Hackgut), weshalb leicht unterschiedliche Brennstoffförderereinrichtungen zum Einsatz kommen, welche auch geringfügig unterschiedlichen Invest verursachen. Die Förderereinrichtung für Pellet sind aufgrund der Rieselfreudigkeit dieser einfacher und kostengünstiger als jene für Hackgut. Die Brennstoffpreise für Pellet wurden mit 0,035 €/kWh angesetzt, jene für Hackgut betragen 0,019 €/kWh. Damit ist die gleiche Energiemenge in Pellet doppelt so teuer wie in Hackgut. Da der Einfluss der Brennstoffkosten auf die wirtschaftliche Machbarkeit die Mehrinvestition für die Förderereinrichtung (Hackgut) aber deutlich überwiegt, wird hier nur das Konzept 3 (Brennstoff: Hackgut) genauer betrachtet.

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 3 – Spar (Fernitz)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Kessel		
Kesselnennleistung	44,00	[kW]	Kesselnennleistung	48,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17900,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5370,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
Brennstofflager			Brennstofflager		
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	88638,97	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Hackschnitzel	[1]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	121,42	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	3521,27	[€]
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]	Summe Investitionskosten	27551,27	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]	Brennstoffkosten Heizen gesamt	1469,72	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	214,42	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	1684,14	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel		
			Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]
			Linator		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	552,55	[€]
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]	Variable Kosten pro Jahr	2236,69	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeister Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeister Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	1661,19	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-575,50	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	37622,46	[€]

Tabelle 77: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 3 Spar (Fernitz)

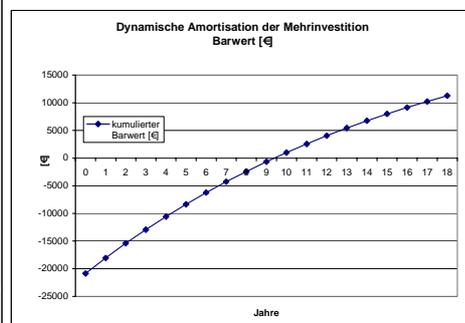
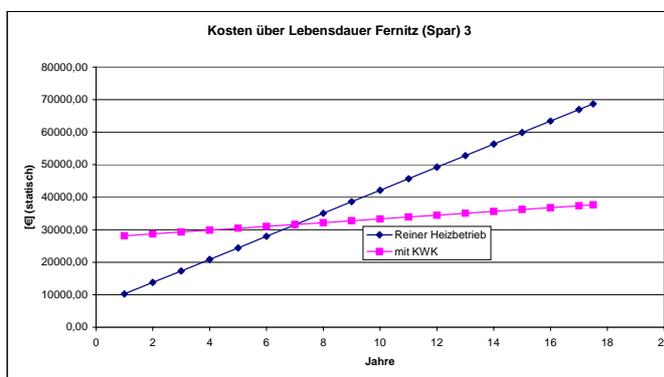


Abbildung 88: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 3 Spar (Fernitz)

Abbildung 89: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 3 Spar (Fernitz)

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 4 – Spar (Fernitz)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Kessel		
Kesselnennleistung	44,00	[kW]	Kesselnennleistung	48,00	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	4500,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17900,00	[€]
Anschlußkosten	0,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5370,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstofflager			Kraftkomponente der KWK		
eingesetzte Brennstoffmenge Heizöl EL	78536,67	[kWh]	Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Brennstoff	Heizöl EL	[l]	Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
Brennstoffvolumen pro Jahr	7875,54	[l]	erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
Brennstofflieferungen pro Jahr	1,00	[1]	Brennstofflager		
Kosten Tanks	4301,30	[€]	eingesetzte Biomasse	88638,97	[kWh]
Kosten Brennstofflager	3520,00	[€]	Brennstoff	Hackschnitzel	[l]
Summe Investitionskosten	12321,30	[€]	Brennstoffvolumen pro Jahr	121,42	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
			Kosten Brennstofflager	3521,27	[€]
			Summe Investitionskosten	27551,27	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,05	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3986,60	[€]	Brennstoffkosten Heizen gesamt	1469,72	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	214,42	[€]
			Summe Verbrauchsgebundene Kosten	1684,14	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3986,60	[€]			
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsvertrag	200,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel		
			Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]
			Linator		
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	300,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	552,55	[€]
Variable Kosten pro Jahr	4286,60	[1]	Variable Kosten pro Jahr	2236,69	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	1661,19	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-4286,60	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-575,50	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	87336,80	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	37622,46	[€]

Tabelle 78: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 4 Spar (Fernitz)

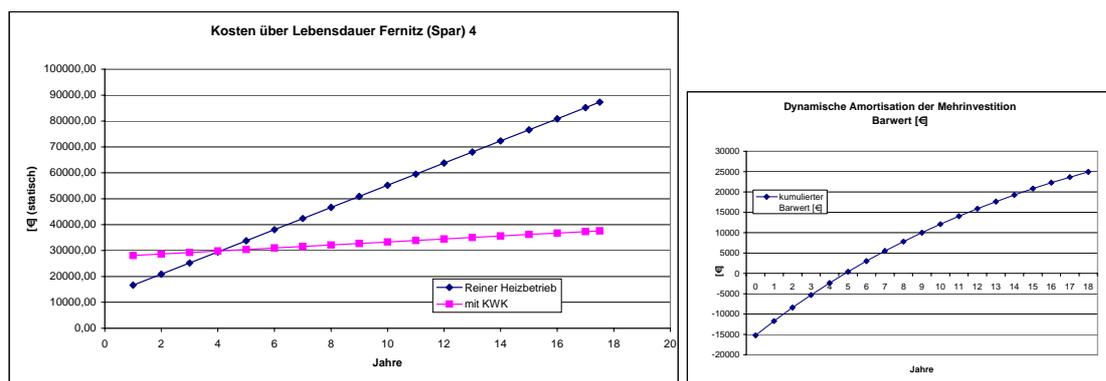


Abbildung 90: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 4 Spar (Fernitz)

Abbildung 91: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 4 Spar (Fernitz)

Vergleich der Wirtschaftlichen Machbarkeit der Konzepte 3 und 4 für Spar (Fernitz)

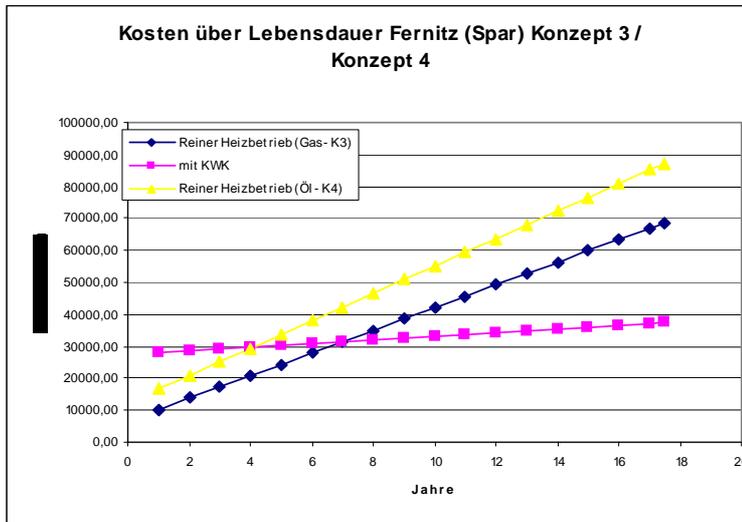


Abbildung 92: Vergleich Konzept 3 und 4 (Kosten über Lebensdauer)

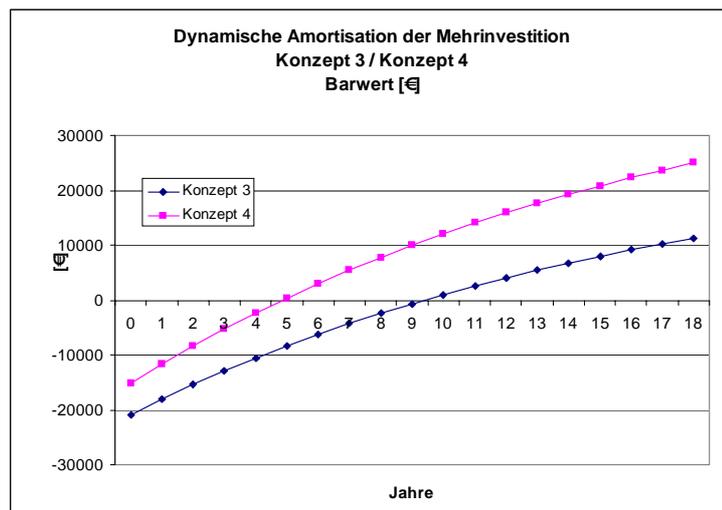


Abbildung 93: Vergleich Konzept 3 und 4 (Dynamische Amortisation der Mehrinvestition)

Die bestehende (derzeit realisierte) Heizanlage im Konzept 3 ist eine Gasheizung mit 44 kW thermischer Leistung. Die für den Sparmarkt konzipierte Heizung auf Basis fester Biomasse (Hackgut) hat hinsichtlich des erforderlichen Invest gegenüber der Gasheizung Nachteile:

- Für die Lagerung des Brennstoffes (Hackgut) ist ein eigenes Brennstofflager erforderlich. Dieses entfällt bei einer Gasheizung. Je nach gewählter Brennstofflogistik – in der wirtschaftlichen Machbarkeit wurde von 4 Brennstofflieferungen pro Jahr ausgegangen (laut Spar ein durchaus realistischer Wert) – ist zur Lagerung des Brennstoffes eine Grundfläche von etwa 12 m² erforderlich. Bei einem Baupreis von 290 €/m² ergibt das einen Invest von € 3521,- für das Brennstofflager.
- Für den Heizkessel für feste Biomasse sind € 17900,- zu investieren, der etwa gleich leistungsstarke Gaskessel kostet hingegen nur € 4186,-. Auch wenn man davon ausgeht,

dass etwa 30% des Biomassekessels gefördert werden, so bedeutet das immer noch ein mehr von etwa € 7750,- alleine für den Heizkessel.

- Die Kraftkomponente der KWK kostet € 11.500,-.

Dem gegenüber stehen folgende Vorteile:

- Bei gleichem Energieinhalt sind die Brennstoffkosten Gas zu Hackgut etwa 2 zu 1
- Die KWK ermöglicht eine jährliche Stromerzeugung von 10382 kWh, für die ein garantierter Einspeisetarif von 0,16 €/kWh vorhanden ist.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen kommt es nach etwa 9 ½ Jahren zur dynamischen Amortisation der Mehrinvestition. Damit kommt man schon in die Nähe einer für Spar interessanten Investition (Spar fordert einen Amortisationszeitraum von 7 Jahren).

Noch interessanter wird so ein KWK-Konzept wenn man nicht gegen eine Gasheizung antritt (wie im Konzept 3), sondern wie im Konzept 4 die wirtschaftliche Machbarkeit gegen eine Heizanlage, welche mit Heizöl betrieben wird rechnet.

Als wesentlicher Unterschied zum Konzept 3 sind im Konzept 4 auf der Seite der Heizölanlage folgende Änderungen zu vermerken:

- Für die Lagerung des Heizöls ist jetzt ebenfalls ein Lagerraum erforderlich, dieser entspricht in den Abmessungen etwa denen des Lagerraums für Hackgut, im Falle von undichten Öltanks ist dieser jedoch als öldichte Wanne auszuführen (daher der leicht erhöhte Quadratmeterpreis für den Öllagerraum)
- Zusätzlich zu den Kosten für die Erstellung des Lagerraums sind Heizöltanks erforderlich, die € 4.300,- (inklusive aller Armaturen) ausmachen
- Deutlich höhere Brennstoffpreise für Heizöl (0,051 €/kWh)

Betrachtet man das KWK-Konzept unter den gegebenen Änderungen (von Konzept 3 auf Konzept 4) so verkürzt sich der Zeitpunkt der dynamischen Amortisation der Mehrinvestition von 9 ½ Jahren auf etwa 5 Jahre. Somit zeigt sich, dass KWK auf Basis fester Biomasse gegen bestehende Heizungsanlagen, die mit Heizöl betrieben werden eine wirtschaftliche Alternative darstellen.

Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 – Spar (Fernitz)

Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlast motorische KWK		
Kesselnennleistung	44,00	[kW]	thermische Nennleistung	12,50	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Nennleistung (elektrisch)	5,50	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	15000,00	[€]
Anschlußkosten Gas	2500,00	[€]	Anschlußkosten Senertec Dachs HKA G 5,5	3000,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	Anschlußkosten Gas	2500,00	[€]
			KWK-Förderung (Kommunalkredit)	-3000,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	62222,48	[kWh/Jahr]
			erzeugte elektrische Energie	27377,89	[kWh/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	9,60	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]
			Anschlußkosten	0,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	8942,27	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]	Summe Investitionskosten	21686,00	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	62222,48	[kWh/Jahr]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2863,65	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	8942,27	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	393,65	[€]
			erzeugte elektrische Energie	27377,89	[kWh/Jahr]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffmenge für Stromerzeugung	31111,24	[kWh/Jahr]
			Brennstoffvolumen	2962,98	[Nm³/Jahr]
			Erdgasabgabe (KWK)	0,0436	[€/Nm³]
			Erdgasabgabe pro Jahr (KWK)	129,20	[€]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	1130,81	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	4388,11	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlast motorische KWK		
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag pro Jahr	350,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile (für Reparatur) pro Jahr	200,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	845,00	[€]
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]	Variable Kosten pro Jahr	5233,11	[1]
Erträge			Kostensparnis		
Preis rückgespeister Strom	0,00	[€/kWh]	Preis elektrischer Strom (Einkauf)	0,11	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Kostensparnis durch selbst produzierten Strom	3011,57	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2221,54	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	60563,00	[€]

Tabelle 79: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 Spar (Fernitz)

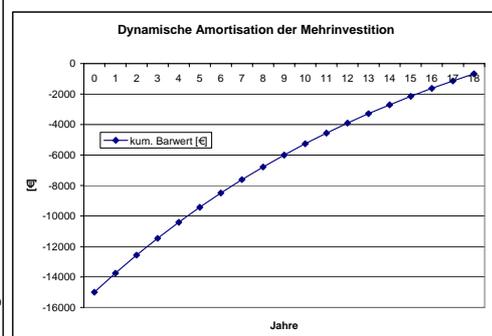
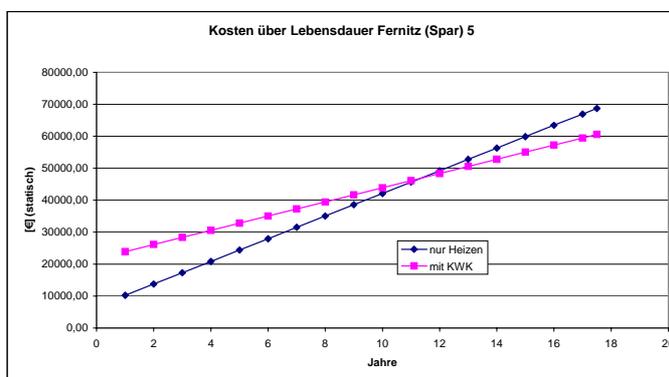


Abbildung 94: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 5 Spar (Fernitz)

Abbildung 95: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 5 Spar (Fernitz)

Im Konzept 5 wird von einer motorischen BHKW-Anlage auf Basis Erdgas oder Flüssiggas ausgegangen, die sich dem Vergleich mit der Gasheizung mit 44 kW thermischer Leistung stellen muss. Der Verlauf der Dauerlinie erfordert ein BHKW mit möglichst kleiner elektrischer Leistung, am geeignetsten erschien die Anlage von Senertec. Zum Einsatz kommt der Dachs HKA 5,5 G. Dieser hat eine thermische Nennleistung von 12,5 kW und eine elektrische Nennleistung von 5,5 kW. Als wesentlicher Nachteil dieser Anlage ist zu vermerken, dass kein modulierter Betrieb möglich ist. Der thermische Wirkungsgrad liegt bei 61%, der elektrische Wirkungsgrad liegt bei 27%.

Begründet durch den guten elektrischen Wirkungsgrad und in der Folge durch die geringe thermische Nennleistung, reicht das BHKW nicht zur Abdeckung der thermischen Spitzenlast aus. Daher ist zusätzlich zum BHKW noch ein Spitzenlastkessel erforderlich. Dieser wird ebenso wie das BHKW mit Erdgas oder Flüssiggas betrieben.

Durch diesen Split in Grundlast- (motorisches BHKW) und Spitzenlastkessel ergibt sich ein etwa 3mal so hoher Invest wie für die Gasheizung. Hinzu kommt weiters, dass für eine solche Anlage (auf Basis fossiler Brennstoffe) keine garantierten Einspeisetarife (wie bei Strom aus fester Biomasse) für den erzeugten elektrischen Strom vorhanden sind. Im Gegensatz zu den Biomasse-KWK-Konzepten wird daher im Konzept 5 der erzeugte Strom nicht ins Netz rückgespeist, sondern für den Eigenbedarf verwendet. Der Bedarf aus dem Stromnetz wird daher um die Eigenproduktion reduziert. Der garantierte Einspeisetarif für aus fester Biomasse erzeugtem elektrischen Strom beträgt 0,16 €/kWh, der aus dem Stromnetz eingekaufte Strom kostet 0,11 €/kWh.

Hinsichtlich des Brennstoffes verwenden sowohl die bestehende Gasheizung wie auch das motorische BHKW als Brennstoff Erdgas, weshalb sich in dieser Hinsicht für das BHKW kein Vorteil einstellt (gleiche Brennstoffkosten). Als weiterer erschwerender Faktor für das Konzept 5 ist die gegenüber KWK-Konzepten auf Basis fester Biomasse geringere Förderung (geringere Förderbasis und geringere Förderprozentsätze) zu nennen.

Alle diese Faktoren führen schließlich dazu, dass sich bei der rein statischen Betrachtung (Kosten über Lebensdauer) ein geringer Vorteil für das motorische BHKW ergibt. Wird jedoch die Verzinsung (kalkulatorischer Zinssatz 6%) berücksichtigt, so geht sich keine dynamische Amortisation der Mehrinvestition im Zeitraum der Lebensdauer der Anlage aus.

3.2.1.4 Zusammenfassung Biomasse-basierte KWK-Konzepte für Eurospar- und Sparmärkte

- Der Aufbau der Konzepte sowie die Berechnung der wirtschaftlichen Machbarkeit basiert auf den Jahresganglinien bzw. Dauerlinienverläufe für die beiden Supermärkte Spar (Fernitz) und Eurospar (Gleisdorf). Der Verlauf der Dauerlinien legt jedoch die Vermutung nahe, dass die installierten Heizanlagen für die beiden Märkte deutlich überdimensioniert sind, also eigentlich zu große Heizkessel installiert sind. Sollten weitere Aktivitäten in dieser Richtung angestoßen werden, so ist dieses Basisdatenmaterial noch einmal kritisch zu überprüfen.
- Entscheidenden Einfluss auf die wirtschaftliche Machbarkeit der Konzepte hat die Entwicklung der Brennstoffpreise für die verschiedenen Energieträger (Heizöl, Erdgas, Hackgut, Pellet) sowie die Entwicklung der Strompreise. Eine Sensitivitätsanalyse der Konzepte hinsichtlich variierender Brennstoffpreise wurde allerdings nicht durchgeführt.
- Ebenfalls entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Konzepte hat der garantierte Einspeisetarif für elektrischen Strom, der aus fester Biomasse erzeugt wird. Wie die zukünftigen Einspeisetarife aussehen werden und welche Höhe sie haben werden ist schwierig vorherzusagen
- Das Anlagenkonzept der KWK auf Basis Linator (egal ob ausgeführt als Bison Plus oder Bison Integral) ist so ausgelegt, dass der Heizbetrieb der Gesamtanlage auch bei defekter Kraftkomponente gewährleistet ist. D.h. die Stromproduktion ist im Fall einer Störung des Linators nicht mehr möglich, sehr wohl aber die weitere Versorgung mit Wärme.
- Die Konzepte für den Spar (Fernitz) und Eurospar (Gleisdorf) wurden sowohl mit Pellet als auch mit Hackgut als Brennstoff durchgerechnet. Aus den beiden unterschiedlichen Brennstoffen ergeben sich geringfügige Unterschiede in den Anlagen im Bereich der Brennstoffförderung und dem Aufbau des Brennstofflagers (Pellet sind rieselfreudig, Hackgut nicht) und damit verbunden geringfügig unterschiedliche Investitionsbeträge. Der deutlich günstigere Brennstoffpreis für Hackgut (bei gleichem Energieinhalt kosten Pellet doppelt so viel wie Hackgut) ermöglicht damit den wirtschaftlichste Betrieb einer solchen Anlage.
- Der Umstieg von einer Heizanlage die gasbefeuert ist auf eine Biomasseanlage auf Basis Hackgut ist wirtschaftlich machbar (Siehe dazu die Konzepte 6 Spar (Fernitz) und 11 Eurospar (Gleisdorf) im Anhang dieser Arbeit). Im Konzept 6 ergibt sich eine dynamische Amortisation der Mehrinvestition nach 7 Jahren, im Konzept 11 nach 9,5 Jahren. Die wirtschaftliche Machbarkeit berücksichtigt dabei sowohl den höheren Invest für die Heizkessel und Fördereinrichtungen sowie die erforderlichen Flächen (und damit verbundenen Invest) für das Brennstofflager.
- Der Umstieg auf eine Hackgut gefeuerte Heizanlage oder Hackgut betriebene KWK erscheint noch attraktiver, wenn die wirtschaftliche Machbarkeit im Vergleich gegen eine mit Heizöl befeuerte Anlage durchgerechnet wird. Dann wird die Amortisation der Mehrinvestition bereits nach 5 bis 6 Jahren erreicht.

- Auch die nachträgliche Installation einer KWK mittels Bison Integral in ein bestehendes Heizsystem lässt sich wirtschaftlich darstellen. Dies wurde im Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf) aufgezeigt.
- Der Einsatz einer Biomasseheizanlage oder auch der Betrieb einer KWK auf Basis fester Biomasse erfordert eine Brennstofflogistik derart, dass die Brennstofflagerflächen nicht zu groß wird. Gleichzeitig muss allerdings gewährleistet sein, dass im Brennstofflager ausreichend Brennstoff vorhanden ist, falls Lieferengpässe (mangels möglicher Liefertermine etc.) auftreten. Selbst im Eurosparmarkt (Gleisdorf) sind im schlechtesten Fall jährlich 8 Brennstoffanlieferungen erforderlich. Dort wird dann sowohl die KWK mit Grundlastkessel, als auch der Spitzenlastkessel auf Basis Hackgut gefeuert.
- Für eine installierte thermische Heizleistung von 50 bis 60 kW (das betrifft den Supermarkttyp Spar) muss eine KWK bzw. auch eine reine Heizanlage mit einem Heizkessel dargestellt werden. Ein Split in Grundlastkessel und Spitzenlastkessel verursacht einen derartig hohen Invest, dass eine wirtschaftliche Machbarkeit nicht erreicht werden kann.
- Ein Scale Up der KWK mit Linator von einer elektrischen Leistung von 3 auf 5 kW (als mittel- bis langfristiges Entwicklungsziel) bringt im Supermarkttyp Spar keinen Vorteil in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit. Der Verlauf der Dauerlinie ermöglicht keine deutliche Mehrproduktion an elektrischer Energie, gleichzeitig steigt aber der Invest für eine solche größere Anlage. Somit erscheinen für den Supermarkttyp Spar KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 3 kW (auf Basis Linator) eine sinnvolle Anlagengröße zu sein. Für den Supermarkttyp Eurospar hingegen ist dieses Scale Up auf 5 kW elektrische Leistung sehr wohl interessant, weil hier die Dauerlinie kein Hindernis darstellt.

Ein motorisches BHKW auf Basis Erdgas / Flüssiggas wurde als Beispiel für den Supermarkttyp Spar (Fernitz) durchgerechnet. Aufgrund der nicht vorhandenen Einspeisetarife für den elektrischen Strom sowie die geringeren Förderungen für so eine auf fossilen Brennstoffen basierten Anlage kann die wirtschaftliche Machbarkeit nicht (oder nur sehr schwer) erreicht werden.

3.2.2 Solar basierte Konzepte

Bei der Implementierung einer Solar gestützten Energieversorgung durch hat sich gezeigt, dass die Rahmenbedingungen, welche durch bestehende SPAR, INTERSPAR und EU-ROSPAR Lebensmittelmärkte vorgegeben waren, bestimmter gebäudetechnischer und baulicher Adaptierungen für einen sinnvollen Einsatz dieser Technologien bedürfen.

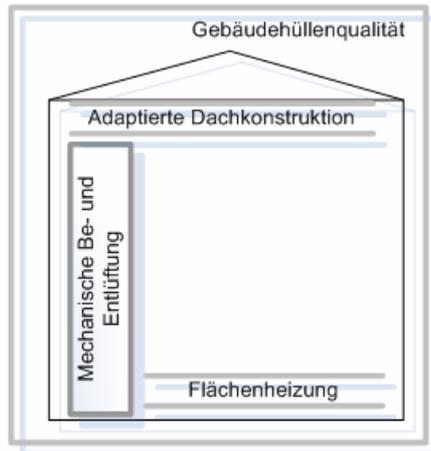


Abbildung 96: Bauliche und gebäudetechnische Veränderungen

Folgende Konzeptänderungen erscheinen Erfolg versprechend:

- Anhebung der Gebäudehüllenqualität:

Maßnahmen:

- Verringerung der Transmissionswärmeverluste durch Wärmedämmung und bessere Fensterqualität
- Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch luftdichere Bauweise
- Wärmebrückenvermeidung
- Mehr Speichermassen
- Sonnenschutzmaßnahmen wenn erforderlich (z.B. außenliegender Sonnenschutz in einer großflächigen Südverglasung)

Begründung:

- All diese Maßnahmen sind Energieeffizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle, die somit zu einem grundsätzlich geringeren Energiebedarf zur Raumheizung und Raumkühlung führen.
 - Die Überhitzungsgefahr im Sommer bei einer Ausführung der Gebäudehülle in einem besseren Standard als es derzeit der Fall ist verringert sich drastisch.
- Einsatz von Flächenheizung anstelle der derzeit üblichen Deckenstrahlplatten zur Beheizung:

Begründung:

- Flächenheizungen werden vorwiegend als Niedertemperaturheizung betrieben, wodurch sich ein sehr gutes Anlagenverhalten bei Wärmepumpenanlagen ergibt und auch die Erträge bei solarthermischen Anlagen können besser genutzt werden.
- Diese Flächeheizungen können nicht nur zur Raumheizung, sondern auch zur Raumkühlung herangezogen werden. Die Bereitstellung der erforderlichen Temperatur des Kühlmediums lässt sich auf einfache Weise durch die Erdwärme (Direct Cooling) der Wärmepumpenanlage bereitstellen (siehe Kapitel)

Mögliche Ausführungsarten:

- Fußbodenheizung/Fußbodenkühlung (Verlegung der Heiz-/Kühlschlangen im Estrich)
 - Bauteilaktivierung für Heizung und Kühlung (Verlegung der Heiz-/Kühlschlangen in Betondecke)
- Einsatz kontrollierter Be- und Entlüftung
Die derzeit noch oftmals vorherrschende „Fensterdauerlüftung“ hat einige gravierende Nachteile:
 - Die vorher kostspielig erwärmte oder gekühlte Raumluft wird dabei einfach beim Fenster „hinausgelüftet“.
 - Die erzielbare Frischluftversorgung ist nicht komfortabel, da nur punktuell Frischluft in den Lebensmittelmarkt hineinkommt und dadurch zumeist keine gute Durchmischung der Raumluft erfolgt.
 - Außenluft ist im Sommer zu heiß und im Winter zu kalt um für komfortable Raumluftzustände zu sorgen.

Bei der Konzepterstellung hat sich gezeigt, dass die technischen Möglichkeiten bei der Gebäudebeheizung und Gebäudeklimatisierung mit Erneuerbaren Energieträgern sehr vielfältig sind.

Es wurden daher beispielhaft bestimmte Konzepte für die vorgegebenen Lebensmittelmärkte erstellt, jedoch ist anzumerken, dass das lediglich erste Ideen für den Anwendungsbereich „Erneuerbare Energie in Lebensmittelmärkten“ sind, die im Rahmen dieses Projektes erstellt werden konnten.

3.2.2.1 Solar basierte Konzepte für Interspar-Märkte

Detailkonzept INTERSPAR Graz Wienerstrasse

- Teilsolare Trinkwasserbereitung und Raumheizung

Die Warmwasserbereitung erfolgt je nach Temperaturniveau direkt aus der Abwärme einer solaren KWK oder aus der Abwärme der Absorptionskältemaschine. Das KWK wird aus Biomasse mit Wärme versorgt.

- Teilsolare Lüftung

Eine solare Lüftung entsprechend dem hygienischen Frischluftbedarf von zumindest 20 m³ pro Person und Stunde wird an einer südseitigen Fassade errichtet. Sie bietet bei Einstrahlung während der Heizperiode eine kostengünstige Vorwärmung der Frischluft, unterstützt also gleichzeitig die Raumwärmerversorgung.

Im Sommer erfolgt eine direkte Ansaugung der Außenluft, also nicht über die Fassadenkollektoren. Diese besitzen keine Glasabdeckung und sind in die Fassade als Profilbleche oder als perforierte Bleche unauffällig integriert, weshalb man auch von Absorbern spricht. Die großflächige grafische Gestaltung dieser Absorber stellt bei der Verwendung von dunklen satten Farben für die thermische Effizienz keine nennenswerte Verschlechterung dar. Die Absorber werden an der Außenfassade dort angebracht, wo möglichst kurze Wege zu den Kanälen bzw. Auslässen der Luftverteilung im Gebäude bestehen. Selbstverständlich sind auch entsprechende Fortluftöffnungen in den Außenwänden vorzusehen.

Damit das gesamte Gebäude bzw. der gesamte Verkaufsraum vollständig und angenehm belüftet wird, sollte die Anordnung mit einem Simulationsprogramm für Raumluftströmungen optimiert werden. Optional kann eine Abluft-Wärmerückgewinnung zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste vorgesehen werden. Diese Maßnahme erscheint aber erst bei einem sehr guten Wärmeschutzstandard eines Sparmarktes sinnvoll. Ein solcher würde beim Unterschreiten eines Heizwärmebedarfes von etwa 40 kWh pro m² beheizter Nutzfläche vorliegen.

Die besprochenen Maßnahmen gehen von einem luftdichten Gebäude und einer entsprechend geringen unkontrollierten natürlichen Luftwechselrate aus.

Ein nutzungsbedingtes Beispiel für eine hohe natürliche Luftwechselrate wäre eine Dauerquerstromlüftung durch im Markt gegenüberliegende gekippte Fenster. Aber auch Baumängel können zu hohen Luftwechselraten führen.

Insgesamt 250 m² Fassadenabsorber werden bei den Zuluft einlässen in den Verkaufsraum bzw. nahe den Luftkanälen zur Luftverteilung im Verkaufsraum in der Südfassade integriert.

- Teilsolare Kühlung

Die Absorptionskältemaschine nutzt in erster Linie die Abwärme aus der KWK und erst dann die Wärme aus der Biomasse und arbeitet zweistufig um Pluskälte und Minuskälte bereitzustellen. Die Kompressionskältemaschinen werden vollständig durch Absorptionskältemaschinen ersetzt.

- Teilsolare Stromversorgung

Die Ausführung und Gestaltung der Einbindung von Photovoltaik- Modulen wird entsprechend den Vorschlägen für den Sparmarkt St. Marein ausgeführt.

Kraft-Wärme Kopplung:

Das KWK erzeugt elektrische Energie mit dem Ziel einer vollständigen Deckung des Eigenbedarfes. Das Netz dient als Speicher für Lastschwankungen des Marktes.

- Energiebedarf

Heizung: 39 W/m²

- Beheizte Nutzfläche: 6.505m²
- Gerechnet über derzeit installierte Heizleistung und Brennstoffverbrauch
- Raumheizung + Warmwasserbereitung
- Kühlung: 24 W/m²
- Verkaufsfläche: 3.565m²
- Gerechnet über derzeitige Installierte Kälteleistungen und durch besseren Schutz gegen sommerliche Überhitzung erreichbarer Wert

Raumkühlung

- Belüftung: 16.800 m³/h
- Erforderlicher Luftwechsel um die Raumkühllast über die Lüftungsanlage abführen zu können

Gewerbekälte:

- Pluskälteverbrauch: 492.319 kWh/a bei Verdampfungstemp. -15°C
- Minuskälteverbrauch: 287.057 kWh/a bei Verdampfungstemp. -38°C

- Energiebereitstellung

Die wichtigsten Daten der Energiebereitstellung sind in der nachstehenden Tabelle angeführt. Diese Daten sollten als erste Richtwerte für eine weitere dynamische Berechnung betrachtet werden.

Hackschnitzelheizung	
Nennwärmeleistung	1.000 kW
Äquivalente Volllaststunden	6.575 kW
KWK	
Jahreswirkungsgrad Wärme in Kraft	10 %
Erzeugte elektr. Energie	594.136 kWh/a
Absorptionskälteanlage	
Betriebsmittel	NH ₃ /H ₂ O
Antriebstemperatur	125 °C
Vorlauftemperatur Plus Kälte	-15 °C
Vorlauftemperatur Minus Kälte	-40 °C
Jahresauslastung Plus Kälte	40 %
Jahresauslastung Minus Kälte	10 %
COP Plus Kälte	0,44
COP Minus Kälte	0,3
Fassaden-Luftkollektoren	
Kollektorfläche	250 m ²
Jahreswärmeertrag	44.800 kWh/a

Tabelle 80: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Intersparmarkt

- Wirtschaftliche Betrachtung

Anhand der ersten Auslegungen der Energiebereitstellungssysteme wurden mithilfe von Herstellerangaben in die Investition und der Betrieb kostenmäßig bewertet und sind in Tabelle 81 dargestellt.

Hackschnitzelheizung	
Investitionskosten	209.800 €/a
Betriebskosten	180.000 €/a
KWK	
Investitionskosten	1.189.600 €
Betriebskosten	38.000 €/a
Absorptionskälteanlage	
Investitionskosten	520.000 €
Betriebskosten	14.200 €/a
Fassaden-Luftkollektoren	
Investitionskosten	25.200 €

Tabelle 81: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Intersparmarkt

- Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Raumheizung und Trinkwassererwärmung wird hier vollständig durch die Abwärmenutzung einer KWK-Anlage (Kraft-Wärme-Kopplung) und der Abwärme einer Absorptionskältemaschine gedeckt. Die Wärmereitstellung für diese Systeme erfolgt durch eine Hackschnitzelheizung mit rund 1.000 kW.

Die Absorptionskältemaschine und die KWK werden mit 125 °C Wärme aus dem Biomassekessel versorgt, dabei wird Pluskälte und Minuskälte mit zwei verschiedenen Absorptionskältemaschinen bereitgestellt. Die Kompressionskältemaschinen werden in diesem System also vollständig durch Absorptionskältemaschinen ersetzt.

Die Energieverteilung erfolgt einerseits über den Fußboden durch eine Fußbodenheizung und andererseits über eine Lüftungsanlage. Zur solaren Frischluftherwärmung und Nachtlüftung kommen kostengünstige Fassadenabsorber mit 280 m² zum Einsatz.

Weiters wurden die sinnvoll nutzbaren Flächen der Gebäudehülle für die Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaik herangezogen. Dafür können beispielsweise 60 m² Photovoltaikmodule mit einem zusätzlichen Nutzen als Regenschutz und zur Verschattung herangezogen werden und 50 m² amorphe Module als semi-transparente Dünnschicht Verglasung. Auf der Dachfläche können bei diesem Interspar Photovoltaikmodule mit 400 m² und mehr eingesetzt werden.

In diesem Konzept wurde versucht, nicht nur die Raumkühlung durch eine alternative Energieversorgung zu ersetzen, sondern auch die Gewerbekälte in ein gemeinsames Kältesystem zu integrieren.

Eine Kältebereitstellung für Raumkühlung, Pluskälte und Minuskälte ist über Absorptionskältemaschinen technisch derzeit für diese Anlagengröße durchaus möglich, es gibt jedoch nur begrenzt Kältemaschinen und deren COP (Coefficient of Performance) ist für diese Anwendungen sehr niedrig.

Bei der kostenmäßigen Bewertung zeigte sich, dass der Einsatz von Absorptionskältemaschinen für diesen Anwendungsbereich mit Kompressionskältemaschinen derzeit nicht konkurrieren kann.

Aufgrund der hohen Kosten laut den ersten Schätzungen für eine KWK, mit Hackschnitzelheizung als Antrieb, wurde dieses System nicht mehr weiter verfolgt.

3.2.2.2 Solar basierte Konzepte für Eurospar-Märkte

Detailkonzept Eurospar Gleisdorf

- Teilsolare Trinkwasserbereitung und Raumheizung

Solare Luftkollektoren zur Frischluftherwärmung unterstützen bei Sonneneinstrahlung direkt die Raumheizung in der Übergangszeit. Solare Wasserkollektoren unterstützen die Warmwasserbereitung und über einen Pufferspeicher für 12 h auch Raumheizung. Der Puffer wird in der Heizperiode während der Nacht über die Fußbodenheizung entladen. Falls Hackschnitzel als Brennstoff gewählt wird, wie wir es für Gleisdorf vorgesehen haben, kann das Überangebot an Wärme der Wasserkollektoren im Sommer zur Trocknung der Biomasse genutzt werden. Der Restbedarf an Energie zur Warmwasserbereitung und zur Raumheizung kann über die üblichen Systeme (Fernwärme, Gaskessel, Biomasse) erfolgen.

- Teilsolare Raumheizung

Die Luftkollektoren liefern bei Sonneneinstrahlung Wärme für die Raumheizung im Winter. Der Restbedarf zur Wärmebereitstellung erfolgt über die gängigen Systeme (Fernwärme, Gaskessel, Biomasse).

- Teilsolare Lüftung

Im Winter wird die Frischluft über den Luftbrunnen vorgewärmt. Im Sommer wird die Frischluft „vorgekühlt“. Bei ausreichender Sonneneinstrahlung in der Heizperiode wird die Frischluft wie im Konzept für Sparmarkt St. Marein beschrieben über die „Solarwall“ angesaugt.

- Teilsolare Kühlung

Die Raumluft wird durch eine DEC-Anlage klimatisiert. Die Luftkollektoren liefern im Sommer die Wärme für die Trocknung der Außenluft in der DEC-Anlage. Die Raumluftfeuchte kann in einem bestimmten Bereich frei gewählt werden. Die Frischluftansaugung für die DEC-Anlage kann im Sommer über einen Luftbrunnen erfolgen.

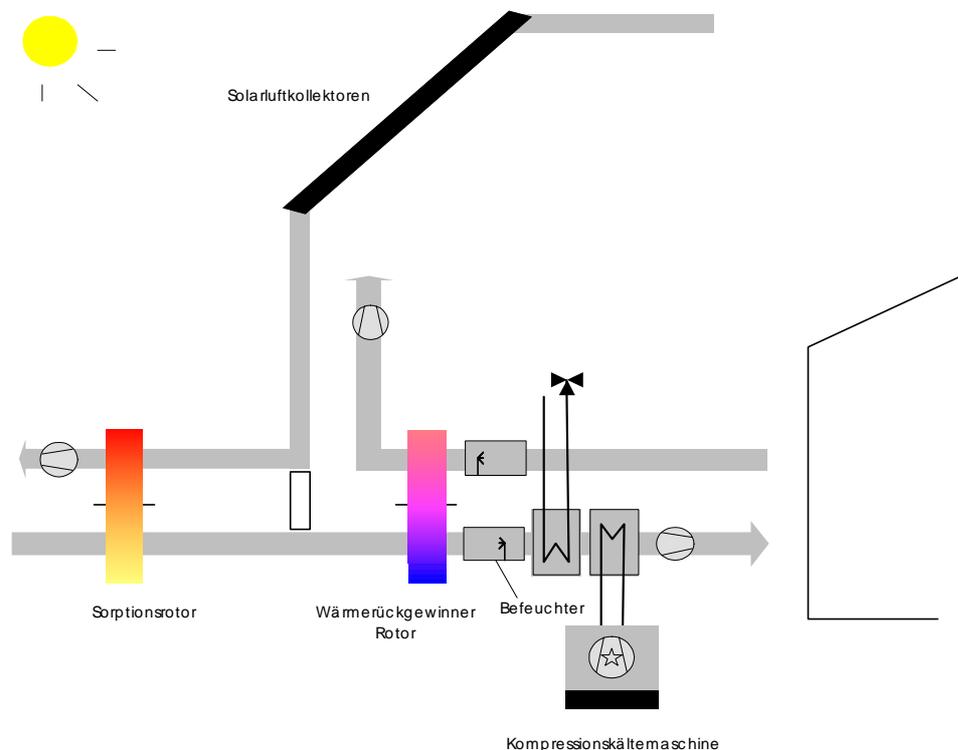


Abbildung 97: Anlagenschema DEC-Anlage

Die solare Lüftung kann im Sommer gezielt zur verstärkten „Nachtkühlung“ eingesetzt werden.

- Teilsolare Stromversorgung

Die Ausführung und Gestaltung der Einbindung von Photovoltaik-Modulen wird entsprechend den Vorschlägen für den Sparmarkt St. Marein ausgeführt.

Spezifikation Hauptkomponenten

- Energiebedarf

Heizung: 36 W/m²

- Beheizte Nutzfläche: 2.943m²
- Gerechnet über derzeit installierte Heizleistung und Brennstoffverbrauch
- Raumheizung + Warmwasserbereitung

Kühlung: 24 W/m²

- Verkaufsfläche: 1.981m²
- Gerechnet über derzeitige Installierte Kälteleistungen und durch besseren Schutz gegen sommerliche Überhitzung erreichbarer Wert
- Raumkühlung

Belüftung: 9.600 m³/h

- Erforderlicher Luftwechsel um die Raumkühllast über die Lüftungsanlage abführen zu können

- Energiebereitstellung

Die wichtigsten Daten der Energiebereitstellung sind in Tabelle 82 angeführt. Diese Daten sollten als erste Richtwerte für eine weitere dynamische Berechnung betrachtet werden.

Hackschnitzelheizung	
Nennwärmeleistung	160 kW
Solar-Flachkollektoren	
Kollektorfläche	88 m ²
Solare Deckung	20 %
Jahreswärmeertrag	17.576 kWh/a
Speicherung	
Speichertemperatur	50 °C
Speichervolumen	5.273 l
Fassaden-Luftkollektoren	
Kollektorfläche	160 m ²
Jahreswärmeertrag	25.600 kWh/a
DEC-Anlage	
Volumenstrom	9.600 m ³ /h
COP	0,6
COP Sol	0,37
Kälteleistung	67 kW
Kühlleistung	41 kW
Antriebsleistung	112 kW
Baugrösse	
Sorptionsrad Durchmesser	1,8 m
Länge/Breite/Höhe	10/2/2 m

Tabelle 82: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Eurosparmarkt

Wirtschaftliche Betrachtung

Anhand der ersten Auslegungen der Energiebereitstellungssysteme wurden mithilfe von Herstellerangaben in Tabelle 83 die Investition und der Betrieb kostenmässig bewertet.

Hackschnitzelheizung	
Investitionskosten	115.000 €/a
Betriebskosten	10.397 €/a
Solar-Flachkollektoren+Speicher	
Investitionskosten	39.000 €
Fassaden-Luftkollektoren	
Investitionskosten	14.500 €
DEC-Anlage	
Investitionskosten	154.000 €
Betriebskosten	1.600 €/a

Tabelle 83: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Eurosparmarkt

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Raumheizung und Trinkwassererwärmung wird hier zum größten Teil durch eine Hackschnitzelheizung mit 160 kW abgedeckt, ein solarthermisches Wasser-System mit 88 m² deckt 20 % dieses Bedarfes ab.

Die Energieverteilung erfolgt einerseits über den Fußboden durch eine Fußbodenheizung und andererseits über eine Lüftungsanlage, die in diesem Fall als solar unterstützte DEC-Anlage mit ca. 41 kW Kühlleistung ausgeführt ist. Dafür werden 160 m² Luftkollektoren benötigt, welche auch zur Nachtlüftung eingesetzt werden.

Weiters wurden die sinnvoll nutzbaren Flächen der Gebäudehülle für die Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaik herangezogen. Dafür können beispielsweise im Eingangsbereich 60m² Photovoltaikmodule mit einem zusätzlichen Nutzen als Regenschutz und zur Verschattung herangezogen werden und 30 m² amorphe Module als semitransparente Dünnschicht Verglasung mit dem Zusatzvorteil einer gewissen Abschattung. Die Dachfläche kann hier mit 600 m² oder mehr Photovoltaik genutzt werden.

In diesem Konzept lag der Schwerpunkt bei der Einbindung einer solar gestützten DEC (Desiccant and Evaporative Cooling) Anlage zur Raumkühlung. Diese Technologie ist für Lebensmittelmärkte eine gute Lösung des Kühl- und Klimatisierungsproblems, da Kühlbedarf und Frischluftbedarf mit den Anforderungen der DEC-Anlage gut zusammenfallen. Nachteile ergeben sich durch die Baugröße und der derzeit noch hohen Investitionskosten dieser solar gestützten Kühlungsanlage.

3.2.2.3 Solar basierte Konzepte für Spar-Märkte

Detailkonzept für Sparmarkt St. Marein

- Teilsolare Trinkwasserbereitung und Raumheizung

Fassadenkollektoren stellen in Verbindung mit einer Wärmepumpe das Warmwasser zur Verfügung. 84 m² Wasserkollektoren werden am Standort St. Marein an der Süd-Fassade montiert. Die Wärmepumpe liefert zusammen mit den Sonnenkollektoren einerseits die Energie für die Trinkwassererwärmung und andererseits die Energie für eine Fußbodenheizung mit einer Vorlauftemperatur von rund maximal 30 °C. Die Nutzung kurzfristiger Wettervorhersage über das Internet ermöglicht mit einer intelligenten Steuerung einerseits die rechtzeitige Herabsetzung der Heizleistung in der Heizperiode bzw. die verstärkte Vorkühlung im Sommer, jeweils wenn sonniges und warmes Wetter zu erwarten ist.

Die Wärmepumpe bezieht ihrerseits die Energie aus einem Flachkollektorfeld im Erdreich. Eine räumliche Nähe des Feldes zur Wärmepumpe ist aus Kostengründen anzustreben.

Die Wärmepumpe arbeitet in das Nachheizvolumen eines zentralen Energiespeichers für die Raumheizung und erwärmt mit einem Heißgas-Wärmetauscher das Nachheizvolumen eines weiteren Energiespeichers für die Trinkwassererwärmung auf zumindest 50 °C. Falls ausreichend solare Einstrahlung vorhanden ist wird diese in den Speicher eingebracht. Dezentrale, kleine, Trinkwasser führende Schichtspeicher für die Trinkwassererwärmung werden, nach Unterschreiten einer im unteren Teil gemessenen Minimaltemperatur mit Energie aus dem

zentralen Energiespeicher versorgt. Sollte die gemessene Temperatur im obersten Drittel der kleinen dezentralen Trinkwasserspeicher unter der notwendigen Zapftemperatur liegen, erfolgt eine direkte elektrische Nachheizung. Es handelt sich also um eine hygienische und effiziente Trinkwassererwärmung, die keine permanente Zirkulation benötigt. Die erforderliche minimale Größe der dezentralen Speicher wird einerseits durch den maximalen Trinkwasservolumenstrom bei einer Zapfung und andererseits durch die Transportzeit der Energie vom zentralen zum dezentralen Energiespeicher bestimmt.

Liegt an einem Standort eine Grundwasserströmung in ausreichender Höhe und Mächtigkeit vor, also bei Märkten ohne Kühlung durch Umschaltung der Wärmepumpe, kann im Sommer an sonnenlosen Tagen die Wärmepumpe mit der Energie aus den Erdsonden die Warmwasserbereitung sicherstellen. Die Regelung der Fußbodenheizung und der Fußbodenkühlung ist Rücklauf- und Außenluft geführt und variiert die Vorlauf- und Rücklauf-temperaturen um konstant niedrige Rücklauf-temperaturen in die Speicher zu gewährleisten.

- Teilsolare Raumheizung

Wie im vorigen Kapitel beschrieben sichern Fassadenkollektoren in Verbindung mit einer Wärmepumpe auch die Raumwärmeversorgung. Da eine Systembeschreibung der Trinkwassererwärmung und der Raumheizung am besten gemeinsam erfolgt, wurde sie bereits im vorhergehenden Abschnitt vorweggenommen.

Die Entscheidung ein System mit einer Flächenheizung anstatt mit der Deckenstrahlheizung vorzuschlagen, begründet sich auf der Tatsache, dass der effiziente Einsatz und damit die wirtschaftlich sinnvolle Anwendung von solarthermischen Systemen und von Wärmepumpen-Anlagen Niedertemperatur-Wärmenutzeranlagen erfordert. Dass die Fußbodenheizung hervorragende Behaglichkeitswerte erreicht, ist allgemein bekannt. Angenehme Nebeneffekte sind unter anderem das schnellere Trocknen des Wassereintrages in den Markt bei Regen oder Schnee durch Kunden bzw. das schnellere Trocknen nach der Reinigung sowie einfach durch die besseren Beleuchtungsmöglichkeiten durch weniger Abschattung durch Deckenstrahlplatten und durch eine unter Umständen bessere Optik des Verkaufsraumes. Der ungünstige Strahlungsaustausch zwischen den Deckenstrahlplatten und den offenen Kühlgeräten im Winter ist durch die Fußbodenheizung nicht mehr gegeben.

- Solare Lüftung

Eine solare Lüftung entsprechend dem hygienischen Frischluftbedarf von zumindest 20 m³ pro Person und Stunde wird an einer südseitigen Fassade errichtet. Sie bietet bei Einstrahlung während der Heizperiode eine kostengünstige Vorwärmung der Frischluft, unterstützt also gleichzeitig die Raumwärmeversorgung.

Im Sommer erfolgt eine direkte Ansaugung der Außenluft, also nicht über die Fassadenkollektoren. Diese besitzen keine Glasabdeckung und sind in die Fassade als Profilbleche oder als perforierte Bleche unauffällig integriert, weshalb man auch von Absorbern spricht. Die großflächige grafische Gestaltung dieser Absorber stellt bei der Verwendung von dunklen

satten Farben für die thermische Effizienz keine nennenswerte Verschlechterung dar. Die Absorber werden an der Außenfassade dort angebracht, wo möglichst kurze Wege zu den Kanälen bzw. Auslässen der Luftverteilung im Gebäude bestehen. Selbstverständlich sind auch entsprechende Fortluftöffnungen in den Außenwänden vorzusehen.

Damit das gesamte Gebäude bzw. der gesamte Verkaufsraum vollständig und angenehm belüftet wird, sollte die Anordnung mit einem Simulationsprogramm für Raumluchtströmungen optimiert werden. Optional kann eine Abluft-Wärmerückgewinnung zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste vorgesehen werden. Diese Maßnahme erscheint aber erst bei einem sehr guten Wärmeschutzstandard eines Sparmarktes sinnvoll. Ein solcher würde beim Unterschreiten eines Heizwärmebedarfes von etwa 40 kWh pro m² beheizter Nutzfläche vorliegen.

Die besprochenen Maßnahmen gehen von einem luftdichten Gebäude und einer entsprechend geringen unkontrollierten natürlichen Luftwechselrate aus.

Ein nutzungsbedingtes Beispiel für eine hohe natürliche Luftwechselrate wäre eine Dauerquerstromlüftung durch im Markt gegenüberliegende gekippte Fenster. Aber auch Baumängel können zu hohen Luftwechselraten führen.

Insgesamt 16 m² Fassadenabsorber werden bei den Zuluftseinlässen in den Verkaufsraum bzw. nahe den Luftkanälen zur Luftverteilung im Verkaufsraum in der Südfassade integriert.

- Teilsolare Kühlung

Eine Raumkühlung kann durch die Umschaltung der Wärmepumpen erreicht werden, wodurch dem Fußboden Wärme entzogen wird. Die Vorlauftemperatur beträgt dabei 18 °C und die Rücklauftemperatur etwa 20 °C. Die Luftfeuchte im Verkaufsraum ist laufend zu messen, damit bei der Kühlung eine Kondensation am Boden ausgeschlossen wird. Außerdem kann eine intelligente Steuerung z.B. verhindern, dass die Lüftung zu feuchte Außenluft in den Markt einbläst und der Taupunkt der Raumlucht die Oberflächentemperatur des gekühlten Fußbodens erreicht. Die Abwärme der umgeschalteten Wärmepumpe zur Raumkühlung steht für die Trinkwassererwärmung zur Verfügung.

Weiters kann die solare Lüftung außerhalb der Betriebszeiten des Marktes im Sommer mit erhöhtem Volumenstrom der Lüftungsventilatoren gezielt zur verstärkten „Nachtkühlung“ oder zur „Trocknung“ eingesetzt werden.

- Teilsolare Stromversorgung

Photovoltaik kann in drei Bereichen des Marktes eingesetzt werden:

Als Vordach im Eingangsbereich z.B. mit Modulen aus monokristallinen Zellen. Dort dienen sie multifunktional auch der Abschattung und als Regenschutz beispielsweise über den Einkaufswagen.

Weiters in südorientierten Verglasungen, die nicht abgeschattet werden sollen oder können, z.B. als amorphe semitransparente Dünnschichtmodule in südorientierten sonnenexponierten Oberlichtern, und schließlich als aufgeständerte Module mit geringem Eigengewicht und mit geringer Bauhöhe, typischerweise als Module mit multikristallinen Zellen und mit geringer Neigung und optimaler Südausrichtung am Dach des Sparmarktes. Letztere können an den Dachträgern verankert werden oder werden an schweren Körpern, welche einfach auf den Dachträgern liegen ohne die Dachhaut zu durchstoßen, befestigt.

Die Photovoltaik ist netzgekoppelt und erzeugt deutlich mehr elektrische Energie als die Wärmepumpe und die solarthermischen Anlagen zur Beheizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung und zur Raumkühlung benötigen. Deshalb kann von einer rein solaren Wärmeversorgung eines solchen Sparmarktes gesprochen werden. Der gesamte Strombedarf des Sparmarktes kann jedoch nicht gedeckt werden, nicht zu letzt deshalb weil der Bedarf an elektrischer Energie für die Kompressions-Kältemaschinen sehr hoch ist.

Der solare Deckungsgrad der Stromversorgung eines Standortes kann natürlich durch die Erschließung weiterer Flächen, beispielsweise bei der Überdachung von Parkplätzen und Fußwegen beziehungsweise bei von der Behörde vorgeschriebenen und südorientierten Lärmschutzwänden oder Sichtschutzwänden, weiter angehoben werden.

In St. Marein wird wegen der Nordausrichtung des Eingangs auf ein Photovoltaik-Vordach verzichtet. Die Verglasung der südlichen Oberlichte wird mit semitransparenten amorphen Dünnschichtmodulen ausgestattet.

Wird eine einfach zu realisierende hundertprozentige Versorgung eines solchen „Solarmarktes“ mit erneuerbarer Energie gewünscht, kann durch die Wahl eines zertifizierten Ökostromanbieters auch der Bedarf an elektrischer Energie vollständig aus regenerativen Energieformen gedeckt werden.

Spezifikation Hauptkomponenten

- Energiebedarf

Heizung: 42 W/m²

Beheizte Nutzfläche: 780m²

Gerechnet über derzeit installierte Heizleistung und Brennstoffverbrauch

Raumheizung + Warmwasserbereitung

Kühlung: 24 W/m²

Verkaufsfläche: 586m²

Gerechnet über derzeitige Installierte Kälteleistungen und durch besseren Schutz gegen sommerliche Überhitzung erreichbarer Wert

Raumkühlung

Belüftung: 700 m³/h

Frischlufbedarf von 35 Personen

- Energiebereitstellung

Die wichtigsten Daten der Energiebereitstellung sind in Tabelle 84 angeführt. Diese Daten sollten als erste Richtwerte für eine weitere dynamische Berechnung betrachtet werden.

Erd-Flachkollektor Wärmepumpe	
Nennwärmeleistung	40 kW
Temp. Heizung	35/30 °C
Kühlleistung	20 kW
Temp. Kühlung	18/20 °C
Solar-Flachkollektoren	
Kollektorfläche	100 m ²
Solare Deckung	40 %
Jahreswärmeertrag	20.300 kWh/a
Speicherung	
Speichertemperatur	50 °C
Speichervolumen	6.000 l
Fassaden-Luftkollektoren	
Kollektorfläche	160 m ²
Jahreswärmeertrag	1.920 kWh/a

Tabelle 84: Technische Richtwerte Energiebereitstellungssystem Sparmarkt St. Marein

Wirtschaftliche Betrachtungen

Anhand der ersten Auslegungen der Energiebereitstellungssysteme wurden mithilfe von Herstellerangaben in Tabelle 85 die Investition und der Betrieb kostenmäßig bewertet.

Solar-Flachkollektoren+Speicher	
Investitionskosten	45.250 €
Fassaden-Luftkollektoren	
Investitionskosten	1.000 €

Tabelle 85: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Sparmarkt St. Marein

Für die Wärmepumpenanlage wurde die statische Amortisationszeit zu einem Vergleichskonzept ohne Integration Erneuerbarer Energieträger berechnet. Die Annahmen für das

Vergleichskonzept wurde soweit wie möglich durch Erfahrungswerte von bereits gebauten Sparmärkte (laut Auskunft Sparzentrale Graz) getroffen und für weitere Annahmen wurden die Kennwerte des BKI-Baukosteninformationszentrums herangezogen.

Die Mehrkosten zur Anhebung der Gebäudehüllenqualität wurden mit 10% der Rohbaukosten in Anlehnung an eine Kostendokumentation des Passivhaus Institut Darmstadt angenommen.

	Typ SM3 - Bsp. St. Marein					
	Bestand		Vergleichskonzept		Konzept Integration von EE	
	Beschreibung	Investkosten	Beschreibung	Investkosten	Beschreibung	
Flächen:						
Nutzfläche	900		900		900	
Verkaufsfläche	600		600		600	
Bauwerkskosten:						
Rohbau		0,6		450.000		450.000
			Anhebung Gebäudehüllenqualität	45.000		45.000
					Flachkollektoren/Solekreis	24.500
Technik		0,2		150.000		150.000
	Fernwärme		Fernwärme		Wärmepumpe: heizen/kühlen	10.000
			Kälteanlage (20 kW)	6.000		
	Deckenstrahlplatten	6.000	Mehrkosten für Fußbodenheizung-/kühlung	3.500	Mehrkosten für Fußbodenheizung-/kühlung	3.500
Ausbau		0,2		150.000		150.000
Förderung						2.134
Bauwerkskosten gesamt:		750.000		804.500		830.866
Betriebskosten:						
Energiekosten	Fernwärme		Fernwärme		Wärmepumpe	
	kWh/a	€/a	kWh/a	€/a	kWh/a	€/a
	55.038	3.301	24.000	1.440	8.960	717
			Kälteanlage			
				12.000		320
Wartung		150		250		250
Betriebskosten gesamt:		3.451		2.010		967

Tabelle 86: Gegenüberstellung der Kostenabschätzung der Wärmepumpenanlage

Bei der Berechnung der statischen Amortisationszeit in Abbildung 98 wurde eine jährliche Energiekostensteigerung von 3% angesetzt.

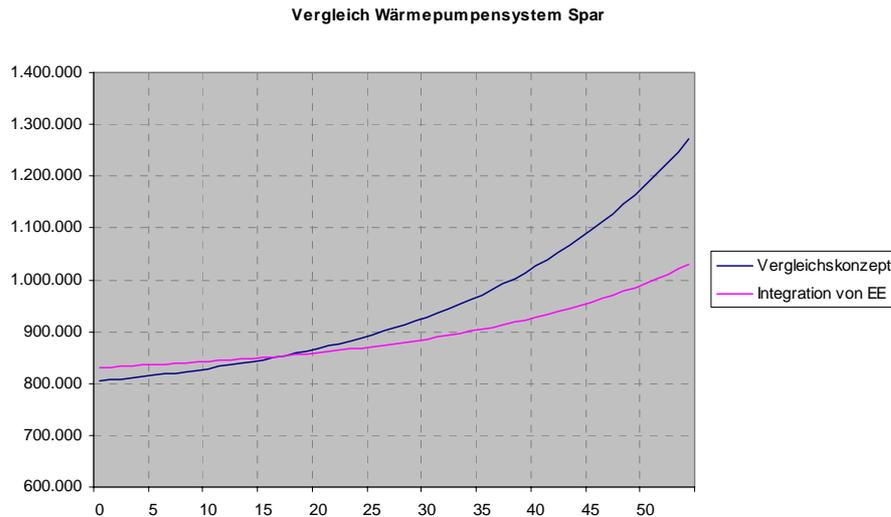


Abbildung 98: Statische Amortisation von Wärmepumpenanlage zu Vergleichskonzept

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Raumheizung und Trinkwassererwärmung wird durch ein solarthermisches Wasser-System mit 100 m² zu 40 % abgedeckt. Der restliche Energiebedarf wird durch eine Erdsonden-Wärmepumpe (Bohrtiefe der Erdsonden 86m) mit ca. 40 kW Heizleistung abgedeckt, welche auch noch zur Raumkühlung mit ca. 19 kW Kühlleistung herangezogen werden kann.

Die Energieverteilung erfolgt einerseits über den Fußboden (Fußbodenheizung und Fußbodenkühlung) und andererseits über eine Lüftungsanlage. Zur solaren Frischluftherwärmung und Nachtlüftung kommen kostengünstige Fassadenabsorber mit 16m² zum Einsatz.

Weiters wurden die sinnvoll nutzbaren Flächen der Gebäudehülle für die Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaik herangezogen. Es werden hier 15 m² amorphe Module als semi-transparente Dünnschicht Verglasung vorgeschlagen, welche auch einen gewissen Abschattungseffekt erzielen ohne die gewünschte Transparenz in und aus dem Markt zu verlieren. Es bietet sich auch die Dachfläche für eine Nutzung mit bis zu 200m² Photovoltaikmodulen bei einer Verankerung in den Dachträgern an.

In diesem Konzept wurde der Einsatz einer Wärmepumpe mit Flachkollektorfeld zur Raumheizung und Raumkühlung untersucht. Aus technischer Sicht ist das ein sehr ausgereiftes System, auch eine solare Unterstützung durch Flachkollektoren steht aus technischer Sicht keine Hindernisse im Weg.

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung kommen die Energieeinsparungen bei diesen kleinen Sparmärkten gegenüber den Mehrinvestitionen jedoch sehr wenig zum Tragen. Dieses Verhältnis würde sich jedoch, je größer die Anlage ist, verbessern.

Detailkonzept Sparmarkt Vasoldsberg

- Teilsolare Trinkwasserbereitung und Raumheizung

Das System ist analog zum beschriebenen Konzept St. Marein, die Wärmepumpe bezieht die Wärme hier von Erdsonden, wobei von einer Bodensituation mit Grundwasserstrom ausgegangen wird. Die sommerliche Kühlung des Fußbodens im Markt kann in diesem Fall ohne die Wärmepumpe – also direkt mit der Erdkälte – durchgeführt werden. Ein Standort mit Grundwasserstrom stellt also vorteilhafte Bedingungen dar. In diesem Fall sollte sich die Dimensionierung der Fassadenkollektoren auf die Warmwasserbereitung beschränken, um Stillstandszeiten der Kollektoren bei hoher solarer Einstrahlung zu vermeiden.

10 m² Wasserkollektoren werden am Standort Vasoldsberg an der WSW-Fassade montiert, da die Südfassade den Eingangsbereich des Marktes darstellt. Betreffend Solarthermie ist für den Standort Vasoldsberg die Lage des Gebäudes und eine solare Heizungsunterstützung ungünstiger als im Beispiel St. Marein.

- Teilsolare Raumheizung

Das System ist analog zum beschriebenen Konzept St. Marein. Der Abstand zwischen den Erdsonden sollte im Bereich von 1,5 bis 5 m liegen und ein geschlossenes Feld bilden. Typische Bohrtiefen sind 30 bis 100 m. Optimale Böden weisen eine hohe Wärmekapazität und eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf – wie z.B. wässrige Tonschichten

- Solare Lüftung

16 m² Fassadenabsorber sind an der WSW-Fassade verteilt. Die Lüftung kommt aber sonst wie im Konzept St. Marein zur Ausführung.

- Teilsolare Kühlung

Das System ist analog zum beschriebenen Konzept St. Marein.

- Teilsolare Stromversorgung

Photovoltaik

Das System kann wie im Konzept St. Marein beschrieben ausgeführt werden, wobei wegen der günstigen Südausrichtung des Einganges das Vordach mit 40 m² monokristallinen Modulen ausgestattet ist. Die Verglasung der Oberlichte in der WSW-Fassade wird mit semitransparenten amorphen Dünnschichtmodulen ausgestattet.

Spezifikation Hauptkomponenten

- Energiebedarf

Heizung: 41 W/m²

- Beheizte Nutzfläche: 811m²
- Gerechnet über derzeit installierte Heizleistung und Brennstoffverbrauch
- Raumheizung + Warmwasserbereitung

Kühlung: 24 W/m²

- Verkaufsfläche: 589m²
- Gerechnet über derzeitige Installierte Kälteleistungen und durch besseren Schutz gegen sommerliche Überhitzung erreichbarer Wert
- Raumkühlung

Belüftung: 700 m³/h

- Frischluftbedarf von 35 Personen

- Energiebereitstellung

Die wichtigsten Daten der Energiebereitstellung sind in Tabelle 87 angeführt. Diese Daten sollten als erste Richtwerte für eine weitere dynamische Berechnung betrachtet werden.

Erdsonden Wärmepumpe	
Nennwärmeleistung	40 kW
Temp. Heizung	35/30 °C
Kühlleistung	20 kW
Temp. Kühlung	18/20 °C
Bohlochlängen	470 m
Tiefe der Bohrung	30 m
Solar-Flachkollektoren	
Kollektorfläche	10 m ²
Solare Deckung	7 %
Jahreswärmeertrag	1.482 kWh/a
Speicherung	
Speichertemperatur	50 °C
Speichervolumen	600 l
Fassaden-Luftkollektoren	
Kollektorfläche	160 m ²
Jahreswärmeertrag	1.920 kWh/a

Tabelle 87: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Sparmarkt Vasoldsberg

Wirtschaftliche Betrachtungen

Anhand der ersten Auslegungen der Energiebereitstellungssysteme wurden mithilfe von Herstellerangaben in Tabelle 88 die Investition und der Betrieb kostenmäßig bewertet.

Erdsonden Wärmepumpe	
Investitionskosten	45.000 €/a
Betriebskosten	250 €/a
Solar-Flachkollektoren+Speicher	
Investitionskosten	4.000 €
Fassaden-Luftkollektoren	
Investitionskosten	1.000 €

Tabelle 88: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Sparmarkt Vasoldsberg

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Raumheizung und Trinkwassererwärmung wird zum größten Teil durch eine Erdsonden-Wärmepumpe mit ca. 40 kW Heizleistung abgedeckt, ein solarthermisches Wasser-System mit 10 m² deckt lediglich 7% dieses Bedarf ab. Die Wärmepumpe wird im Sommer ebenfalls zur Raumkühlung mit ca. 20 kW Kühlleistung herangezogen. Da hier von einer Bodensituation mit Grundwasserstrom ausgegangen wird reduzieren sich die Bohrtiefen der Erdsonden auf 30 m.

Die Energieverteilung erfolgt einerseits über den Fußboden (Fußbodenheizung und Fußbodenkühlung) und andererseits über eine Lüftungsanlage. Zur solaren Frischluftherwärmung und Nachtlüftung kommen kostengünstige Fassadenabsorber mit 16m² zum Einsatz.

Weiters wurden die sinnvoll nutzbaren Flächen der Gebäudehülle für die Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaik herangezogen. Durch die Südausrichtung des Eingangs kann das Vordach beispielsweise mit 40 m² monokristallinen Modulen ausgestattet werden, wodurch auch ein zusätzlicher Nutzen der Photovoltaikanlage als Regenschutz und zur Verschattung erzielt werden kann. Weiters bieten sich die Oberlichte in der SW Fassade für 10 m² amorphe Module als semitransparente Dünnschicht Verglasung an, welche eben auch einen gewissen Abschattungseffekt erzielen. Die Dachfläche kann auch hier mit bis zu 200 m² für Photovoltaik ausgestattet werden.

Auch in diesem Konzept wurde der Einsatz einer Wärmepumpe für einen Sparmarkt untersucht, diesmal mit Erdsonden anstelle eines Flachkollektors im Erdreich. Dieses System bringt aus energetischer Sicht einen höheren Ertrag, vor allem im Sommer können höhere Kühllasten mit geringem Energieeinsatz abgeführt werden. Die Kosten für die Erdarbeiten erhöhen sich jedoch gegenüber dem Erd-Flachkollektorsystem.

3.3 Technologie-Roadmaps für nachhaltige Energiezentren zur Versorgung von Filialen des Lebensmittelhandels und deren energetisches Umfeld

Auf Basis der erarbeiteten Konzepte wurden in intensiver Diskussion der Projektpartner für die unterschiedlichen Marktgrößen Technologieroadmaps erstellt, die einen Überblick über mögliche Entwicklungsstufen zur Etablierung nachhaltiger Energiesysteme auf Basis fester Biomasse und solarer Energie geben.

3.3.1 Roadmap für Interspar-Märkte

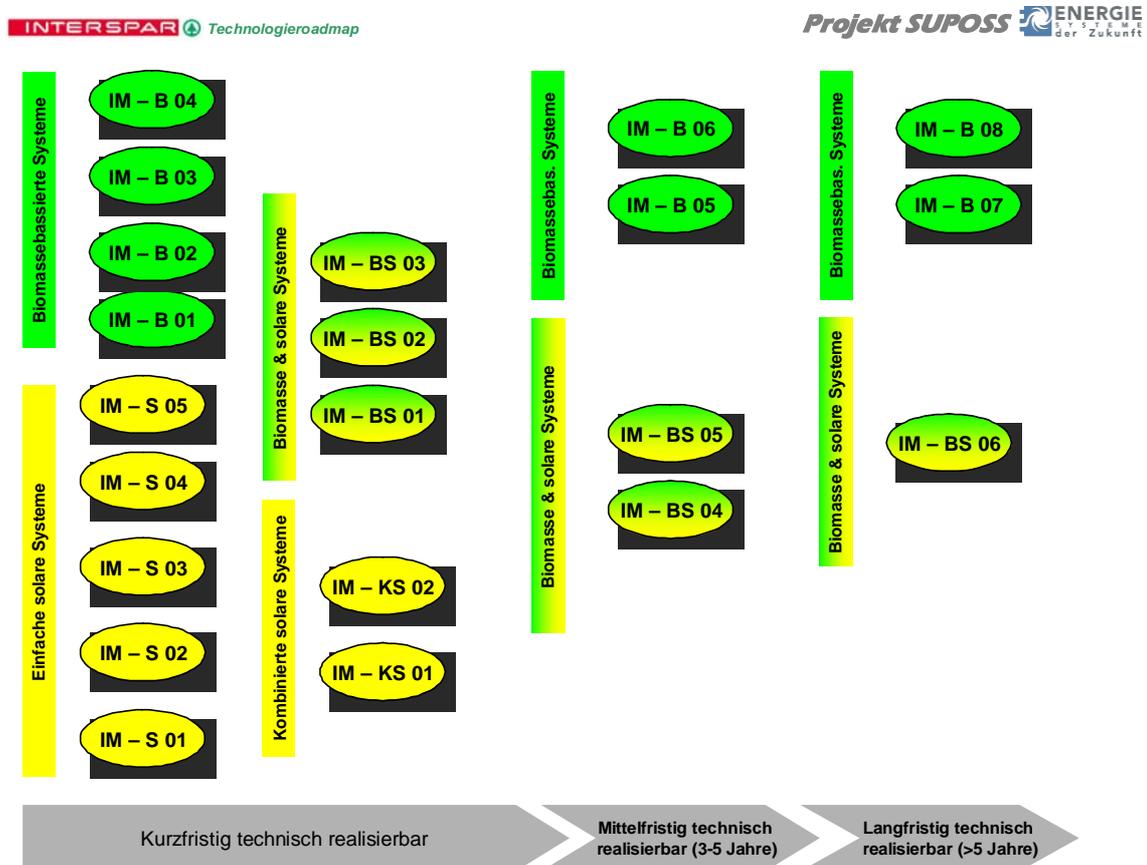


Abbildung 99: Roadmap Interspar-Märkte

3.3.2 Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte

In den nachstehenden Abschnitten werden jene Konzepte beschrieben, die aus technischer Sicht kurzfristig realisierbar sind.

3.3.2.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept IM-B 01

- Konzeptbeschreibung

Zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs wird eine Biomassefeuerungsanlage eingesetzt. Als Brennstoffe kommen in erster Linie Pellets und Qualitätshackgut in Frage.

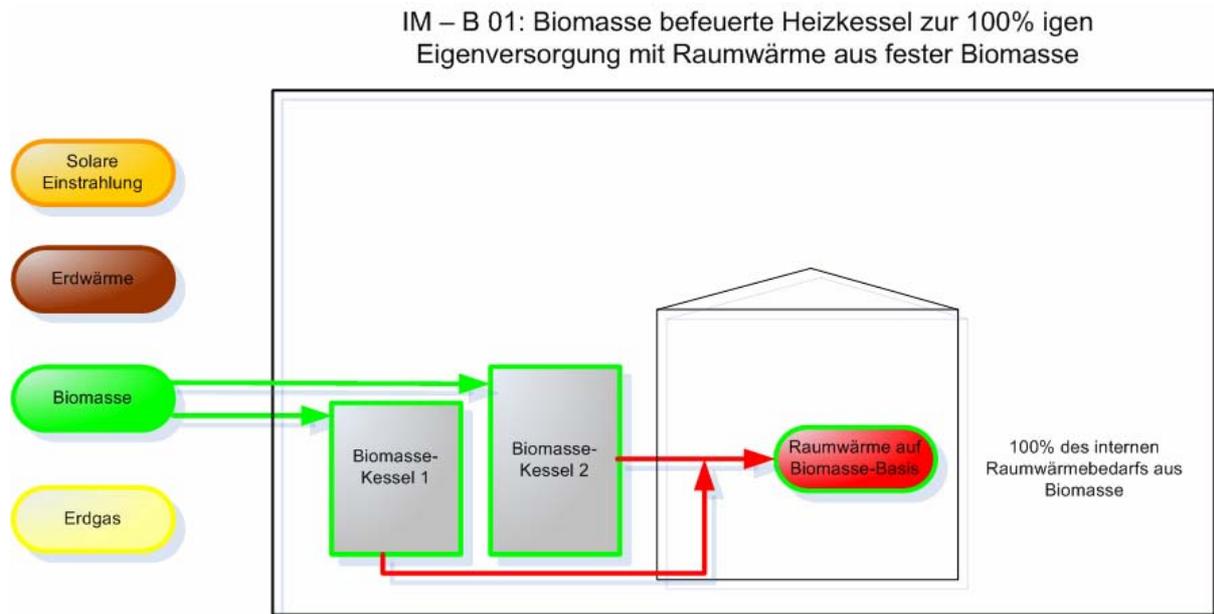


Abbildung 100: Konzept IM-B01

- Technisches Risiko

Biomassefeuerungsanlagen zur Deckung des Raumwärmebedarfs sind in allen Leistungsbereichen am Markt verfügbar und technologisch ausgereift. Es besteht somit kein technisches Risiko. Aufgrund der, während der Übergangszeit, äußerst geringen Wärmebedarfe von Intersparmärkten, sollte die Biomassefeuerung aber auf jedem Fall entweder mit einem Wärmespeicher oder mit einem Gas-Spitzenlastkessel gekoppelt werden, um zu häufigen extremen Teillastbetrieb (Stop-and-Go Betrieb) zu vermeiden.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Durch die vergleichsweise geringen Gaspreise in Intersparmärkten muss die Wirtschaftlichkeit der Raumwärmebereitstellung mittels Biomassekessel marktspezifisch genau untersucht werden.

Konzept IM – B02

- Konzeptbeschreibung

Wärmebereitstellung zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs des Intersparmarktes und Stromerzeugung mittels Biomasse-KWK auf Basis eines 35 kW_{el} Stirlingmotors. Zusätzlich wird zur Spitzenlastabdeckung ein Gaskessel eingesetzt.

IM – B 02: Biomasse befeuerte BHKW mit 35 kW Stirling-Motor (BIOS Variante 1)

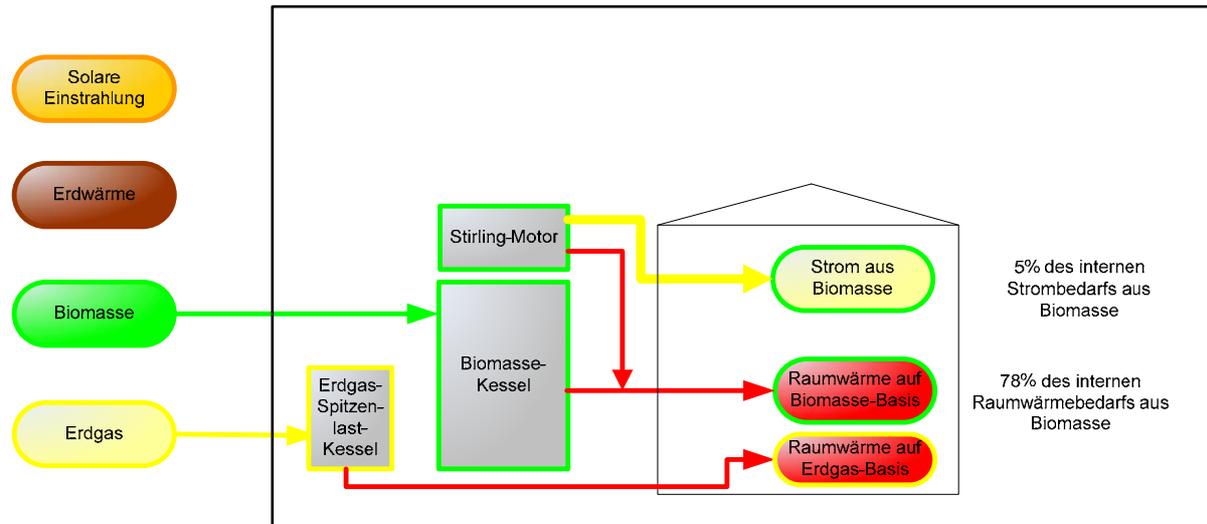


Abbildung 101: Konzept IM-B02

- Technisches Risiko

Biomasse-KWK-Anlagen auf Basis von Stirlingmotoren befinden sich am Beginn der Demonstrationsphase. Barrieren bezüglich des Einsatzes der Stirlingmotorentechnologie selbst können derzeit nicht geortet werden. Allerdings sind Weiterentwicklungen der Technologie stetig im Laufen. Diese betreffen die verbesserte Anbindung des Motors an die Feuerungsanlage, Optimierungen der Erhitzerwärmetauscherabreinigung, sowie weitere Optimierungen einzelner Motorkomponenten. Ein gewisses technisches Risiko ist somit, wie bei allen Technologien, die sich am Übertritt in die Demonstrationsphase befinden, gegeben.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Anlage ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht realisierbar. Gründe dafür sind die geringe Anzahl an erzielbaren Volllaststunden, die sich aus der Jahressganglinie des Verbrauchers Intersparmarkt ergeben, sowie die vergleichsweise geringen Gaspreise, die zur Festlegung des intern verrechneten Wärmepreises herangezogen werden.

Konzept IM – B03

- Konzeptbeschreibung

Wärmebereitstellung zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs des Intersparmarktes und zur Wärmeversorgung von externen Raum- und Prozesswärmeabnehmern über ein Fernwärmenetz mittels Biomassefeuerung. Zusätzlich wird zur Spitzenlastabdeckung und Ausfallsicherung ein Gaskessel eingesetzt.

IM - B 03: Biomasse befeuerte Heizkessel und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung (BIOS Variante 8)

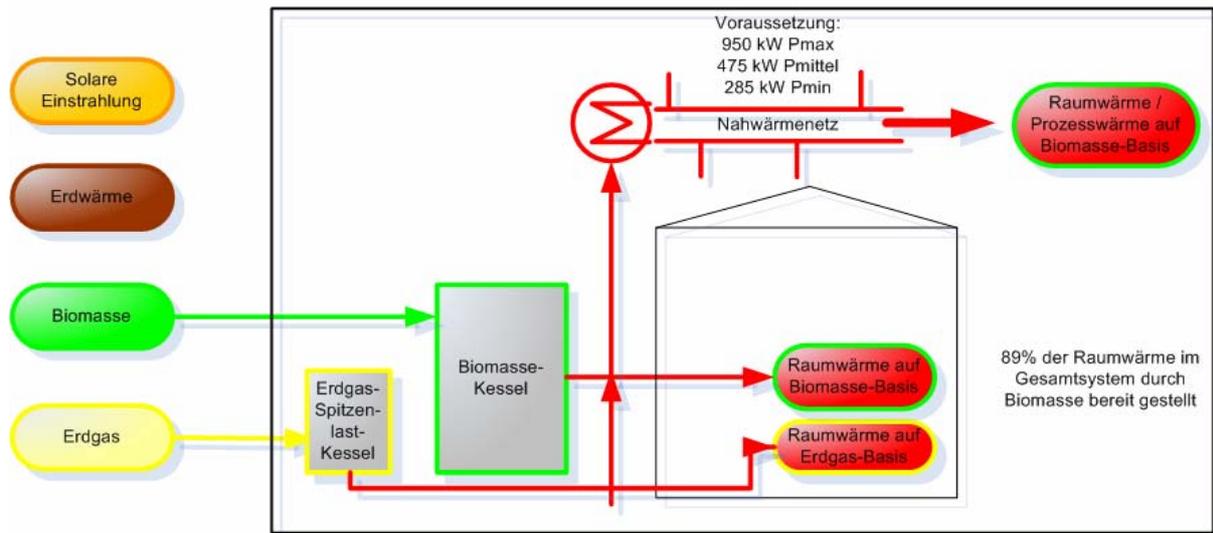


Abbildung 102: Konzept IM-B03

- Technisches Risiko

Biomassefeuerungsanlagen und Fernwärmenetze sind Stand der Technik. In Österreich sind erhebliches Know-how und jahrelange Erfahrungen auf diesem Gebiet vorhanden. Eine große Anzahl derartiger realisierter Projekte untermauert dies. Es ist somit praktisch kein technisches Risiko gegeben.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Amortisationszeit hängt in diesem Fall stark von der Anzahl und Wärmeabnahme der Fernwärmekunden (Auslastung der Anlage und Netzgröße), vom ausgehandelten Fernwärmepreis, sowie von den Brennstoffkosten ab. Aus diesen Gründen ist die Wirtschaftlichkeit für jedes Projekt getrennt zu analysieren.

Konzept IM – B04

- Konzeptbeschreibung

Die Wärmebereitstellung zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs des Intersparmarktes, zur Wärmeversorgung von externen Raum- und Prozesswärmeabnehmern über ein Fernwärmenetz und Stromerzeugung erfolgt mittels Biomasse-KWK auf Basis eines 70 kW_{el} Stirlingmotors. Zusätzlich wird zur Spitzenlastabdeckung und Ausfallssicherung ein Gaskessel eingesetzt.

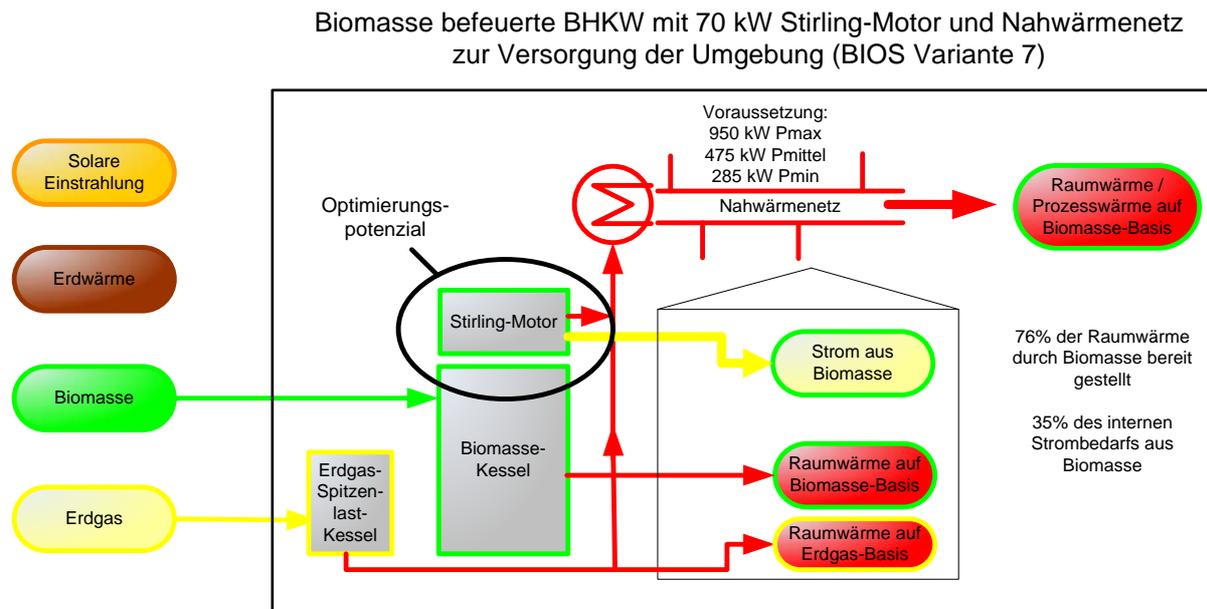


Abbildung 103: Konzept IM-B04

- Technisches Risiko

Biomasse-KWK-Anlagen auf Basis von Stirlingmotoren befinden sich, wie bereits erwähnt, derzeit am Beginn der Demonstrationsphase (siehe Konzept IM-B02). Fernwärmeversorgung auf Basis von Biomassefeuerungen ist, wie erwähnt, Stand der Technik.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Amortisationszeit hängt stark von der Anzahl und Wärmeabnahme der Fernwärmekunden (Auslastung der Anlage und Netzgröße), vom ausgehandelten Wärmepreis, sowie von den Brennstoffkosten ab. Die Wärmeabnahme wirkt sich außerdem auf Grund der wärmegeführten Betriebsweise auf die produzierte und verkaufte Strommenge aus. Aus diesen Gründen ist die Wirtschaftlichkeit für jedes Projekt getrennt zu analysieren.

3.3.2.2 Einfache solare Systeme

Konzept IM-S 01

- Konzeptbeschreibung

Die folgenden solaren Konzepte basieren auf die in Abbildung 104 dargestellten baulichen und gebäudetechnischen Adaptierungen am Gebäudekonzept um ein zeitgemäßes, nachhaltiges Gesamtkonzept mit sinnvollem Einsatz von Erneuerbaren Energieträgern gewährleisten zu können.

IM – S01: Veränderungen am Gebäudekonzept als Voraussetzung für solare Energiebereitstellung

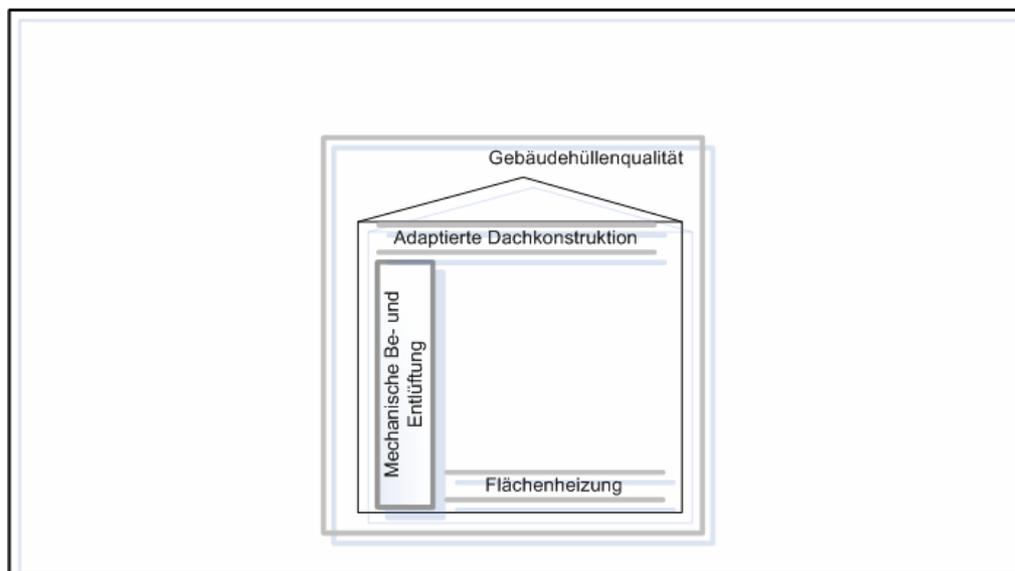


Abbildung 104: Konzept IM-S01

1. Gebäudehüllenqualität:

- Verringerung der Transmissionswärmeverluste durch Wärmedämmung und bessere Fensterqualität
- Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch luftdichtere Bauweise
- Wärmebrückenvermeidung
- Mehr Speichermassen
- Sonnenschutzmaßnahmen wenn erforderlich

All diese Maßnahmen sind Energieeffizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle, die somit zu einem grundsätzlich geringeren Energiebedarf zur Raumheizung und Raumkühlung führen.

Die Überhitzungsgefahr im Sommer bei einer Ausführung der Gebäudehülle in einem besseren Standard als es derzeit der Fall ist verringert sich drastisch.

2. Adaptierung Dachkonstruktion:

Vor der Nutzung der Dachflächen als Aufstellungsfläche für solarthermisch Kollektoren, Solarluftkollektoren, Photovoltaikmodulen oder anderen Systemen zur Energieversorgung muss die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion für eine derartige Nutzung geprüft und gegebenenfalls adaptiert werden.

3. Flächenheizung:

Flächenheizungen werden vorwiegend als Niedertemperaturheizung betrieben, wodurch sich ein sehr gutes Anlagenverhalten bei Wärmepumpenanlagen ergibt und auch die Erträge bei solarthermischen Anlagen können besser genutzt werden.

Diese Flächeheizungen können nicht nur zur Raumheizung, sondern auch zur Raumkühlung herangezogen werden. Die Bereitstellung der erforderlichen Temperatur des Kühlmediums lässt sich auf einfache Weise durch die Erdwärme (Direct Cooling) der Wärmepumpenanlage bereitstellen.

Mögliche Ausführungsarten:

- Fußbodenheizung / Fußbodenkühlung (Verlegung der Heiz-/Kühlschlangen im Estrich)
- Bauteilaktivierung für Heizung und Kühlung (Verlegung der Heiz-/Kühlschlangen in Betondecke)

4. Mechanische Be- und Entlüftung:

Die derzeit noch oftmals vorherrschende „Fensterdauerlüftung“ hat einige gravierende Nachteile:

- Die vorher kostspielig erwärmte oder gekühlte Raumluft wird dabei einfach beim Fenster „hinausgelüftet“.
- Die erzielbare Frischluftversorgung ist nicht komfortabel, da nur punktuell Frischluft in den Lebensmittelmarkt hineinkommt und dadurch zumeist keine gute Durchmischung der Raumluft erfolgt.
- Außenluft ist im Sommer zu heiß und im Winter zu kalt um für komfortable Raumluftzustände zu sorgen.

Konzept IM-S 02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Erdluftkollektoren zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft. Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage (siehe Konzept IM-S01).

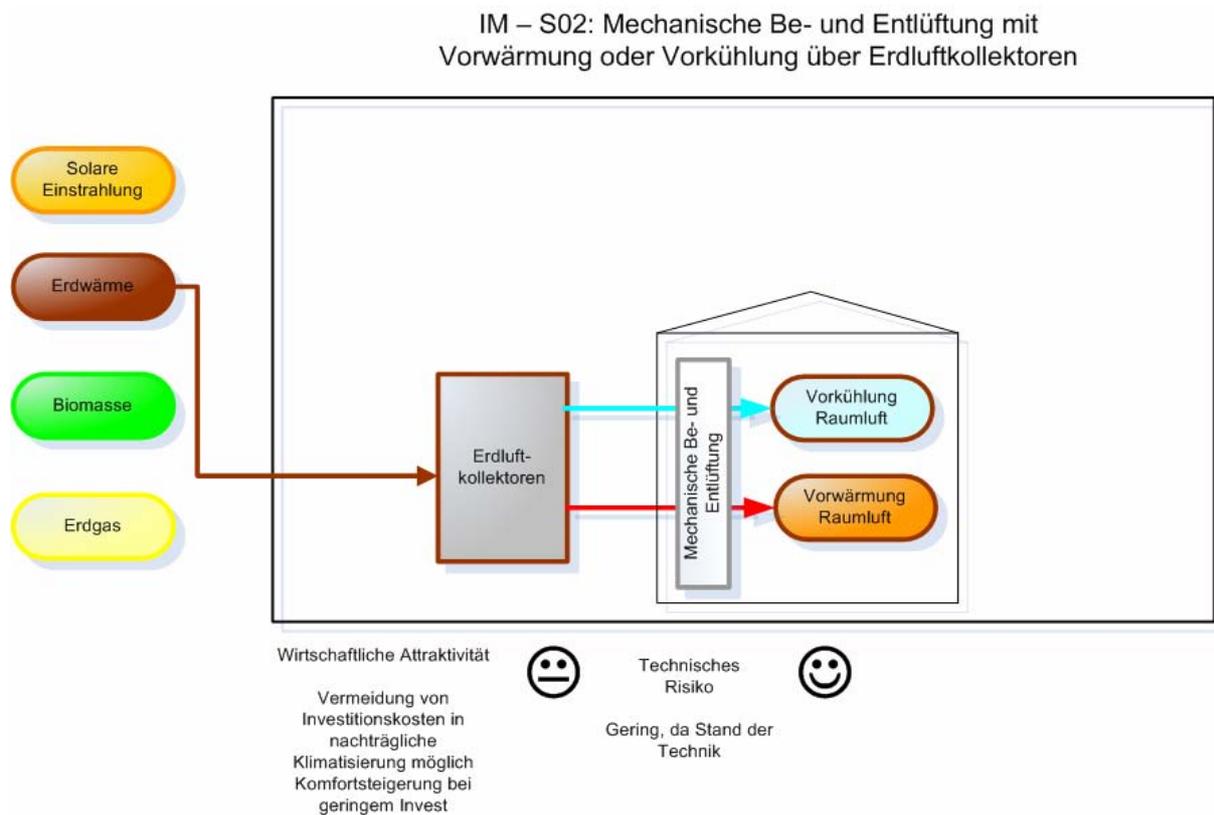


Abbildung 105: Konzept IM-S02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen

Konzept IM-S 03

- Konzeptbeschreibung

Einsatz von Fassadenluftkollektoren für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein (siehe Konzept IM-S01).

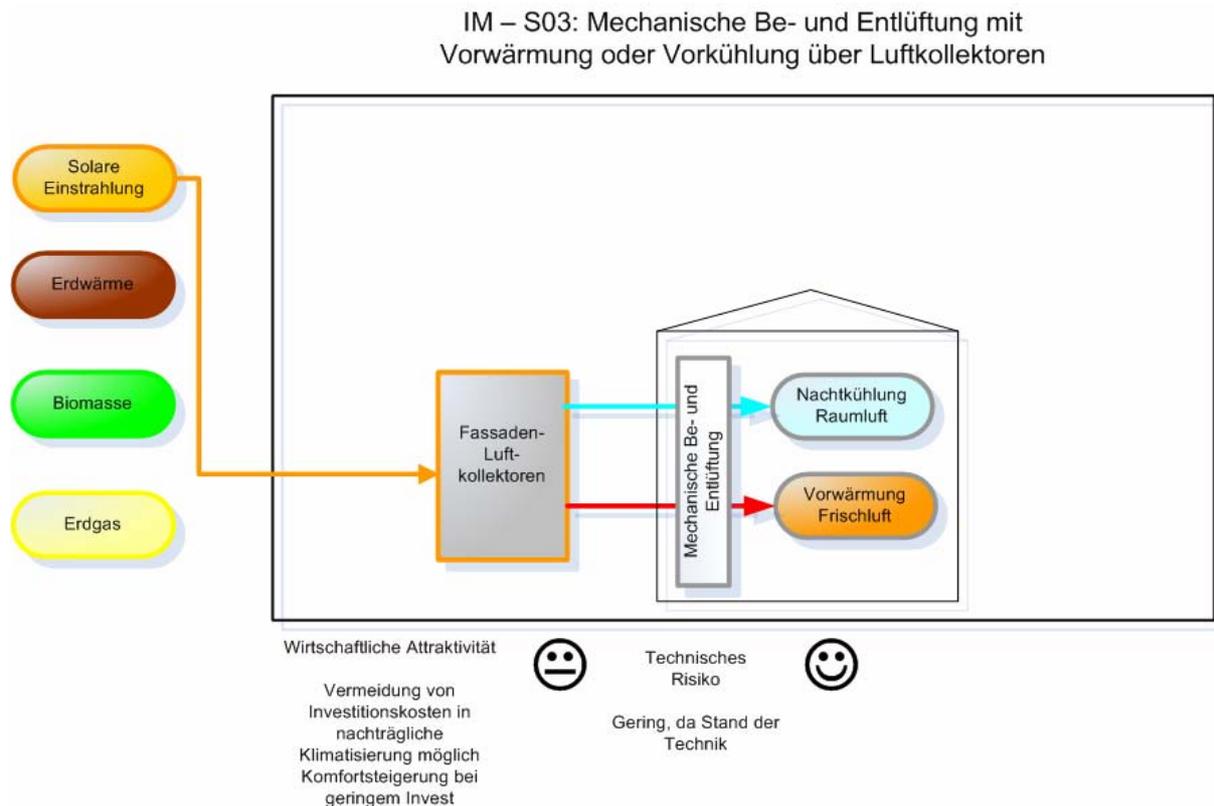


Abbildung 106: Konzept IM-S03

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept IM-S 04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Wärmepumpe zur Raumheizung und Kühlung, wobei Verteilung im Gebäude durch Nieder temperatur Flächenheizung erfolgt (siehe Konzept IM-S01).

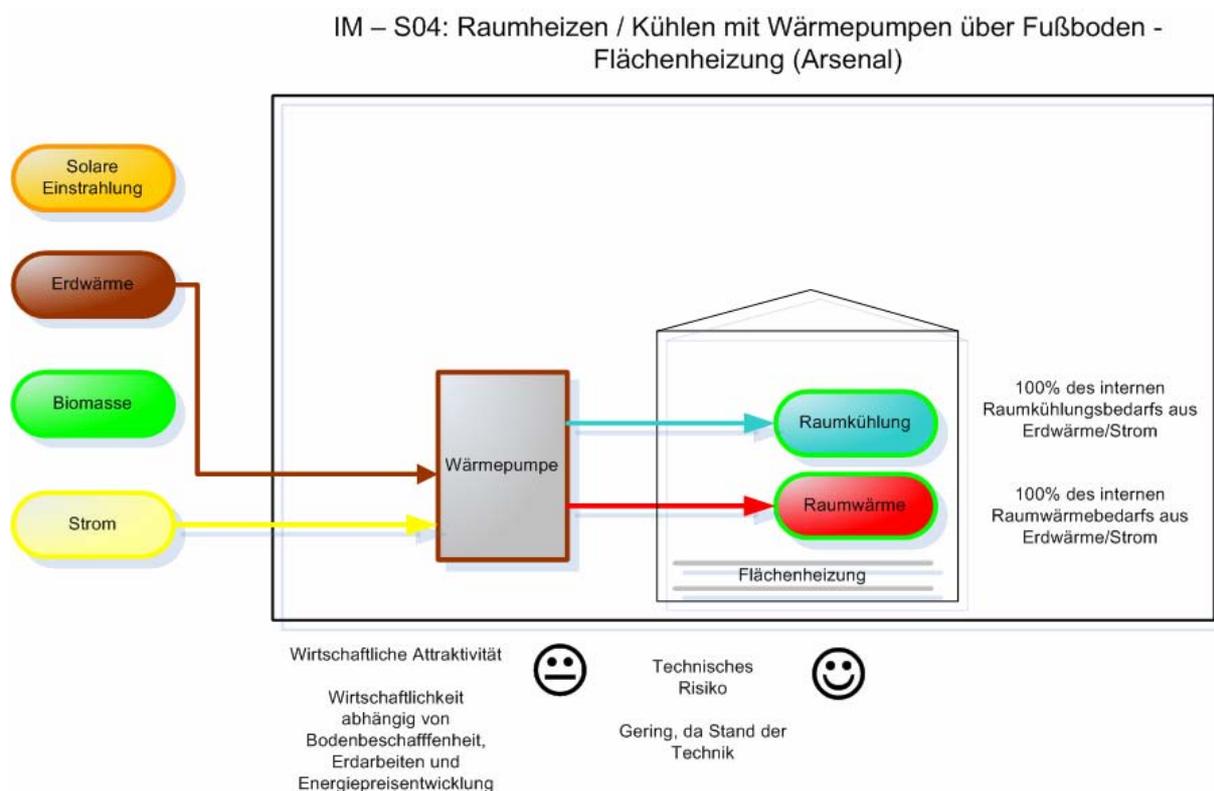


Abbildung 107: Konzept IM-S04

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept IM-S 05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaikmodule zur Stromerzeugung, welcher für den internen Strombedarf herangezogen werden kann, Lastschwankungen werden durch Einspeisung in das Stromnetz abgeglichen. Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen sind hierbei zu bevorzugen, da eine zusätzliche Funktion als Verschattung und damit Reduktion des Raumkühlbedarfs erzielt werden kann.

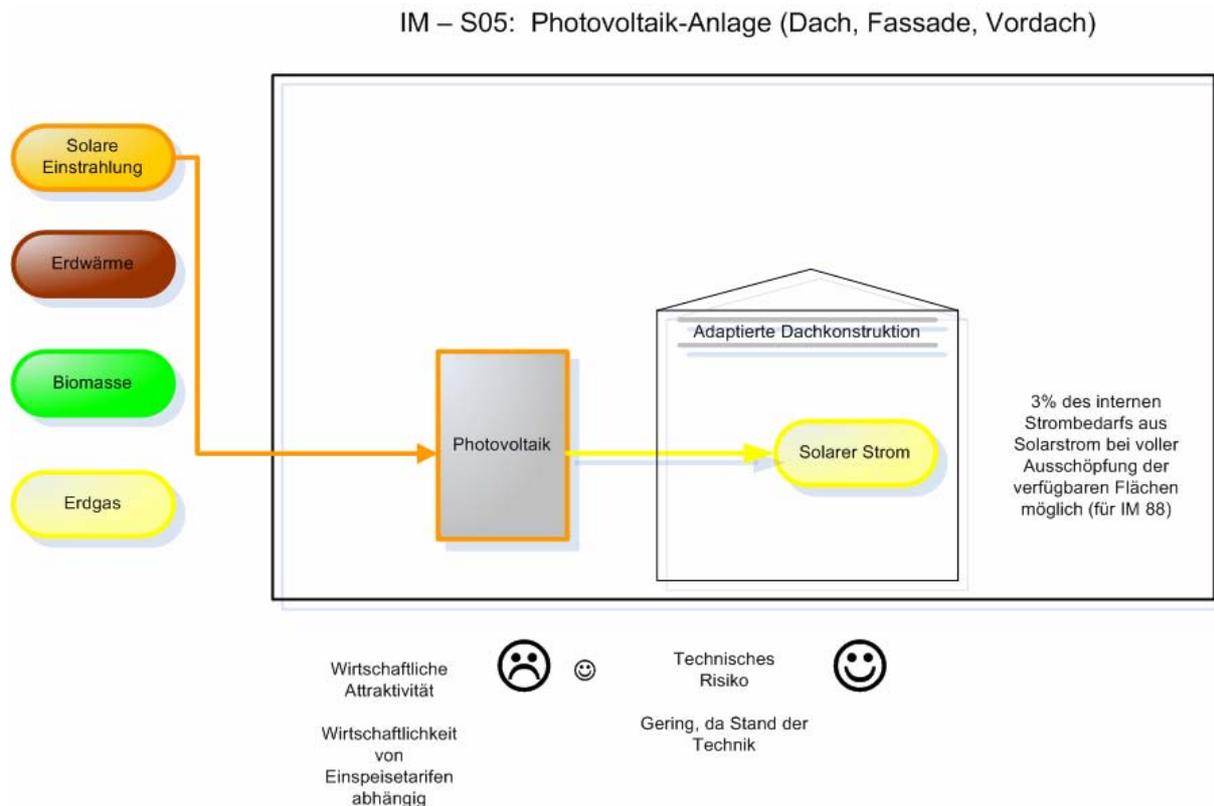


Abbildung 108: Konzept IM-S05

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Photovoltaikmodule am Dach oder Fassadenintegrierte Ausführung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Aktuelle Fördersituation (Investitionsförderung, Einspeisevergütung)

3.3.2.3 Kombinierte solare Systeme

Konzept IM-KS 01

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Erdwärmennutzung durch Wärmepumpen und Erdluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Erdluftkollektoren werden zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft genutzt, die Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe IM-S01.

IM – KS 01: Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorkühlung über Erdluftkollektoren, Raumwärme/-kühlung durch Wärmepumpe

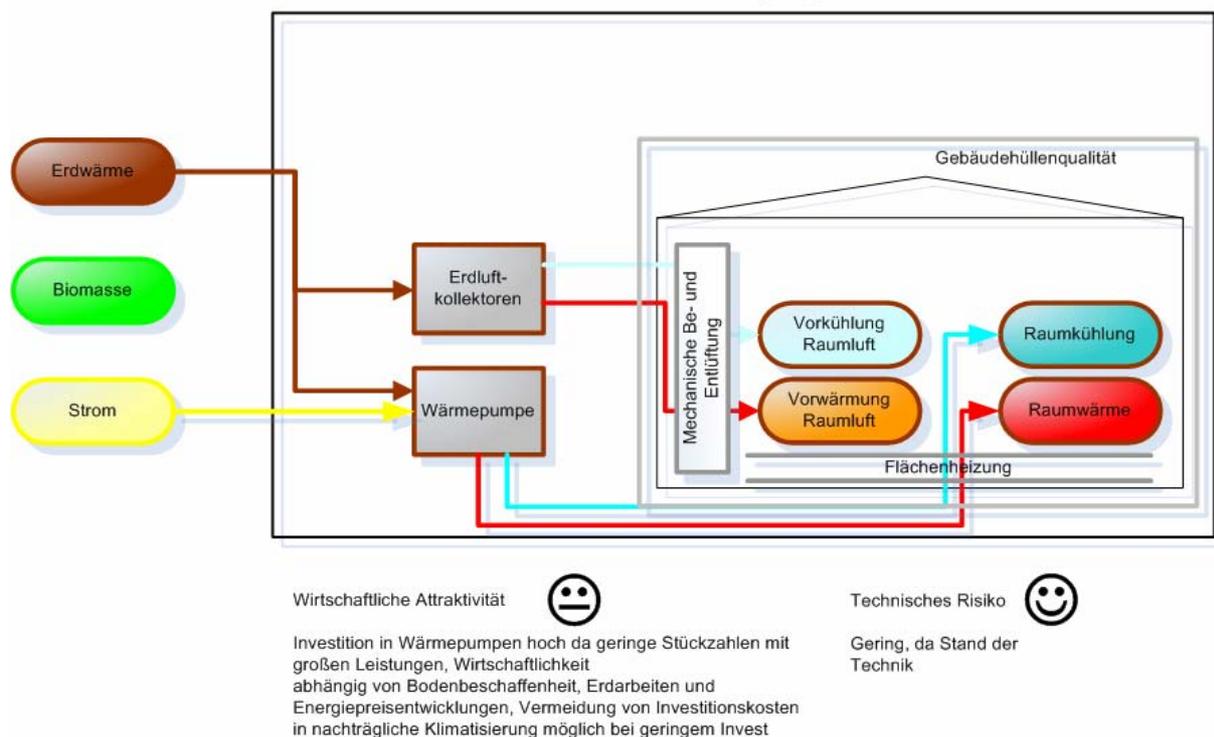


Abbildung 109: Konzept IM-KS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept IM-KS 02

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Wärmepumpen und Fassadenluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Einsatz von Fassadenluftkollektoren ebenfalls für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe IM-S01.

IM – KS 02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorkühlung über Fassaden-Luftkollektoren, Raumwärme/-kühlung durch Wärmepumpe

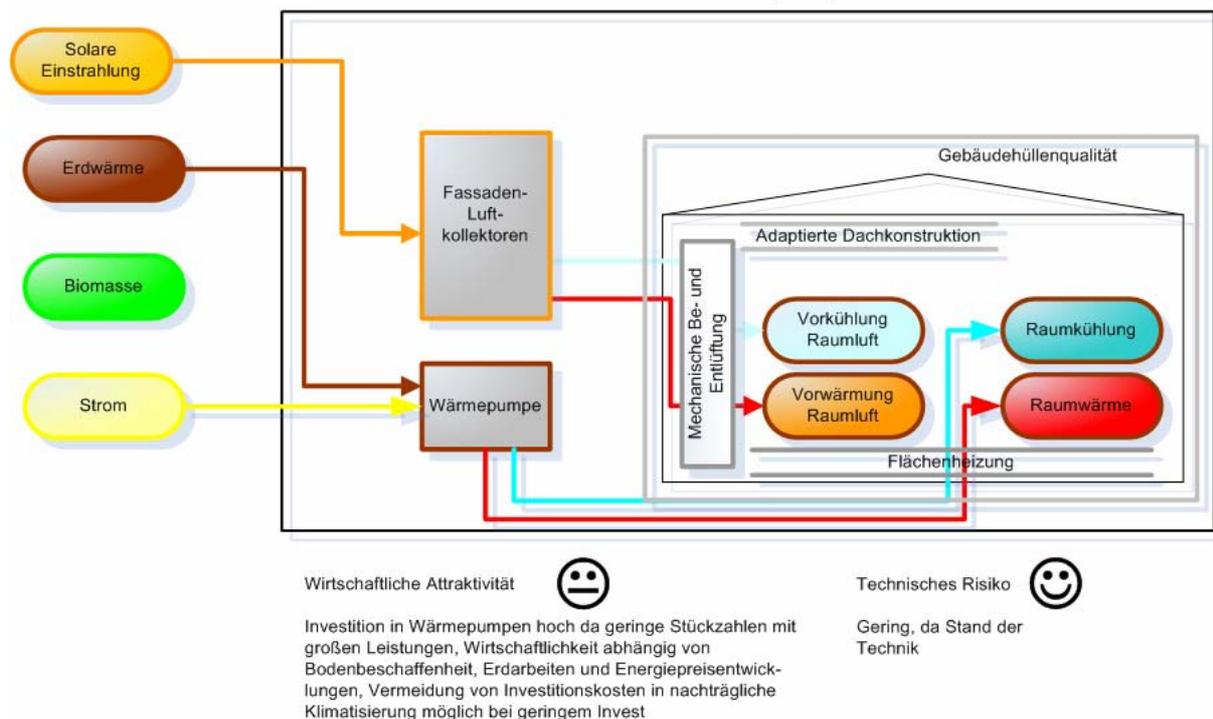


Abbildung 110: Konzept IM-KS02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.2.4 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept IM-BS 01

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

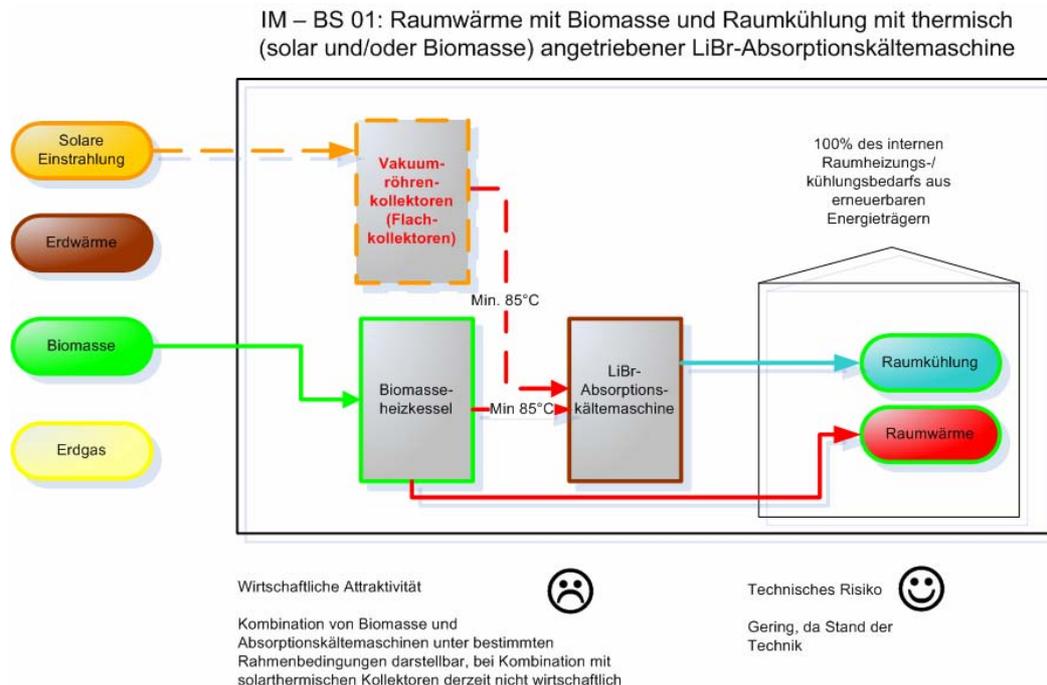


Abbildung 111: Konzept IM-BS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Absorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept IM-BS 02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine Adsorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Adsorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

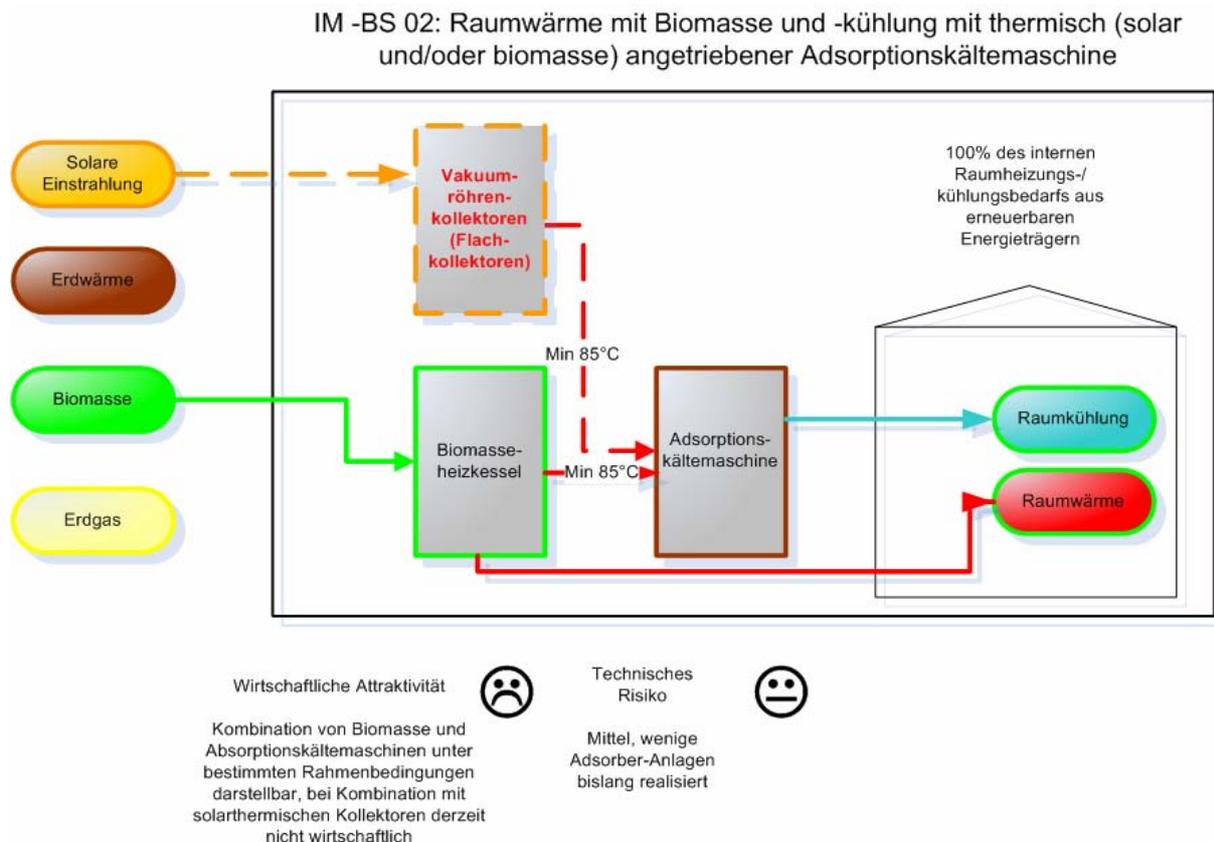


Abbildung 112: Konzept IM-BS02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Adsorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept IM-BS 03

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ -Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung der „Gewerbe-Plus-Kälte“ (Vorlauf bei -13°C) herangezogen wird. Die Abwärme der Absorptionskältemaschine kann für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich (Vorlauf $25\text{-}35^\circ\text{C}$) genutzt werden. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuurröhrenkollektoren) in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

IM – BS 03: Biomasse - Thermoölkessel und Solar und/oder Biomasse angetriebene Double-effect Ammoniakabsorber-Anlage für Pluskälte ab 80 kW

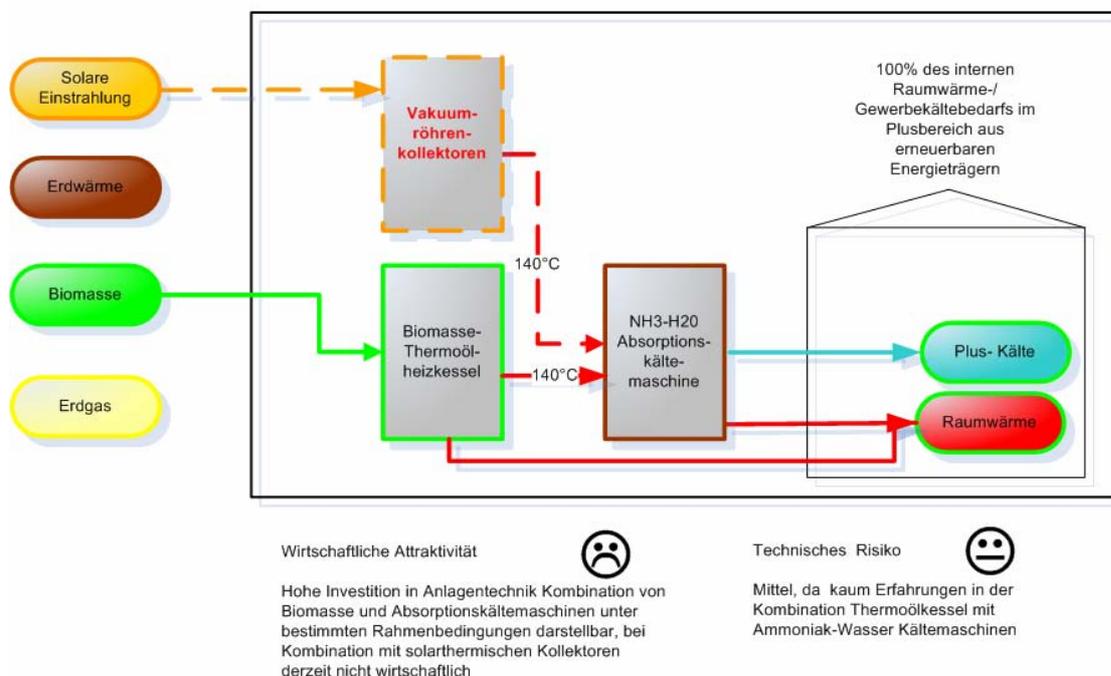


Abbildung 113: Konzept IM-BS03

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Absorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.3 Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte

3.3.3.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept IM – B05

- Konzeptbeschreibung

Wärmebereitstellung zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs des Intersparmarktes, zur Wärmeversorgung von externen Raum- und Prozesswärmeabnehmern über ein Fernwärmenetz und Stromerzeugung mittels Biomasse-KWK auf Basis eines ORC-Prozesses. Zusätzlich wird zur Spitzenlastabdeckung und Ausfallssicherung ein Gaskessel eingesetzt.

IM – B 05: Biomasse befeuerte BHKW mit 100 kW ORC-Anlage und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung

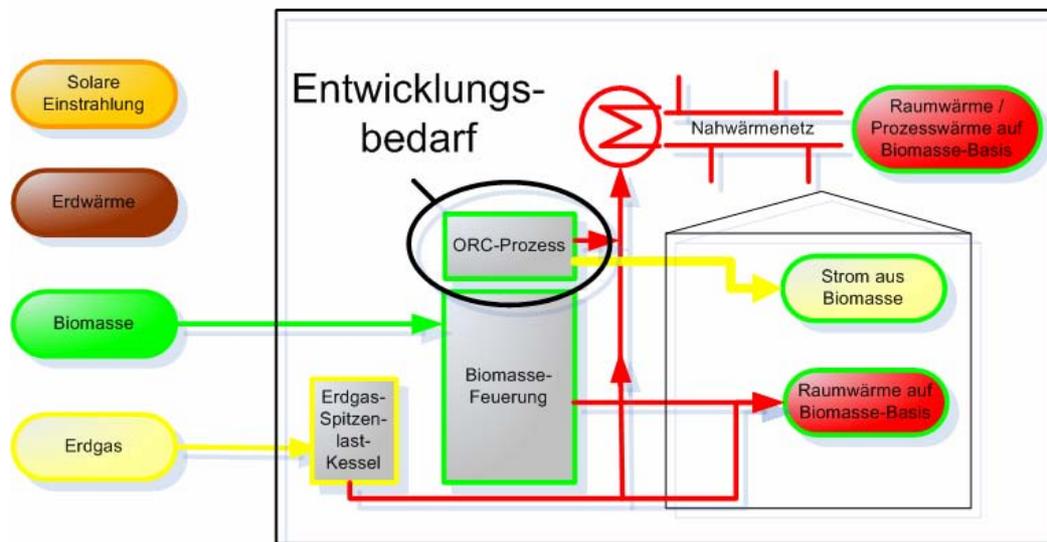


Abbildung 114: Konzept IM-B05

- Entwicklungsbedarf

Die ORC-Technologie ist für den Leistungsbereich zwischen 400 und 1.500 kW_{el} als ausge-reift zu betrachten. Zur Zeit ablaufende Weiterentwicklungen der Technologie zielen unter anderem auf Module mit geringerer elektrischer Nennleistung ab.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Es würde neben dem Stirlingmotor eine weitere KWK-Technologie zur Verfügung stehen, die vor allem im Teillastbereich bessere Wirkungsgrade aufweist. Des Weiteren kann in Feuerungen, die mit ORC-Prozessen gekoppelt sind, ein breiteres Brennstoffspektrum als in Stirling-KWKs eingesetzt werden.

3.3.3.2 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept IM – BS 04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Adsorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

IM – BS04: Solar und Biomasse betriebene Raumkühlung mit thermisch angetriebener LiBr- Absorptionskältemaschine ab 15kW

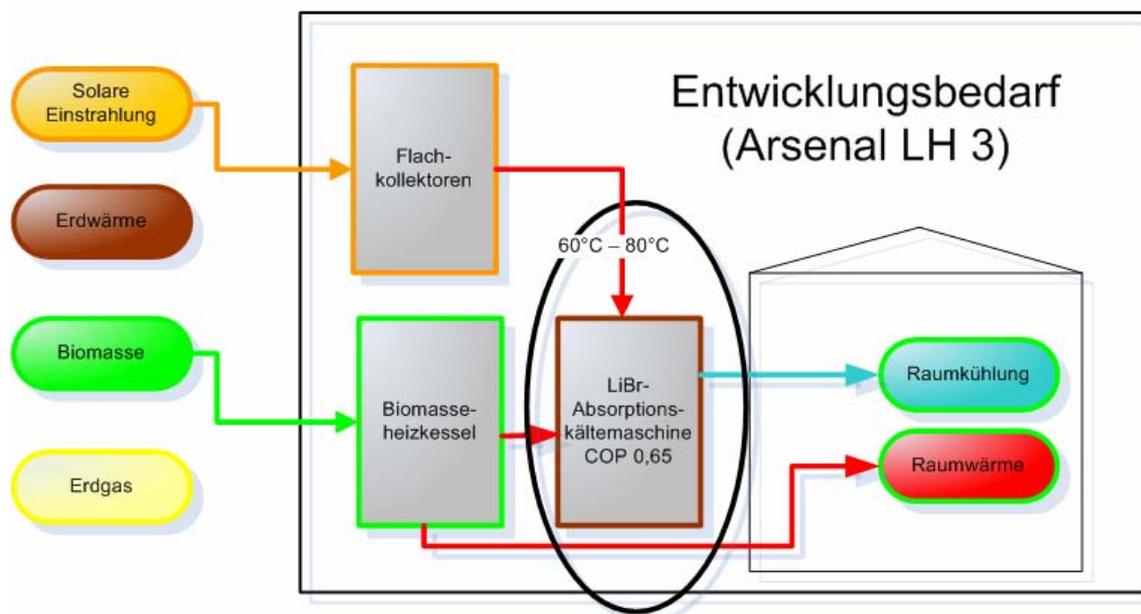


Abbildung 116: Konzept IM-BS04

- Entwicklungsbedarf
 - LiBr-Absorptionskältemaschine: Niedrigere Antriebstemperaturen (60-80°C); Gerätegröße reduzieren; Verbesserung COP;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger
 - Niedrigere Kosten für Flachkollektoren anstelle von Vakuumröhrenkollektoren

Konzept IM – BS 05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ -Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung der „Gewerbe-Minus-Kälte“ (Vorlauf bei -38°C), der „Gewerbe-Plus-Kälte“ (Vorlauf bei -13°C) und zur Raumkühlung herangezogen wird. Die Abwärme der Absorptionskältemaschine kann für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich (Vorlauf $25\text{-}35^\circ\text{C}$) genutzt werden. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Parabolrinnenkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren) in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

IM – BS05: Solar und Biomasse betriebene - Triple-effect Ammoniakabsorber für integrierte Systeme Raumkühlung / Gewerbekälte mit Parabolrinnen/VRK als solaren Antrieb

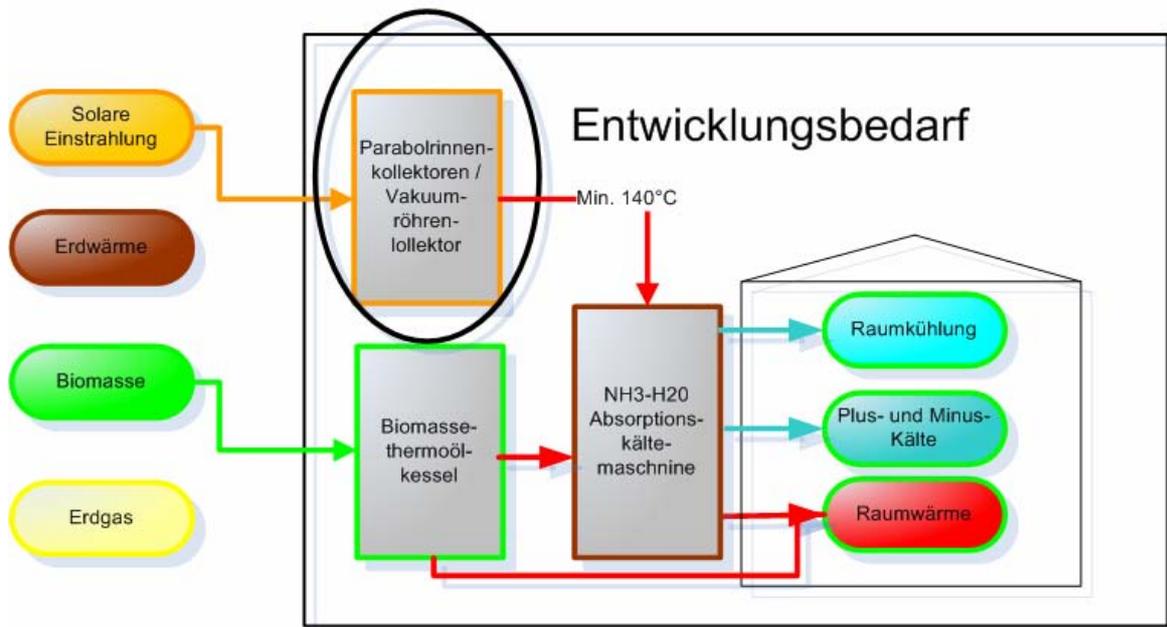


Abbildung 117: Konzept IM-BS05

- Entwicklungsbedarf
 - Parabolrinnenkollektoren: Steigerung des Wirkungsgrades; Verbesserung der Nachführung
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Gewerbekälte und Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger

3.3.4 Langfristig technisch realisierbare Konzepte für Interspar-Märkte

3.3.4.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept IM – B07

- Konzeptbeschreibung

Wärmebereitstellung zur Abdeckung des Raumwärme- und Kältebedarfs des Intersparmarktes, zur Wärmeversorgung von externen Raum- und Prozesswärmeabnehmern über ein Fernwärmenetz und Stromerzeugung mittels Biomasse-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung auf Basis eines ORC-Prozesses und einer Ammoniak-Absorptionskältemaschine. Zusätzlich wird zur Spitzenlastabdeckung und Ausfallssicherung ein Gaskessel eingesetzt.

IM – B 07: Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit ORC-Prozess und Nahwärme-/Kältenetz zur Versorgung der Umgebung (BIOS)

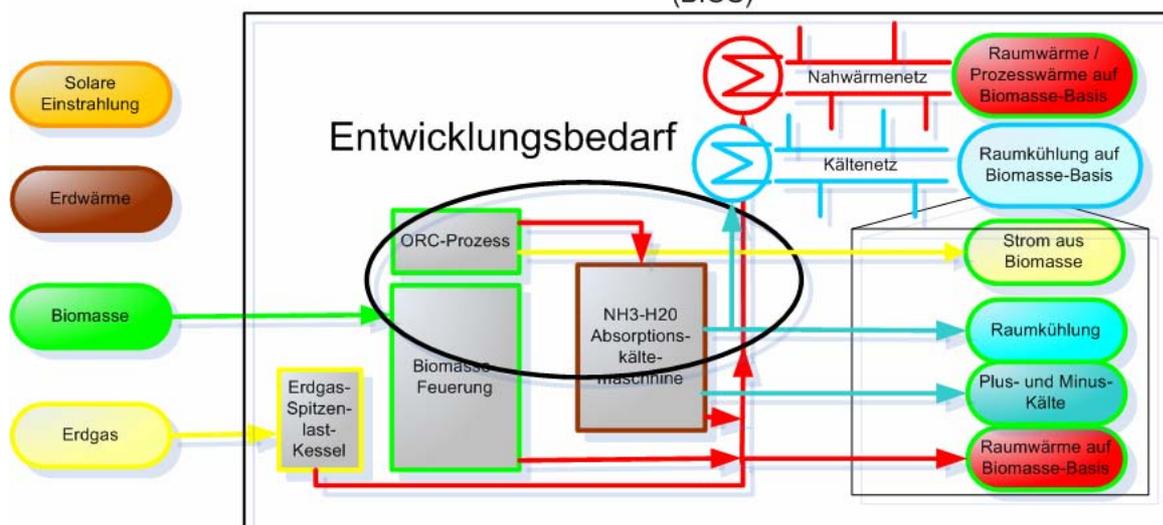


Abbildung 118: Konzept IM-B07

- Entwicklungsbedarf

Die ORC-Technologie ist für den Leistungsbereich zwischen 400 und 1.500 kW_{el} als ausgereift zu betrachten. Zur Zeit ablaufende Weiterentwicklungen der Technologie zielen unter anderem auf Module mit geringerer elektrischer Nennleistung ab, die für diese Variante notwendig sind. Des weiteren müssten die Investitionskosten für Absorptionskältemaschinen auf Ammoniakbasis deutlich sinken, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Mit diesem Konzept könnte der gesamte Wärme- und Kältebedarf eines Intersparmarktes abgedeckt werden.

Konzept IM – B08

- Konzeptbeschreibung

Anlagen zur Herstellung von Pyrolyseöl aus Biomasse werden derzeit im kleinen Maßstab betrieben. Es sind derzeit sind weltweit zwei größere Anlagen im Bau. Pyrolyseöl kann somit zentral produziert, und dann in Tankwagen transportiert und dezentral genutzt werden. Mögliche Nutzungsschienen sind die Verbrennung zur Wärmeerzeugung in konventionellen Kesselanlagen sowie die Vergasung und Nutzung des Produktgases in Gasturbinen oder Gasmotoren.

IM – B 08: Biomassepyrolyse mit KWK und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung (BIOS)

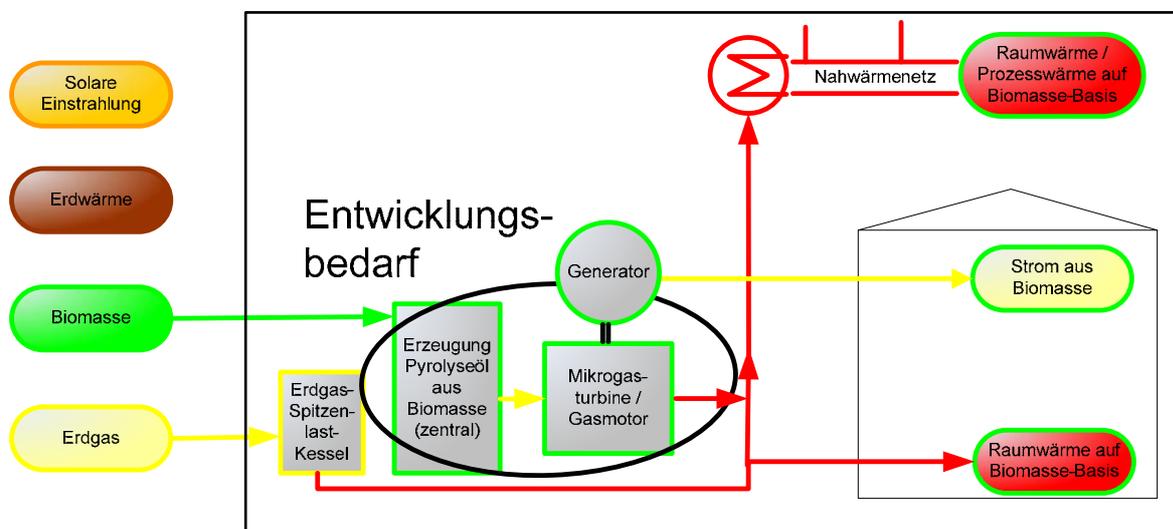


Abbildung 119: Konzept IM-B08

- Entwicklungsbedarf

Entwicklungsbedarf ist auf dem Gebiet der Pyrolyseölerzeugung (Upscaling der Anlagen, Verbesserung der Eigenschaften und Alterungsbeständigkeit des Öls selbst etc.) gegeben. Bezüglich der Ölnutzung, speziell der Vergasung mit nachfolgender Verstromung, ist noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu orten.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Vorteile könnten sich durch den geringeren Platzbedarf für die Öllagerung und die hohen in Gasturbinen und Gasmotoren prinzipiell erzielbaren Wirkungsgrade der Stromerzeugung ergeben.

3.3.4.2 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept IM – BS06

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zum Antrieb (150-200°C) der Dampfstrahlkältemaschine, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Der Antrieb der Dampfstrahlkältemaschine kann auch mit konzentrierenden Kollektoren, in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

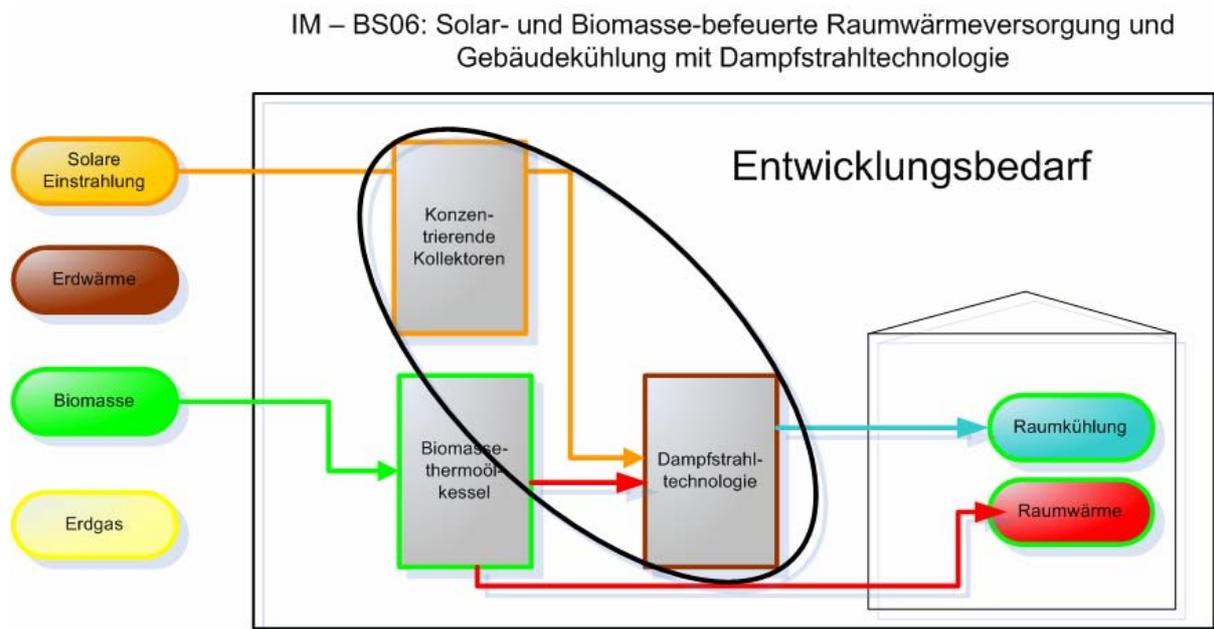


Abbildung 120: Konzept IM-BS06

- Entwicklungsbedarf
 - Dampfstrahltechnologie: Entwicklung von Anlagen in Leistungsbereichen entsprechend dem Kühlenergiebedarf von Lebensmittelmärkten (50-200kW); Einbindung Solarenergie zum Antrieb;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Nur Wasser als Kältemedium, daher einfache Komponenten (z.B.: Wärmetauscher)
 - Gutes Teillastverhalten
 - Niedrige Betriebskosten

3.3.5 Roadmap für Eurospar-Märkte

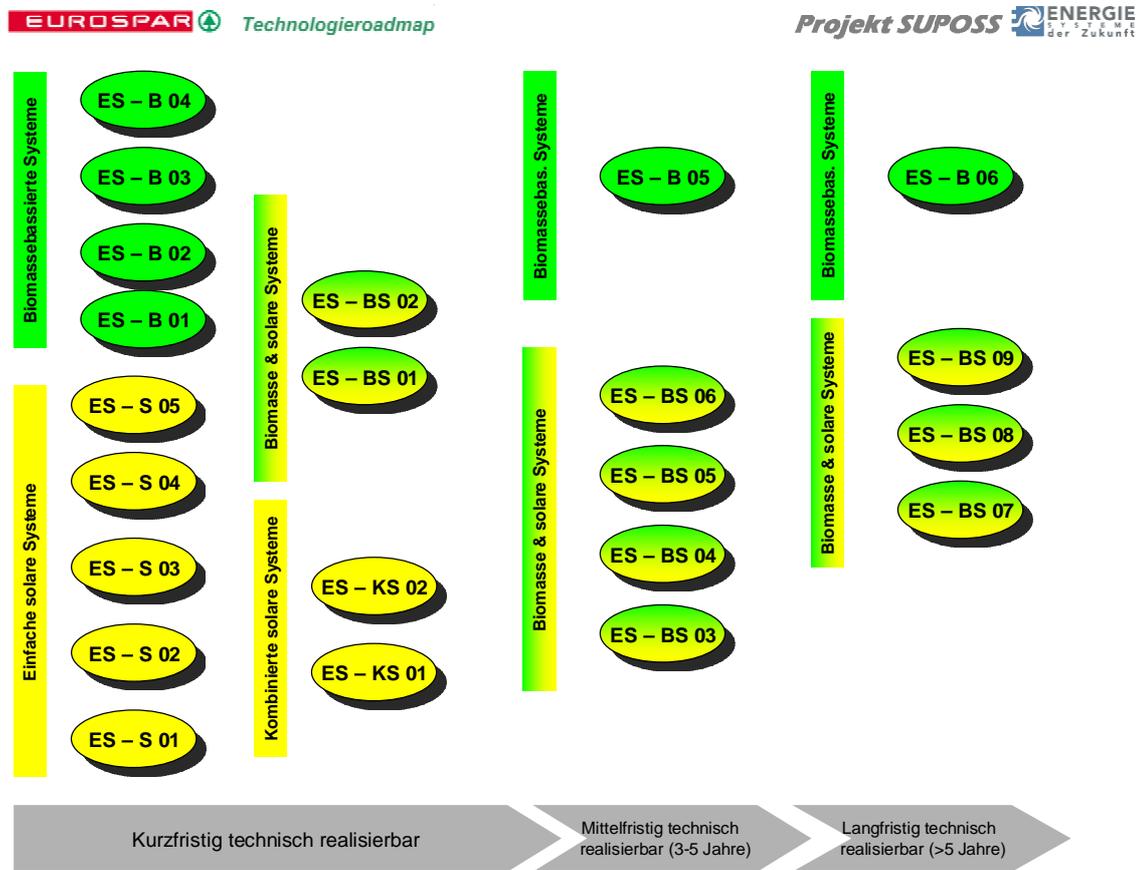


Abbildung 121: Roadmap für Eurospar-Märkte

3.3.6 Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Eurospar-Märkte

3.3.6.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept ES-B01

- Konzeptbeschreibung

Zur Bereitstellung der Raumwärme wird ein Biomassekessel eingesetzt. Zwecks Automatisierbarkeit des Heizbetriebes (automatischer Brennstoffzufuhr) eignen sich als feste Brennstoffe aus Biomasse Pellet oder Hackgut. Für die Lagerung des Brennstoffes ist ein eigener (dem Brennstoff entsprechender) Lagerraum erforderlich. Durch eine Brennstofffördereinrichtung wird der Brennstoff aus dem Lagerraum in den Brennraum des Kessels transportiert.

ES – B01: Biomasse befeuerte Heizkessel zur Versorgung mit Raumwärme aus fester Biomasse

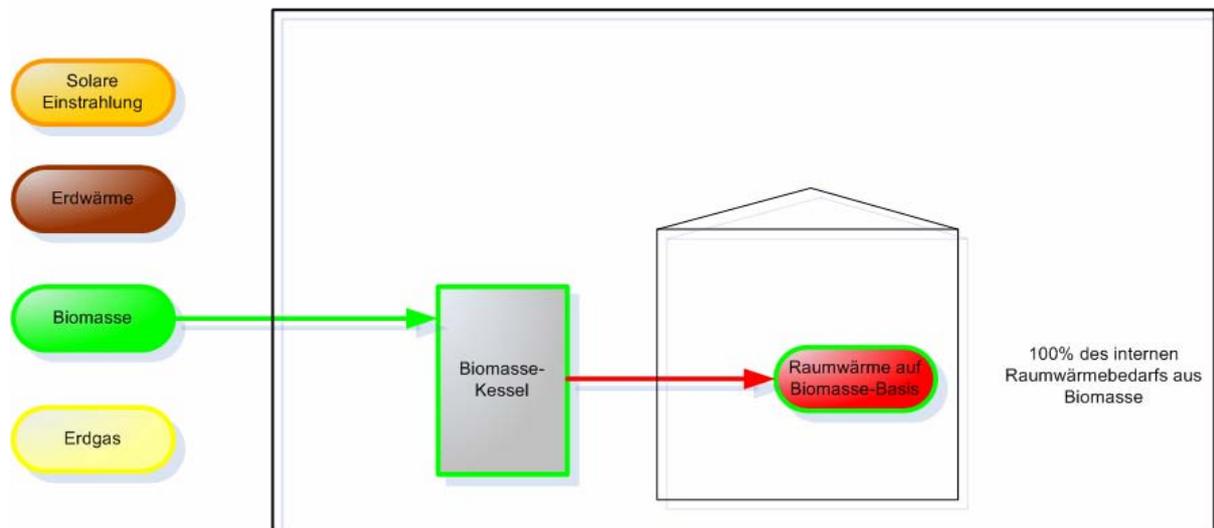


Abbildung 122: Konzept ES-B01

- Technisches Risiko

Da solche Anlagen bereits heute Stand der Technik sind und zu vielen tausenden Stück bereits verkauft worden sind ist ein technisches Risiko praktisch nicht vorhanden.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Mehrinvestitionen einer solchen Biomasseheizung (gegenüber einem Gaskessel) entstehen einerseits durch die höheren Kosten für den Kessel und andererseits durch den erforderlichen Brennstofflagerraum inklusive Fördereinrichtung (der bei einer Gasheizung entfallen kann). Dem gegenüber stehen jedoch deutlich günstigere Brennstoffkosten für feste Biomasse und die Tatsache, dass mit Biomasse gefeuerte Anlagen bei der Investition gefördert werden. Auf Basis Hackgut amortisieren sich diese Mehrinvestitionen (gegenüber einer Heizanlage mit Gaskessel) nach etwa 10 Jahren.

Konzept ES-B02

- Konzeptbeschreibung

Zur Bereitstellung der Raumwärme sowie der Wärme, die in das Nahwärmenetz eingespeist wird, werden ein Grundlastkessel sowie ein Spitzenlastkessel auf Basis fester Biomasse eingesetzt. Der Split in einen Spitzen- und in einen Grundlastkessel ist erforderlich um die unterschiedlichen geforderten Heizlasten jeweils mit einem guten Wirkungsgrad bereitstellen zu können (die Modulationsfähigkeit von Biomassekesseln beträgt durchschnittlich 1:3 bis 1:5). Außerdem ergibt sich durch diese Anordnung eine höhere Betriebssicherheit. Zwecks Automatisierbarkeit des Heizbetriebes (automatischer Brennstoffzufuhr) eignen sich für so ein Anlagenkonzept Hackgut als Brennstoff. Für die Lagerung des Brennstoffes sind ein eigener Lagerraum sowie eine automatische Brennstofffördereinrichtung erforderlich.

ES – B02: Biomasse befeuerte Heizkessel und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung

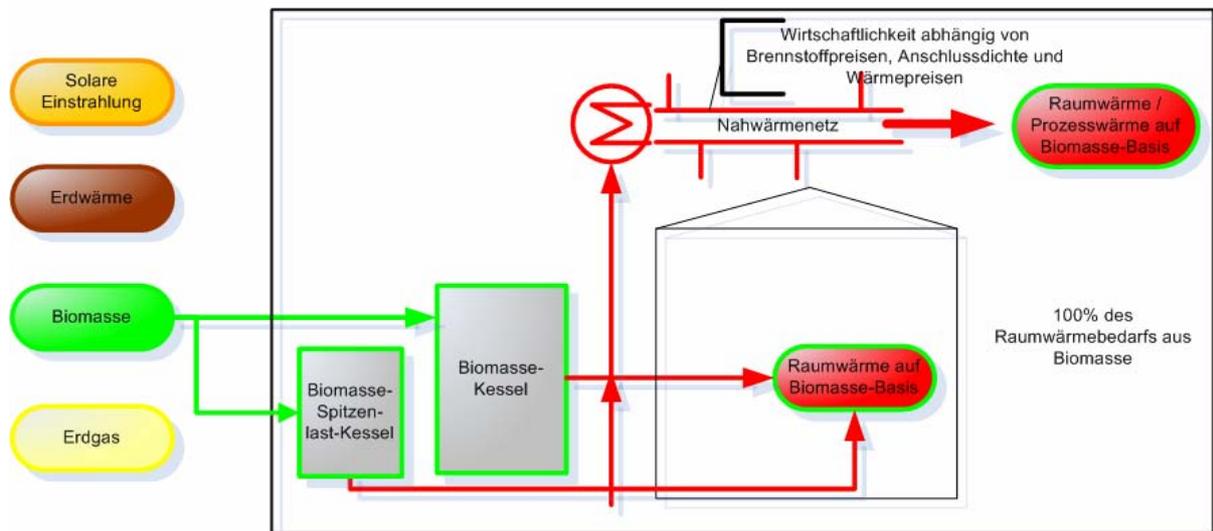


Abbildung 123: Konzept ES-B02

- Technisches Risiko

Biomassekessel wie im oben beschriebenen Konzept sind Stand der Technik. Daher ergibt sich aus diesen Komponenten praktisch kein technisches Risiko. Nahwärmenetze (so wie hier beschrieben) wurden ebenfalls bereits realisiert. Somit sind auch von dieser Seite keine massiven technischen Probleme zu erwarten, allerdings ist der technische Aufwand für die Anbindung an ein Nahwärmenetz größer als für eine "Stand Alone" Heizanlage, weshalb wir das technische Risiko als mittel einstufen würden.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die wirtschaftliche Attraktivität dieses Konzeptes steht und fällt mit den Brennstoffpreisen, der Anschlussdichte und den erzielbaren Wärmepreisen und ist damit wesentlich mit der Standortfrage (Grad der Erschließung, Nahwärmenetz bereits vorhanden, ...) verknüpft. Entschließt sich Spar zum Betrieb eines Nahwärmenetzes (als alleiniger Betreiber), so kommt das der Erschließung eines neuen Geschäftsfeldes gleich. In so einem Fall ist die erforderlichen Leistung der Kesselanlage (Grund- und Spitzenlastkessel) deutlich größer als jene, die für die Bereitstellung der Raumwärme für den Supermarkt eingesetzt werden müsste. Dadurch sind deutlich größere Investitionen für die Anlage (Kessel, Brennstofflager, Abgasreinigung, ...) zu tätigen und zusätzlich auch noch das Nahwärmenetz zu errichten, wodurch die wirtschaftliche Attraktivität als mittel eingestuft wird.

Konzept ES-B03

- Konzeptbeschreibung

Die Anlage besteht aus einem Grund- und einen Spitzenlastkessel, beide Kessel werden mit fester Biomasse (Hackgut) befeuert. Die Kraftkomponente (Linearkolbengenerator) wird dabei vom Grundlastkessel mit Dampf versorgt. Das Anlagenkonzept erlaubt damit die vollständige Versorgung des Supermarktes mit Raumwärme, zusätzlich wird eine Strommenge auf Basis fester Biomasse erzeugt, die etwa 3% des Strombedarfes eines Eurospars entspricht.

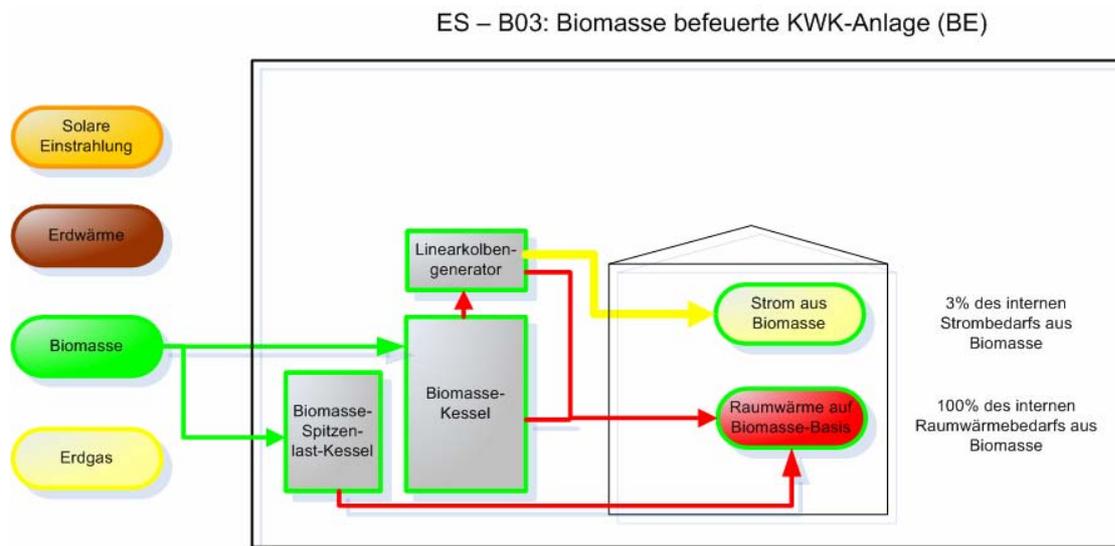


Abbildung 124: Konzept ES-B03

- Technisches Risiko

Das oben beschriebene Konzept entspricht bis auf den Linearkolbengenerator und den dafür erforderlichen Verdampfer, der im Grundlastkessel integriert wird (auch ein nachträglicher Einbau in einen bestehenden Kessel ist möglich), einer Heizanlage mit Grund- und Spitzen-

lastkessel. Solche Anlagen sind heute Stand der Technik sind und werden zu vielen tausenden Stück verkauft. Somit ist das technische Risiko für die Anlage gering, lediglich für den Umfang Linearkolbengenerator erfolgt eine höhere Einstufung des technischen Risikos. Es ist hier aber ausdrücklich zu erwähnen, dass der normale Heizbetrieb durch einen defekten Linearkolbengenerator nicht beeinträchtigt wird.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Dauerlinie im Eurospar hat einen recht ungünstigen Verlauf für den Betrieb einer KWK (es scheint als ob der installierten Gaskessel im Eurospar mit 160 kW thermischer Nennleistung sehr auf der sicheren Seite dimensioniert ist). Trotz der hohen benötigten thermischen Energiemenge erreicht der Linearkolbengenerator nur 5300 Volllaststunden. Die dabei erzeugte elektrische Energie führt aber schon zu einer früheren Amortisation der Mehrinvestition, weshalb dieses Konzept wirtschaftlich attraktiver als eine reine Raumheizung ist.

Konzept ES-B04

- Konzeptbeschreibung

Zur Bereitstellung der Raumwärme sowie der Wärme, die in das Nahwärmenetz eingespeist wird, werden ein Grundlastkessel sowie ein Spitzenlastkessel auf Basis fester Biomasse (Hackgut) eingesetzt. Weiters wird am Grundlastkessel noch die Kraftkomponente betrieben. Dazu ist ein Verdampfer der den Linearkolbengenerator mit Dampf versorgt integriert. Durch den Anschluss eines Nahwärmenetzes an die KWK ist es möglich die Volllaststunden für den Betrieb des Linearkolbengenerators zu steigern und damit den Stromertrag zu erhöhen.

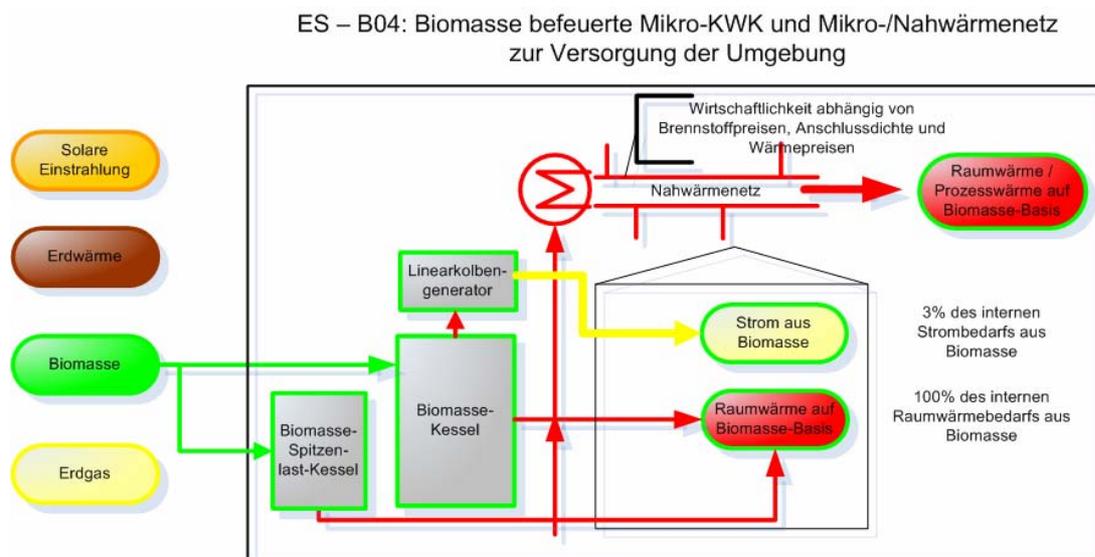


Abbildung 125: Konzept ES-B04

- Technisches Risiko

Das Konzept ist mit ES-B03 prinzipiell gleich, der Unterschied besteht darin, dass dieses Konzept ES-B04 zusätzlich an ein Nahwärmenetz angeschlossen ist (so wie bereits im Konzept ES-B02 beschrieben). Daher ergibt sich auch für dieses Konzept ein mittleres technisches Risiko.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Gegenüber ES-B03 ergibt sich ein etwas attraktiveres Konzept, weil aufgrund der Anbindung an ein Nahwärmenetz mehr Volllaststunden des Linearkolbengenerators erreicht werden können.

3.3.6.2 Einfache solare Systeme

Konzept ES-S01

- Konzeptbeschreibung

Siehe Konzept IM – S01

Konzept ES-S02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Erdluftkollektoren zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft. Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage (siehe Konzept ES-S01).

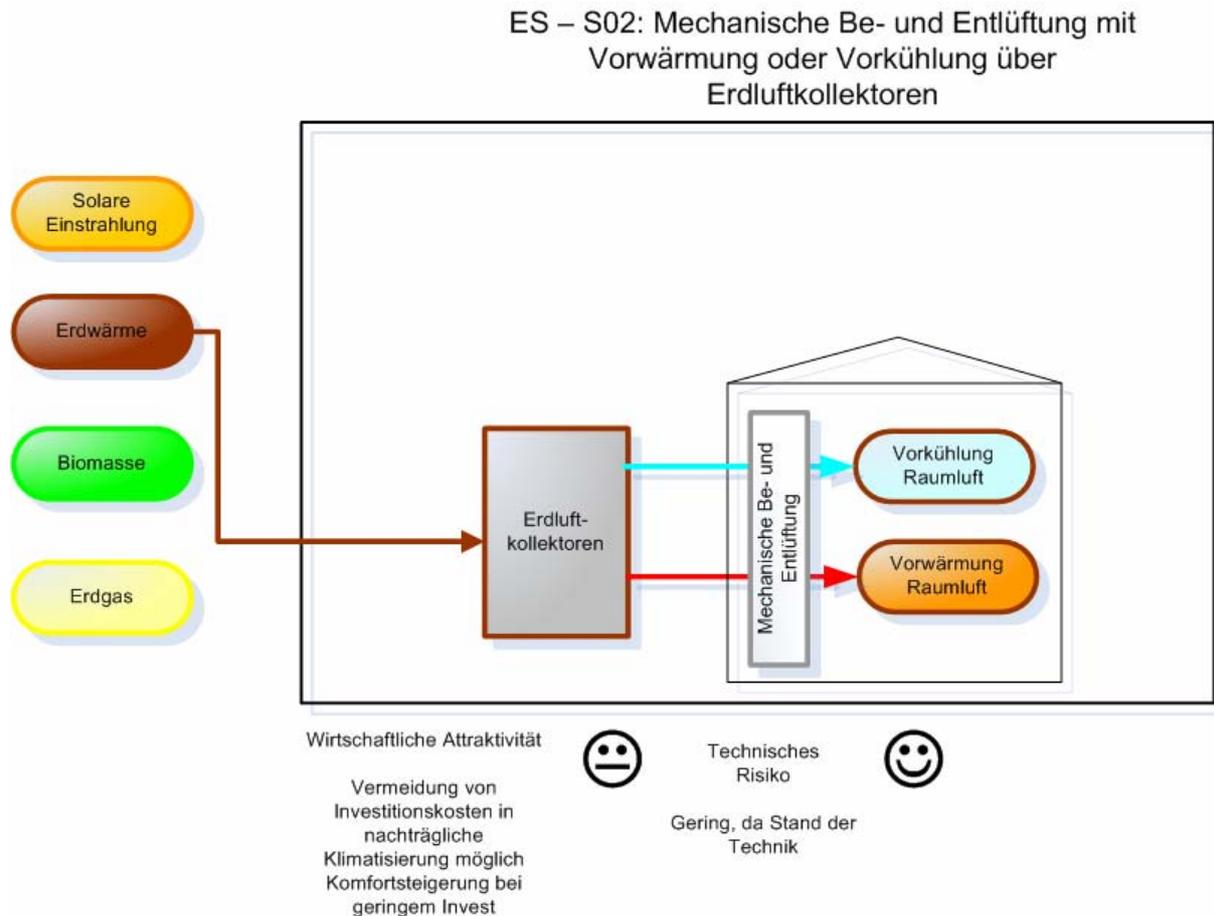


Abbildung 126: Konzept ES-S02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen

Konzept ES-S03

- Konzeptbeschreibung

Einsatz von Fassadenluftkollektoren für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein (siehe Konzept ES-S01).

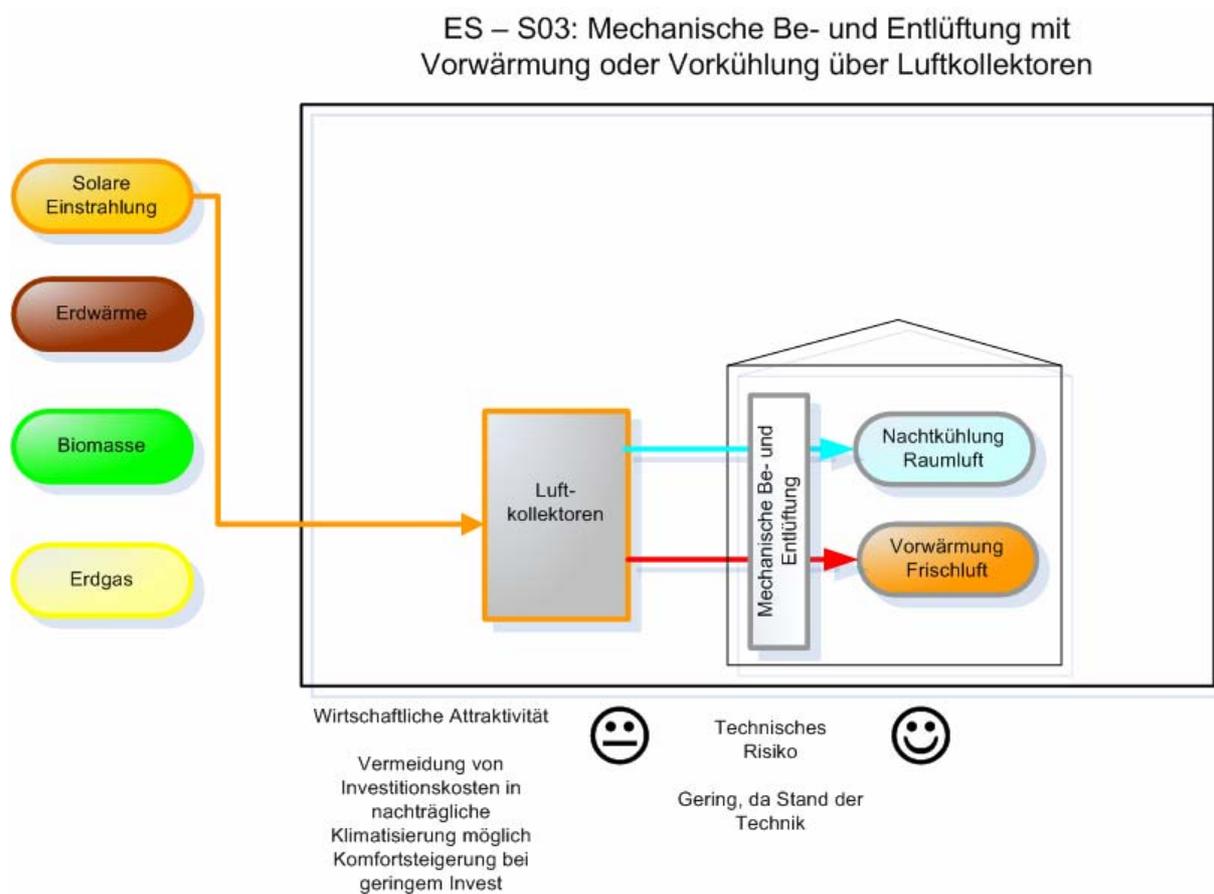


Abbildung 127: Konzept ES-S03

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept ES-S04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Wärmepumpe zur Raumheizung und Kühlung, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt (siehe Konzept ES-S01).

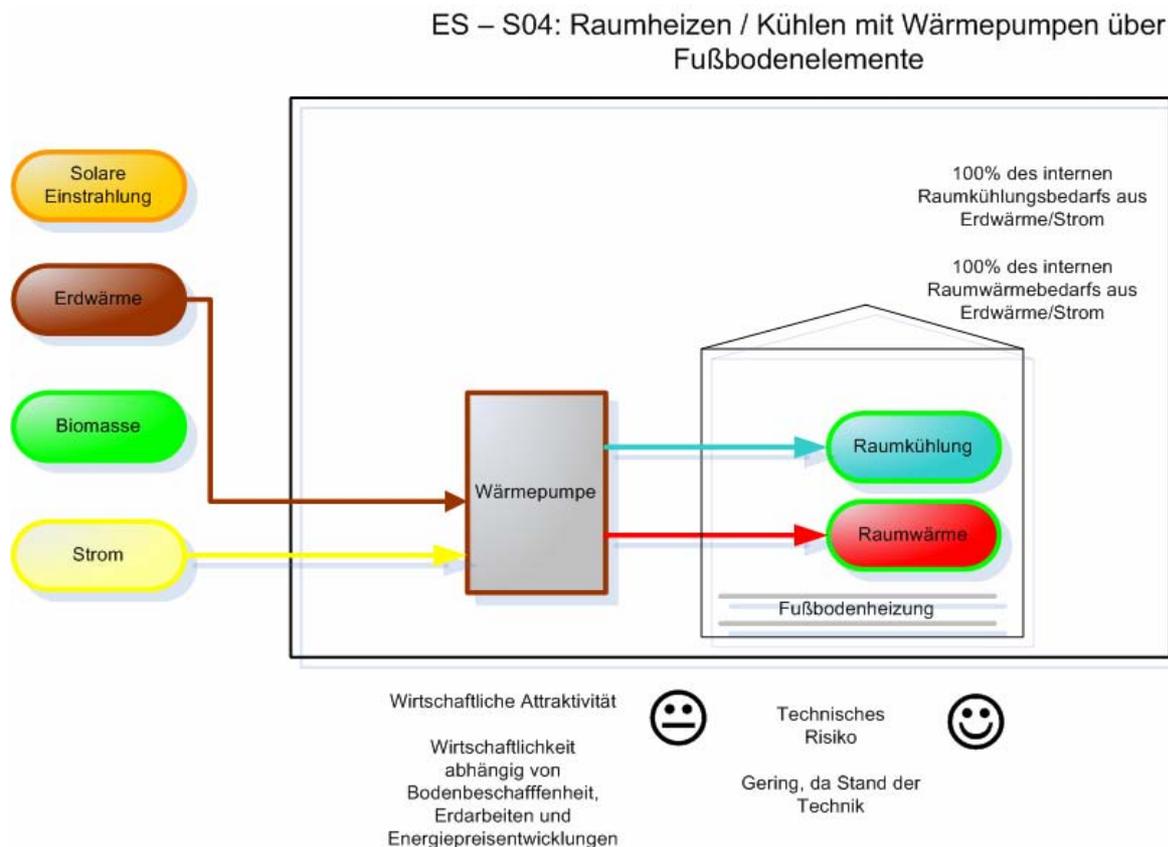


Abbildung 128: Konzept ES-S04

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept ES-S05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaikmodule zur Stromerzeugung, welcher für den internen Strombedarf herangezogen werden kann, Lastschwankungen werden durch Einspeisung in das Stromnetz abgeglichen. Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen sind hierbei zu bevorzugen, da eine zusätzliche Funktion als Verschattung und damit Reduktion des Raumkühlbedarfs erzielt werden kann.

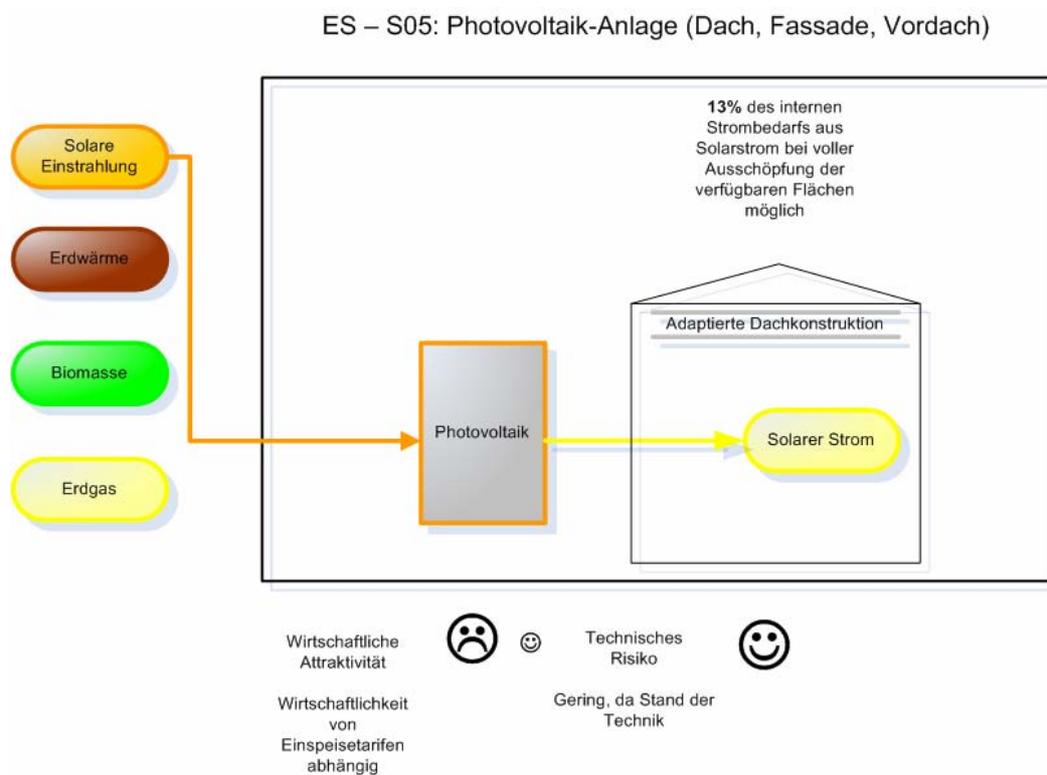


Abbildung 129: Konzept ES-S05

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Photovoltaikmodule am Dach oder Fassadenintegrierte Ausführung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Aktuelle Fördersituation (Investitionsförderung, Einspeisevergütung)

3.3.6.3 Kombinierte solare Systeme

Konzept ES-KS01

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Erdwärmenutzung durch Wärmepumpen und Erdluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Erdluftkollektoren werden zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft genutzt, die Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe ES-S01.

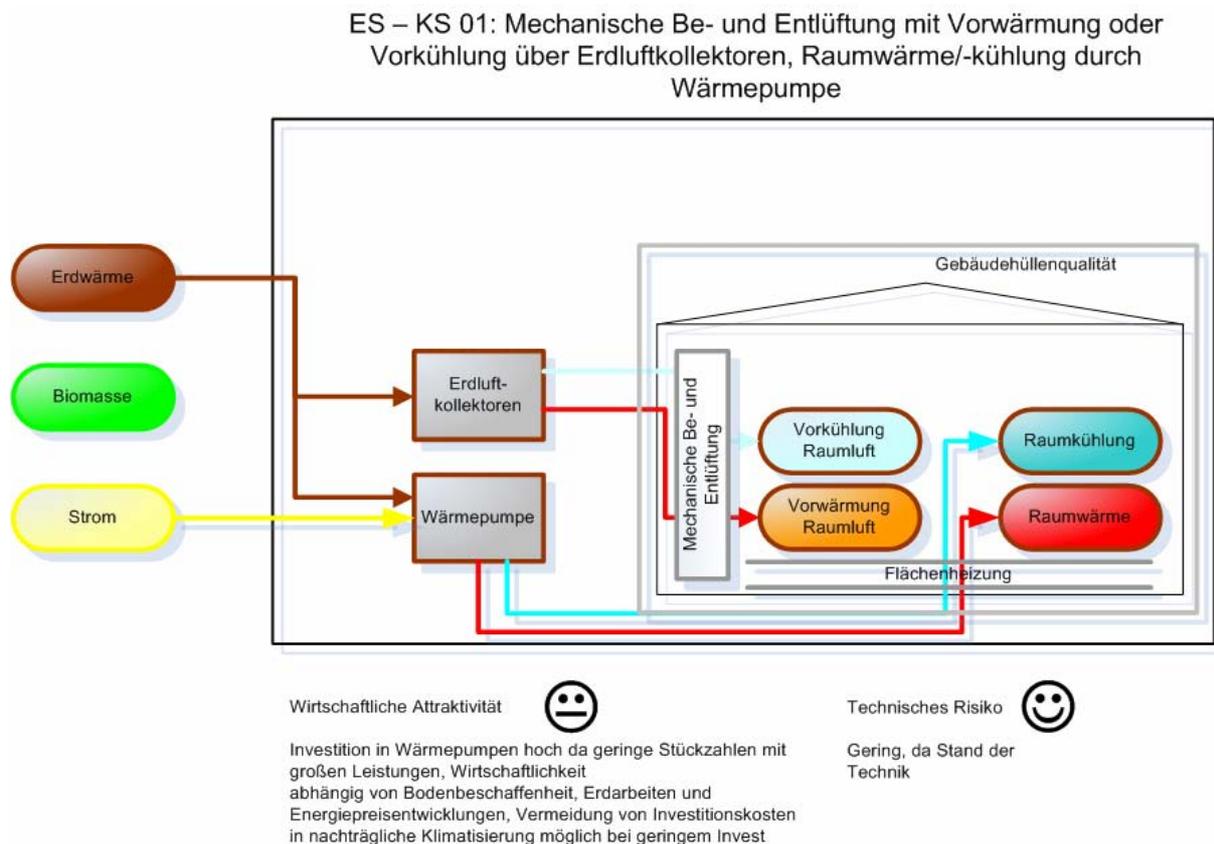


Abbildung 130: Konzept ES-KS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept ES-KS02

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Wärmepumpen und Fassadenluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Einsatz von Fassadenluftkollektoren ebenfalls für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe ES-S01.

ES – KS 02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorkühlung über Fassaden-Luftkollektoren, Raumwärme/-kühlung durch Wärmepumpe

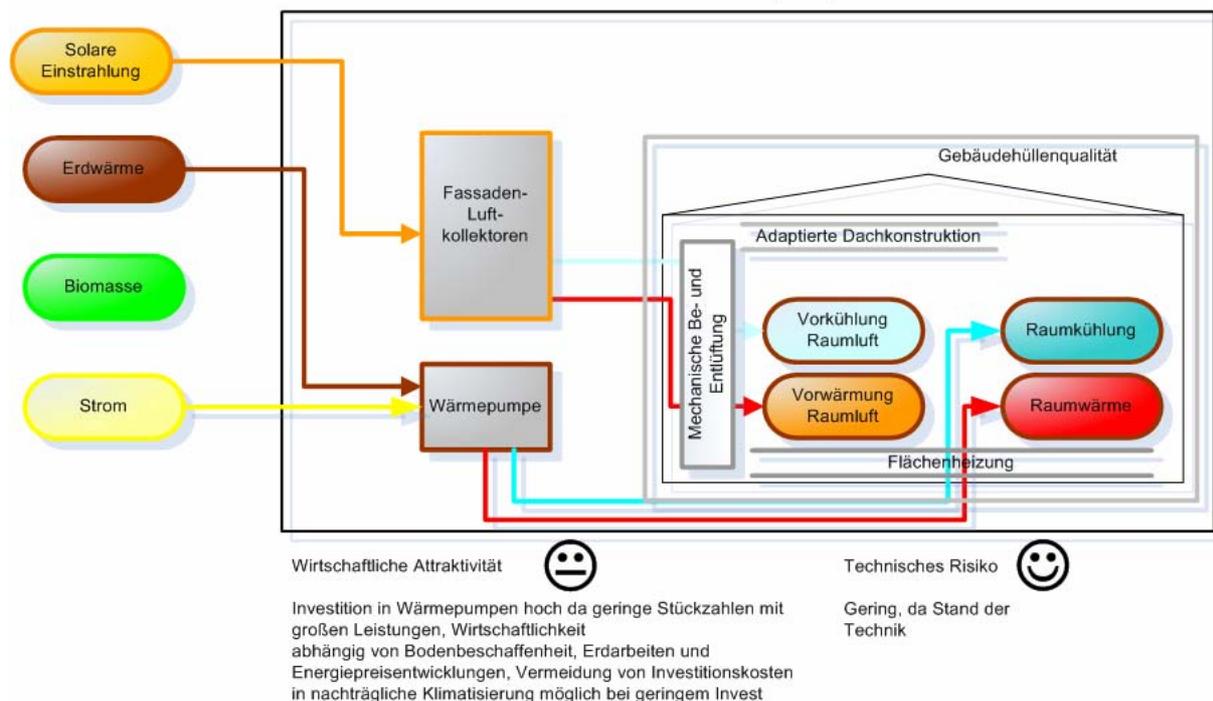


Abbildung 131: Konzept ES-KS02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.6.4 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept ES-BS01

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmeverbedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

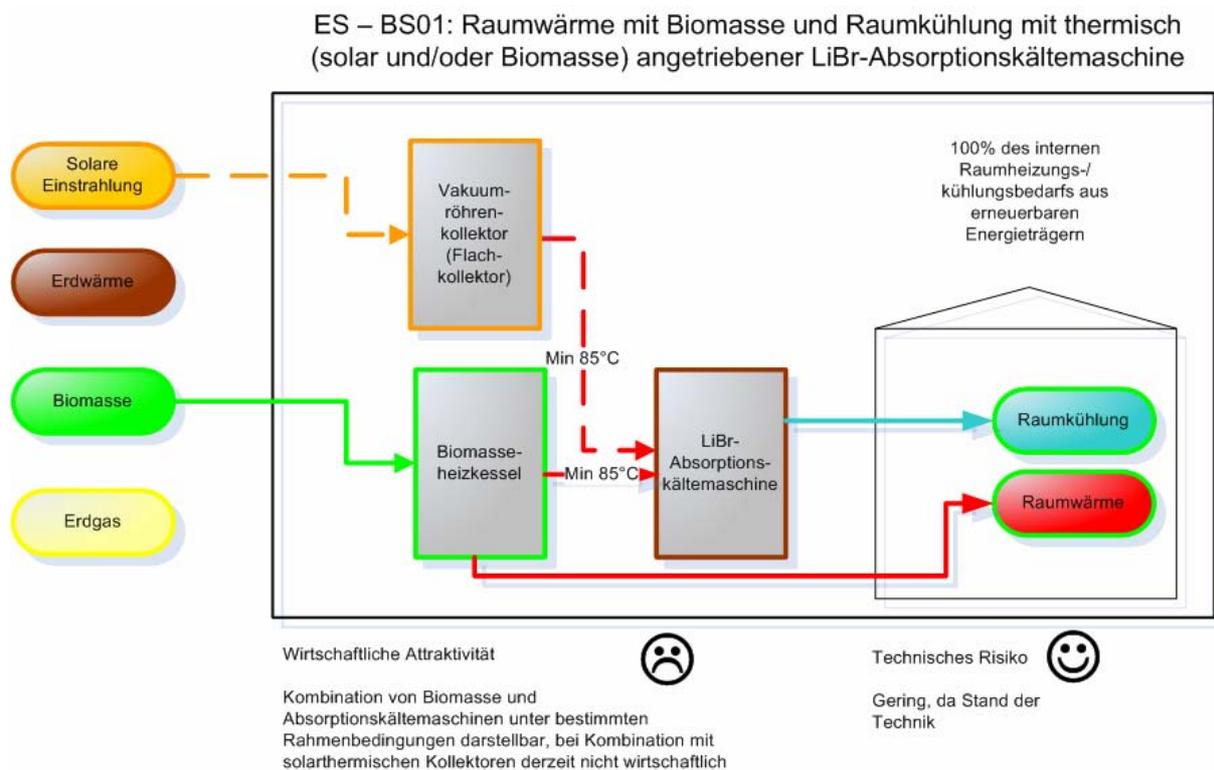


Abbildung 132: Konzept ES-BS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Absorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept ES-BS02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine Adsorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Adsorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

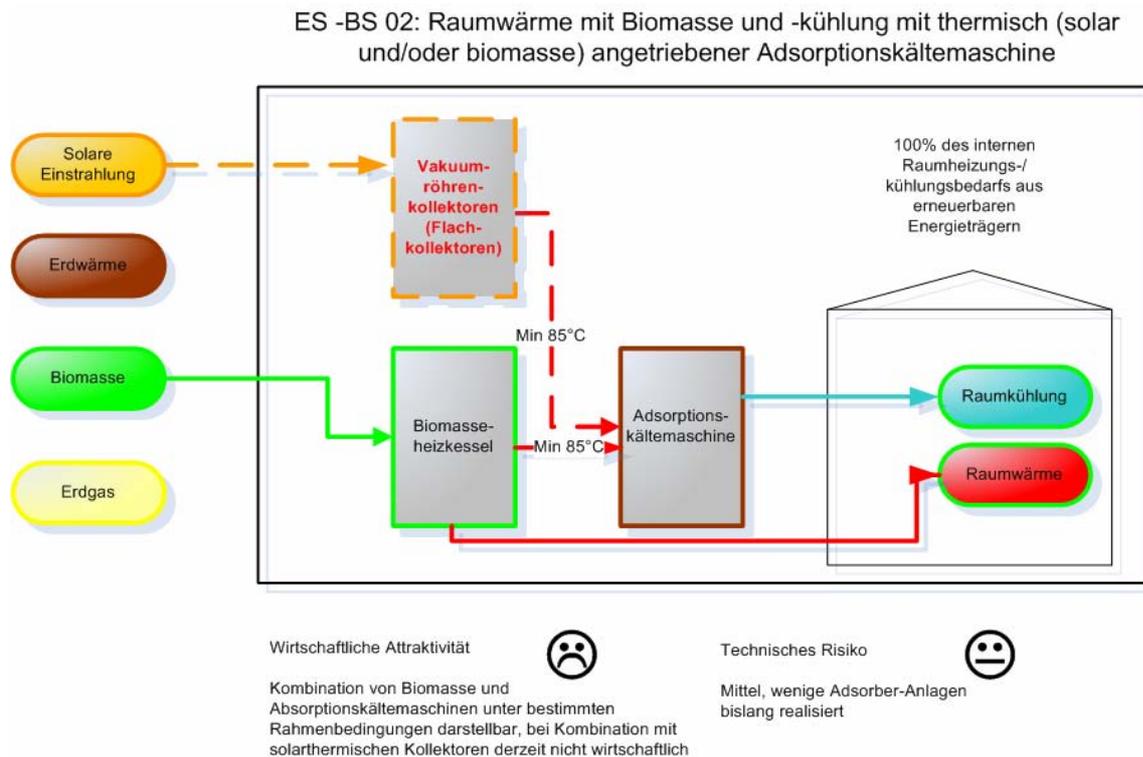


Abbildung 133: Konzept ES-BS02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Adsorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.7 Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte für Eurospar-Märkte

3.3.7.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept ES-B05

- Konzeptbeschreibung

Im Prinzip ist dieses Konzept mit Zur Bereitstellung der Raumwärme sowie der Wärme, die in das Nahwärmenetz eingespeist wird, werden ein Grundlastkessel sowie ein Spitzenlastkessel auf Basis fester Biomasse (Hackgut) eingesetzt. Der Grundlastkessel und die Kraftkomponente der KWK sind dabei in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht (Bison Integral). Durch die Integration von Kessel, Verdampfer und Linearkolbengenerator (inklusive erforderlicher Steuerung, Regelung und Leistungselektronik) kann ein einfacherer Aufbau des Gesamtsystems erreicht werden. Dadurch ergeben sich niedrigere Investitionskosten gegenüber dem Bison Plus und eine frühere dynamische Amortisation der KWK. Durch den Anschluss eines Nahwärmenetzes an die KWK ist es möglich die Volllaststunden für den Betrieb des Linearkolbengenerators zu steigern und damit den Stromertrag zu erhöhen.

ES – B05: Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Dampfmotor und Nahwärme-/Mikronetz (BE)

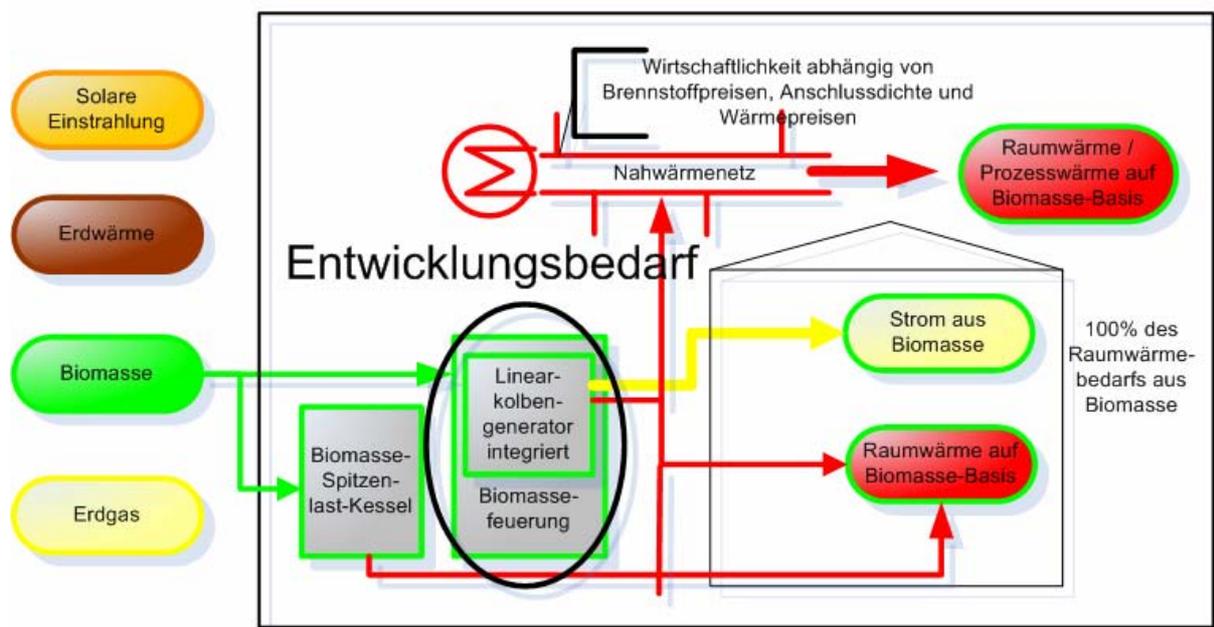


Abbildung 134: Konzept ES-B05

- Entwicklungsbedarf

Gemeinsam mit einem Kesselhersteller für feste Biomasse (Hackgut) ist ein Gerät zu entwickeln, in dem Brenner, Brennraum, Brennstoffzufuhr sowie Verdampfer, Linearkolbengenerator inklusive Steuerung, Regelung und Leistungselektronik in einem Gehäuse untergebracht sind. Dieses Konzept ermöglicht es auf gleichem Raum einer bisherigen Biomasseheizung eine KWK zu realisieren. Durch das Weglassen einiger Umfänge (z.B. Wassermantel) kann die Herstellung vereinfacht und verbilligt werden.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Mit dem Bison Integral ist es möglich dem Endkunden eine auf Basis fester Biomasse betriebene KWK in einem kompakten Gerät zur Verfügung zu stellen.

3.3.7.2 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept ES-BS03

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Absorptionswärmepumpe zur Raumheizung und Kühlung, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt (siehe Konzept ES-S01).

ES – BS03: Raumheizen / Kühlen mit Absorptions-Wärmepumpen über Fußbodenelemente

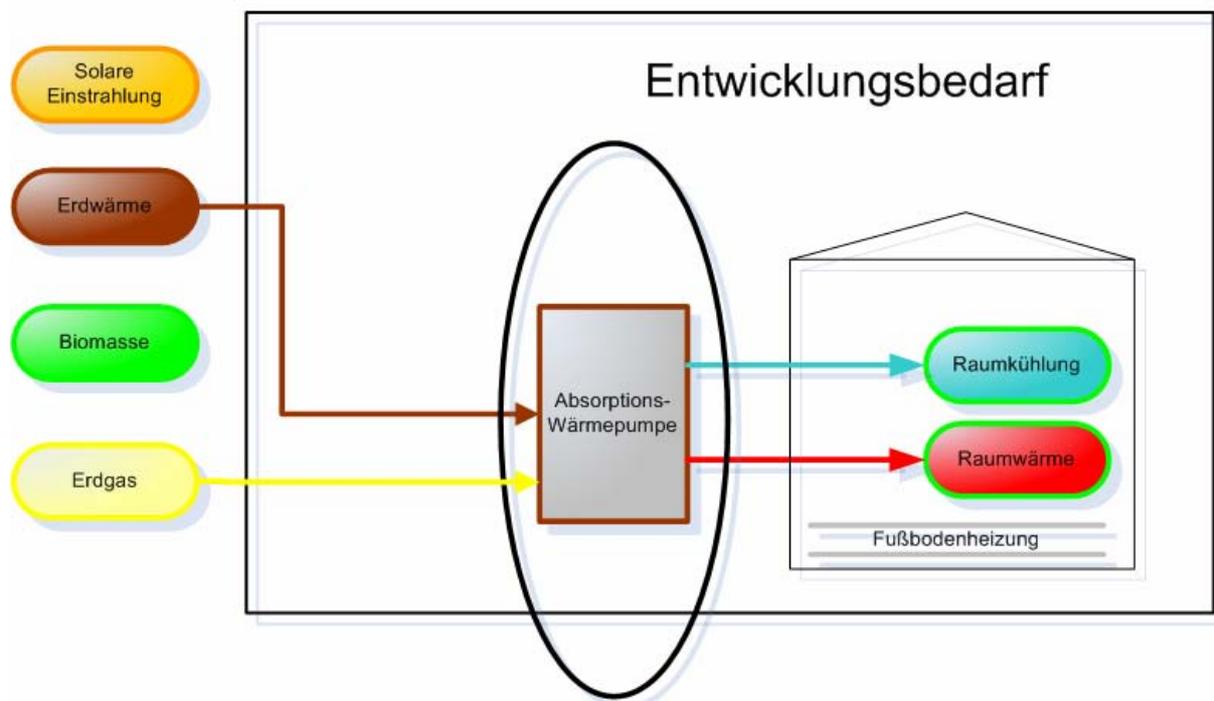


Abbildung 135: Konzept ES-BS03

- Entwicklungsbedarf
 - Absorptionskältemaschine: Antrieb mit Heißwasser (<math><100^{\circ}\text{C}</math>); Verbesserung COP;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung anderer Energieträger (Biomasse, Solarthermische Kollektoren) auch für Antrieb

Konzept ES-BS04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine DEC-Anlage, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Der Antrieb der DEC-Anlage kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

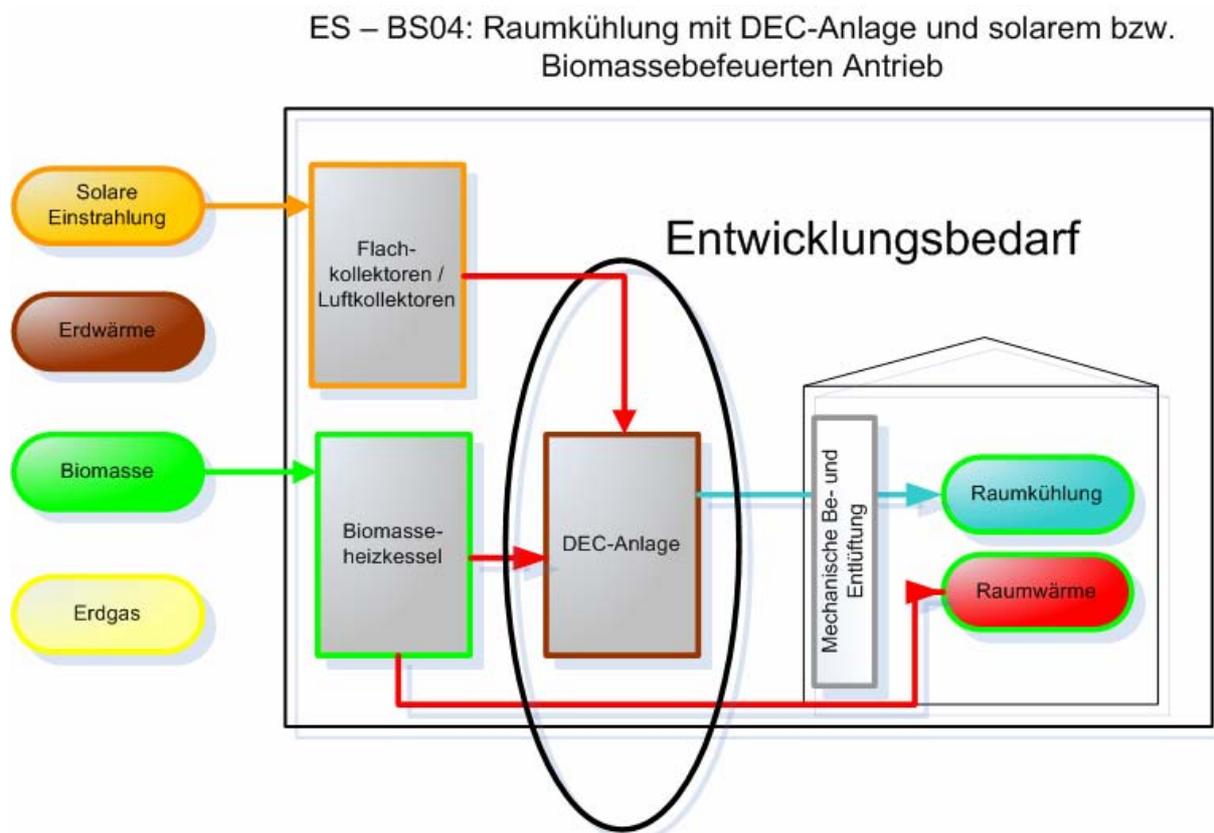


Abbildung 136: Konzept ES-BS04

- Entwicklungsbedarf
 - DEC-Anlage: Regelverhalten DEC-Anlage; Antrieb durch Flachkollektoren oder Luftkollektoren
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger

Konzept ES-BS05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Adsorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

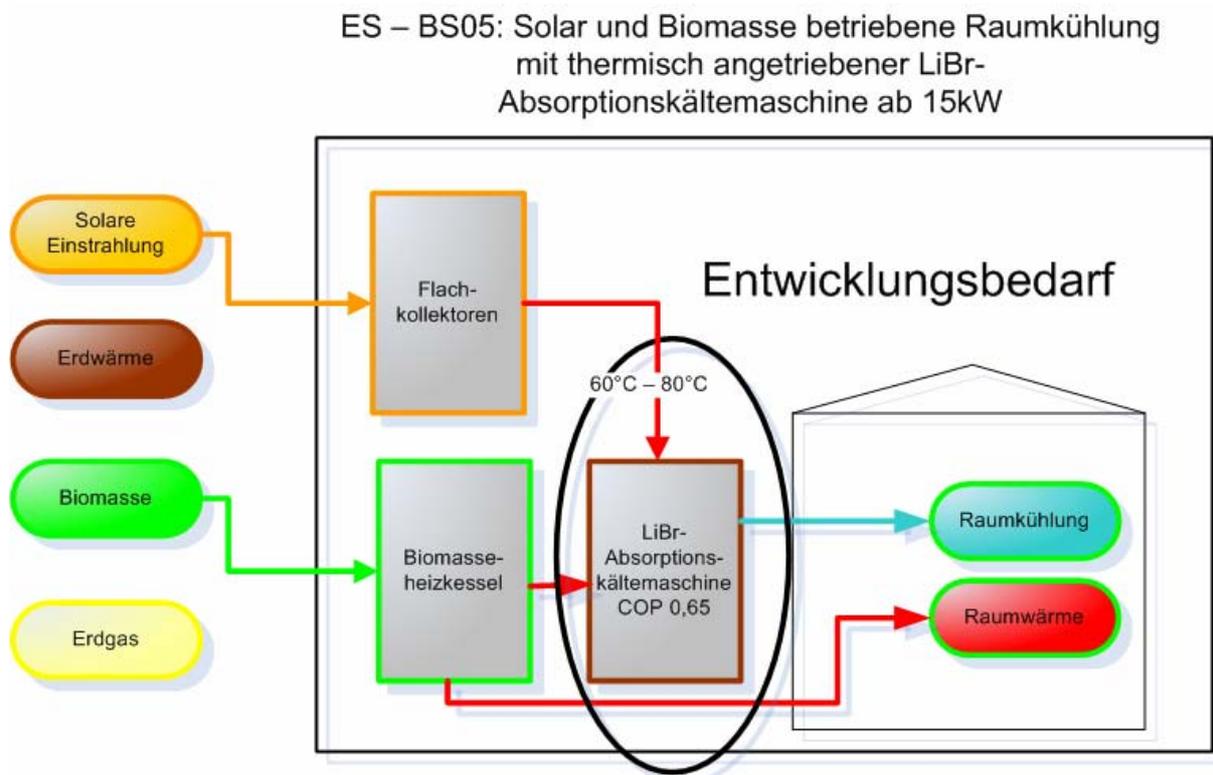


Abbildung 137: Konzept ES-BS05

- Entwicklungsbedarf
 - LiBr-Absorptionskältemaschine: Niedrigere Antriebstemperaturen (60-80°C); Gerätegröße reduzieren; Verbesserung COP
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger
 - Niedrigere Kosten für Flachkollektoren anstelle von Vakuumröhrenkollektoren

Konzept ES-BS06

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ -Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung der „Gewerbe-Minus-Kälte“ (Vorlauf bei -38°C), der „Gewerbe-Plus-Kälte“ (Vorlauf bei -13°C) und zur Raumkühlung herangezogen wird. Die Abwärme der Absorptionskältemaschine kann für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich (Vorlauf $25\text{-}35^\circ\text{C}$) genutzt werden. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Parabolrinnenkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren) in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

ES – BS06: Solar und Biomasse betriebene - Triple-effect Ammoniakabsorber für integrierte Systeme Raumkühlung / Gewerbekälte mit Parabolrinnen/VRK als solaren Antrieb

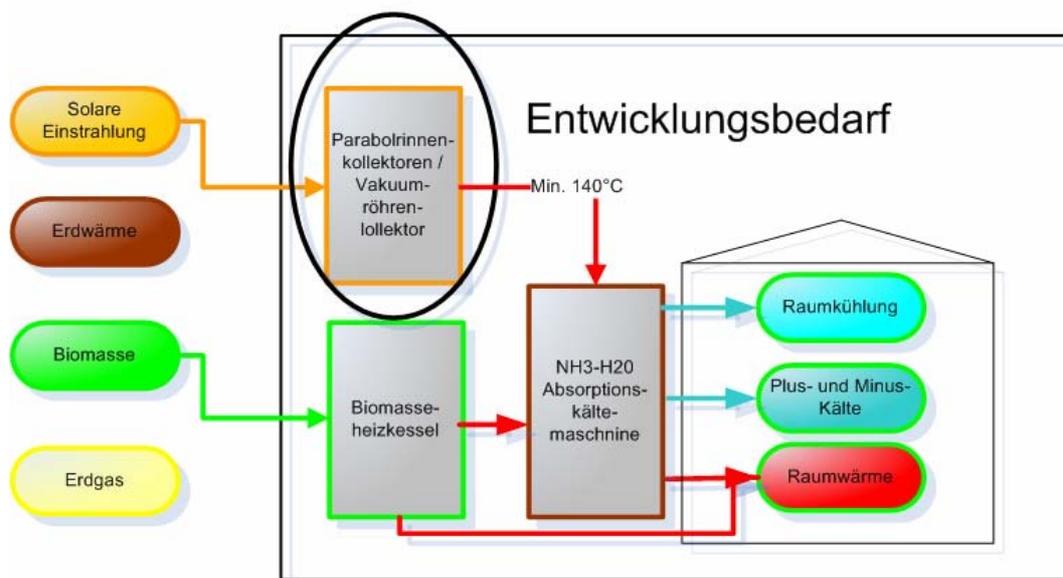


Abbildung 138: Konzept ES-BS06

- Entwicklungsbedarf
 - Parabolrinnenkollektoren: Steigerung des Wirkungsgrades; Verbesserung der Nachführung
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Gewerbekälte und Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger

3.3.8 Langfristig technisch realisierbare Konzepte

3.3.8.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept ES-B06

- Konzeptbeschreibung

Dieses Konzept ist gleich mit dem Konzept ES-B04, der einzige Unterschied besteht in der Art der eingesetzten Kraftkomponente in der Kraft-Wärme-Kopplung. Während im Konzept ES-B04 als Kraftkomponente ein Linearkolbengenerator eingesetzt wird, wird hier ein Stirling-Motor eingesetzt. Der Anschluss an ein Nahwärmenetz ermöglicht auch hier die Steigerung der Betriebsdauer des Stirling-Motors um so einen höheren Stromertrag zu erwirtschaften.

ES – B06: Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit Stirlingmotor und Nahwärme-/Mikronetz (BE)

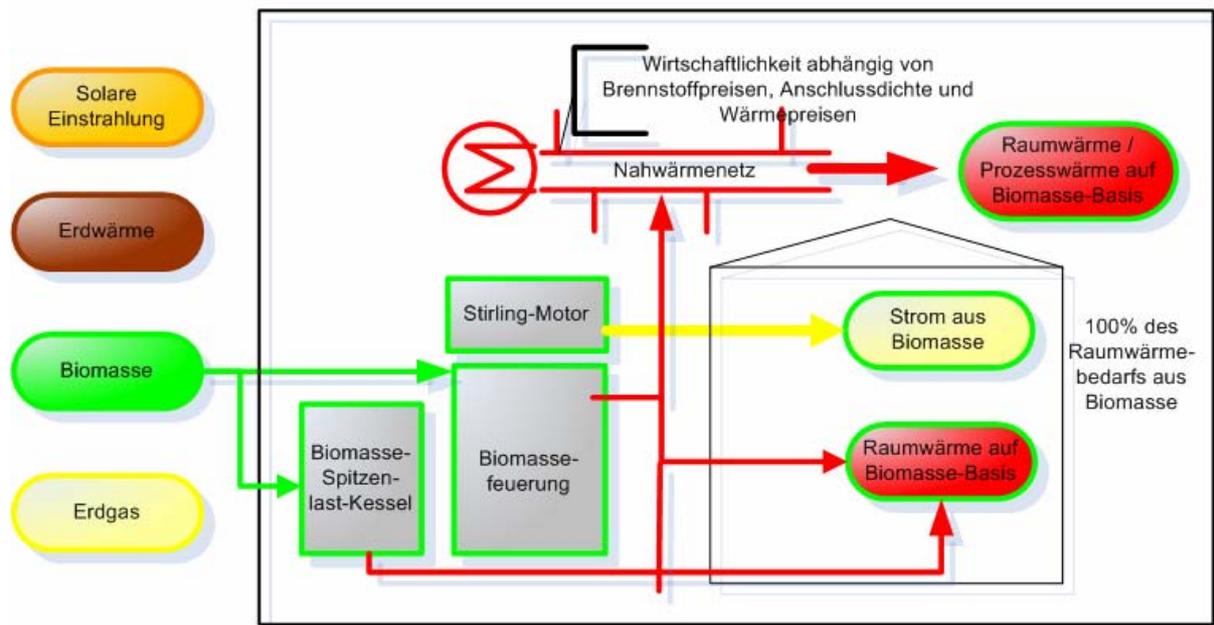


Abbildung 139: Konzept ES-B06

- Entwicklungsbedarf

In der erforderlichen Leistungsklasse (elektrische Leistung etwa 3 bis 5 kW) sind im Moment kaum Produkte verfügbar, lediglich die Firma Solo hat in dieser Leistungsklasse eine passende Maschine. Allerdings ist auch diese Maschine im Moment nur für den Brennstoff Gas geeignet. Laut Homepage der Firma Solo laufen momentan Entwicklungsaktivitäten zur

Realisierung eines mit Biomasse betriebenen Stirling-Motors. Ob es noch weitere Hersteller gibt, die in dieser Leistungsklasse Stirling-Motore entwickeln entzieht sich unserem Kenntnisstand.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Ein mit fester Biomasse befeuerter Stirling-Motor würde die Vorteile eines hohen elektrischen Wirkungsgrades mit dem Vorteil fester Biomasse (Hackgut) als Brennstoff kombinieren und somit einen deutlichen Schritt in Richtung Nachhaltigkeit erlauben.

3.3.8.2 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept ES-BS07

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zur Regeneration des flüssigen Sorptionssystems (60-70°C) in einer DEC-Anlage, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Diese Regeneration kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

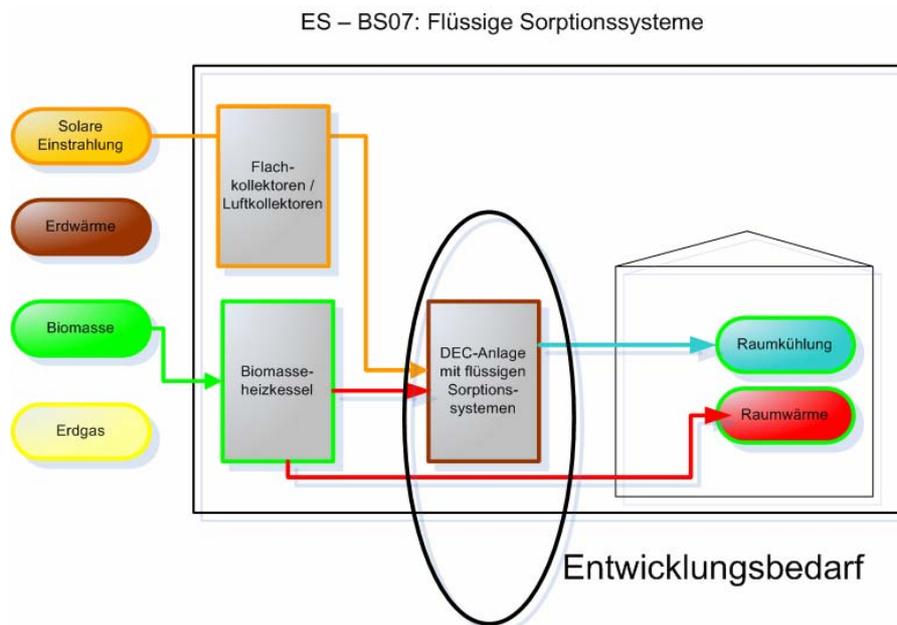


Abbildung 140: Konzept ES-BS07

- Entwicklungsbedarf
 - DEC-Anlage mit flüssigem Sorptionssystem: Entwicklungsbedarf bei Speicherung der flüssigen Sorptionsmittel; Regelungskonzepte; Einbindung Solarenergie zur Regeneration;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Zeitliche Trennung zwischen Absorption und Regeneration, daher Speicherung Möglich
 - Einsatz von Biomasseheizkessel zur Regeneration
 - Einsatz von Solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren) möglich

Konzept ES-BS08

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zum Antrieb (150-200°C) der Dampfstrahlkältemaschine, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Der Antrieb der Dampfstrahlkältemaschine kann auch mit konzentrierenden Kollektoren, in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

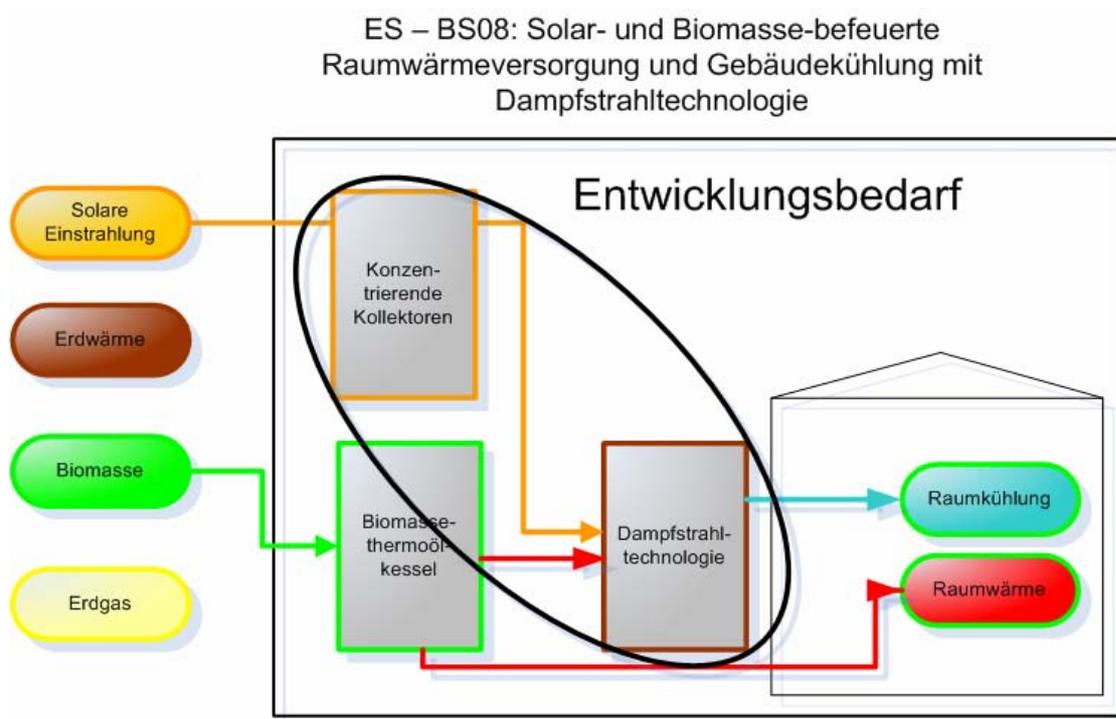


Abbildung 141: Konzept ES-BS08

- Entwicklungsbedarf
 - Dampfstrahltechnologie: Entwicklung von Anlagen in Leistungsbereichen entsprechend dem Kühlenergiebedarf von Lebensmittelmärkten (50-200kW); Einbindung Solarenergie zum Antrieb;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Nur Wasser als Kältemedium, daher einfache Komponenten (z.B.: Wärmetauscher)
 - Gutes Teillastverhalten
 - Niedrige Betriebskosten

Konzept ES-BS09

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über eine Biomasse-KWK auf Basis des Linearkolbengenerators zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zur Stromerzeugung. Dampfstrahlkältemaschine wird zur Kühlung der Raumluft herangezogen, der Antrieb (150-200°C) erfolgt hier ausschließlich über konzentrierende Kollektoren.

ES – BS09: Kombinierte Solar- und Biomasse angetriebene Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Linearkolbengenerator (10 kW) und solare Kühlung mittels Dampfstrahltechnologie

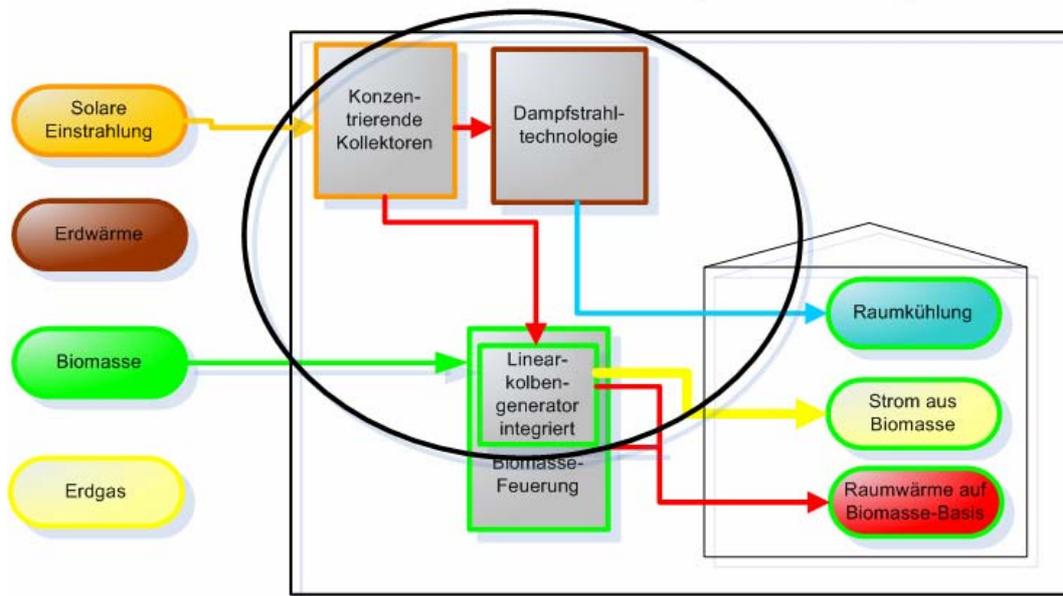


Abbildung 142: Konzept ES-BS09

- Entwicklungsbedarf
 - Dampfstrahltechnologie: Entwicklung von Anlagen in Leistungsbereichen entsprechend dem Kühlenergiebedarf von Lebensmittelmärkten (50-200kW); Einbindung Solarenergie zum Antrieb;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Nur Wasser als Kältemedium, daher einfache Komponenten (z.B.: Wärmetauscher)
 - Gutes Teillastverhalten
 - Niedrige Betriebskosten

3.3.9 Roadmap für Spar-Märkte

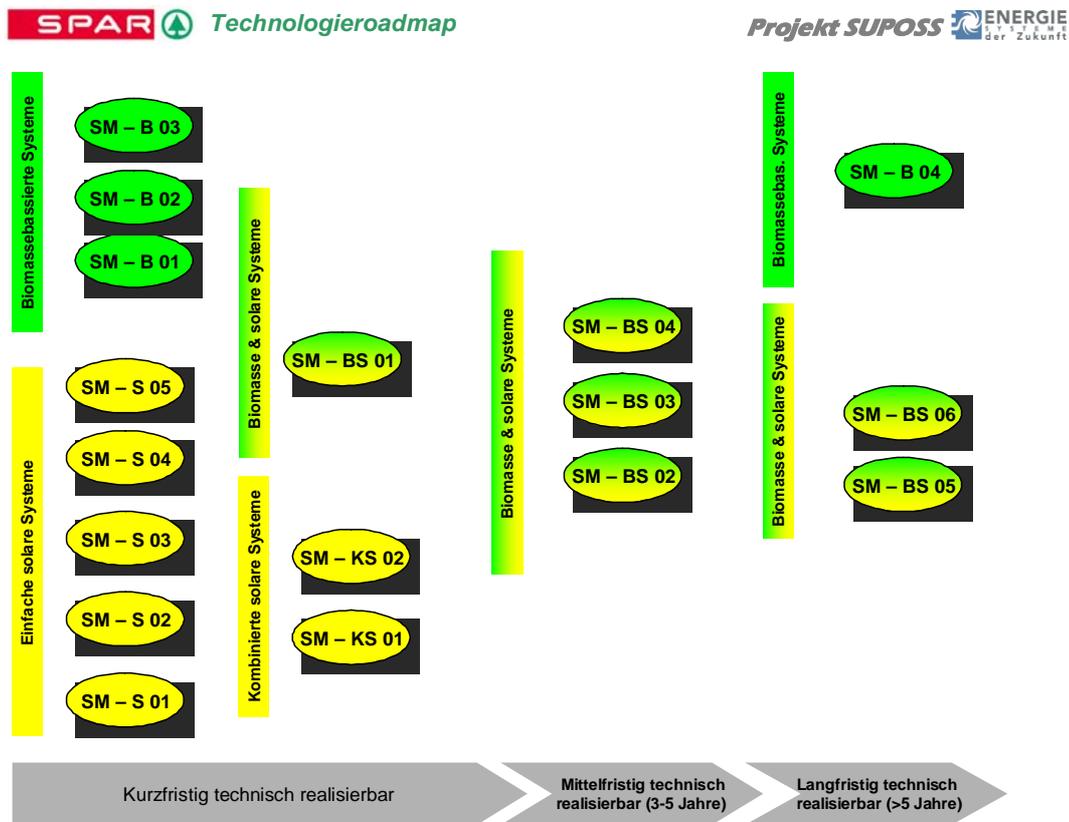


Abbildung 143: Roadmap für Spar-Märkte

3.3.10 Kurzfristig technisch realisierbare Konzepte für Spar-Märkte

3.3.10.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept SM-B01

- Konzeptbeschreibung

Zur Bereitstellung der Raumwärme wird ein Biomassekessel eingesetzt. Zwecks Automatisierbarkeit des Heizbetriebes (automatischer Brennstoffzufuhr) eignen sich als feste Brennstoffe aus Biomasse Pellet oder Hackgut. Für die Lagerung des Brennstoffes ist ein eigener (dem Brennstoff entsprechender) Lagerraum erforderlich. Durch eine Brennstoff-fördereinrichtung wird der Brennstoff aus dem Lagerraum in den Brennraum des Kessels transportiert.

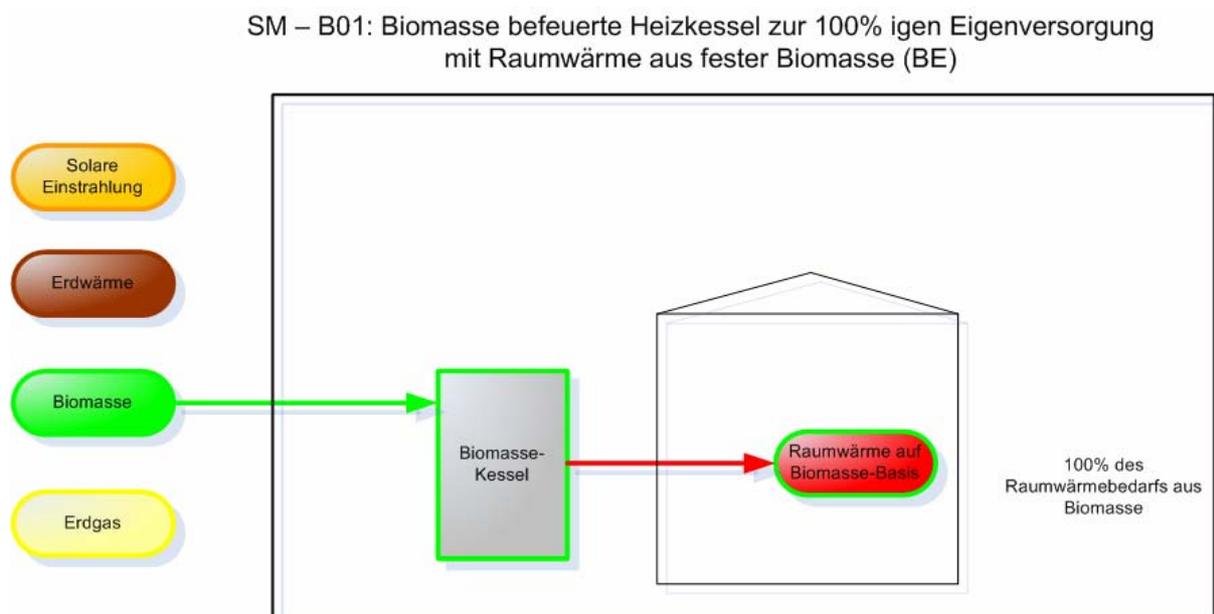


Abbildung 144: Konzept SM-B01

- Technisches Risiko

Da solche Anlagen bereits heute Stand der Technik sind und zu vielen tausenden Stück bereits verkauft worden sind ist ein technisches Risiko praktisch nicht vorhanden.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die Mehrinvestitionen einer solchen Biomasseheizung (gegenüber einem Gaskessel) entstehen einerseits durch die höheren Kosten für den Kessel und andererseits durch den erforderlichen Brennstofflagerraum inklusive Fördereinrichtung (der bei einer Gasheizung entfallen kann). Dem gegenüber stehen jedoch deutlich günstigere Brennstoffkosten für feste

Biomasse und die Tatsache, dass mit Biomasse gefeuerte Anlagen bei der Investition gefördert werden. Auf Basis Hackgut amortisieren sich diese Mehrinvestitionen (gegenüber einer Heizanlage mit Gaskessel) nach etwa 10 Jahren.

Konzept SM-B02

- Konzeptbeschreibung

Zur Bereitstellung der Raumwärme sowie der Wärme, die in das Nahwärmenetz eingespeist wird, werden ein Grundlastkessel sowie ein Spitzenlastkessel auf Basis fester Biomasse eingesetzt. Der Split in einen Spitzen- und in einen Grundlastkessel ist erforderlich um die unterschiedlichen geforderten Heizlasten jeweils mit einem guten Wirkungsgrad bereitstellen zu können (die Modulationsfähigkeit von Biomassekesseln beträgt durchschnittlich 1:3 bis 1:5). Außerdem ergibt sich durch diese Anordnung eine höhere Betriebssicherheit. Zwecks Automatisierbarkeit des Heizbetriebes (automatischer Brennstoffzufuhr) eignen sich für so ein Anlagenkonzept Hackgut als Brennstoff. Für die Lagerung des Brennstoffes sind ein eigener Lagerraum sowie eine automatische Brennstofffördereinrichtung erforderlich.

SM -B02: Biomasse befeuerte Heizkessel und Mikro-/Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung

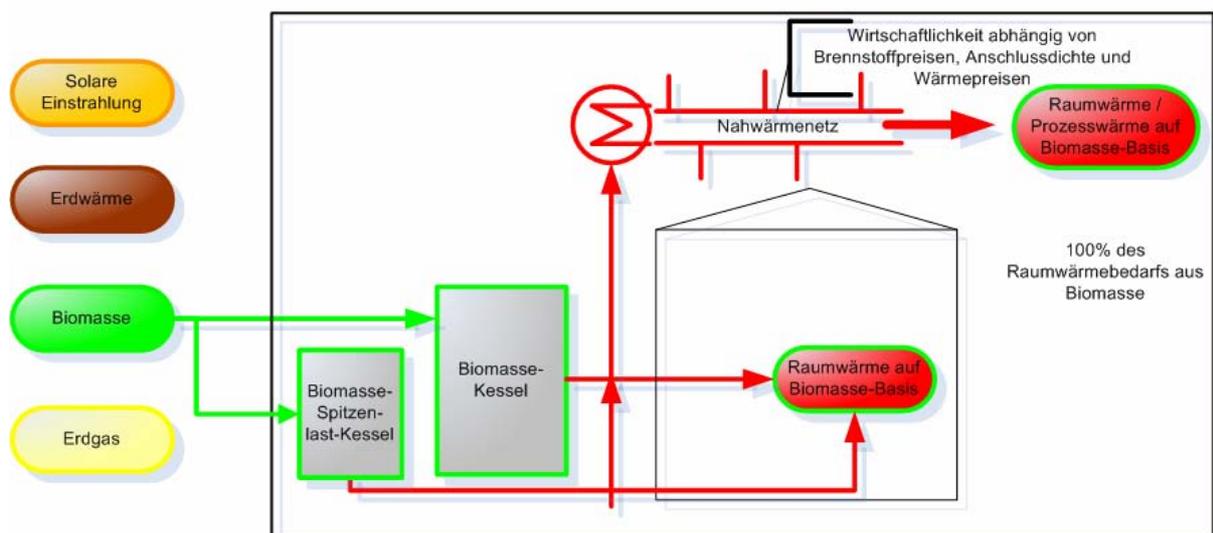


Abbildung 145: Konzept SM-B02

- Technisches Risiko

Biomassekessel wie im oben beschriebenen Konzept sind Stand der Technik. Daher ergibt sich aus diesen Komponenten praktisch kein technisches Risiko. Nahwärmenetze (so wie hier beschrieben) wurden ebenfalls bereits realisiert. Somit sind auch von dieser Seite keine massiven technischen Probleme zu erwarten, allerdings ist der technische Aufwand für die Anbindung an ein Nahwärmenetz größer als für eine "Stand Alone" Heizanlage, weshalb wir das technische Risiko als mittel einstufen würden.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Die wirtschaftliche Attraktivität dieses Konzeptes steht und fällt mit den Brennstoffpreisen, der Anschlussdichte und den erzielbaren Wärmepreisen und ist damit wesentlich mit der Standortfrage (Grad der Erschließung, Nahwärmenetz bereits vorhanden, ...) verknüpft. Entschließt sich Spar zum Betrieb eines Nahwärmenetzes (als alleiniger Betreiber), so kommt das der Erschließung eines neuen Geschäftsfeldes gleich. In so einem Fall ist die erforderliche Leistung der Kesselanlage (Grund- und Spitzenlastkessel) deutlich größer als jene, die für die Bereitstellung der Raumwärme für den Supermarkt eingesetzt werden müsste. Dadurch sind deutlich größere Investitionen für die Anlage (Kessel, Brennstofflager, Abgasreinigung, ...) zu tätigen und zusätzlich auch noch das Nahwärmenetz zu errichten, wodurch die wirtschaftliche Attraktivität als mittel eingestuft wird.

Konzept SM-B03

- Konzeptbeschreibung

Die Anlage besteht aus einem Heizkessel der mit fester Biomasse (Hackgut) befeuert wird. Dieser Kessel betreibt auch den Verdampfer, der den Frischdampf für die Kraftkomponente (Linearkolbengenerator) der Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Das Anlagenkonzept erlaubt damit die vollständige Versorgung des Supermarktes mit Raumwärme, zusätzlich wird eine Strommenge auf Basis fester Biomasse erzeugt, die etwa 3% des Strombedarfes eines Sparmarktes entspricht.

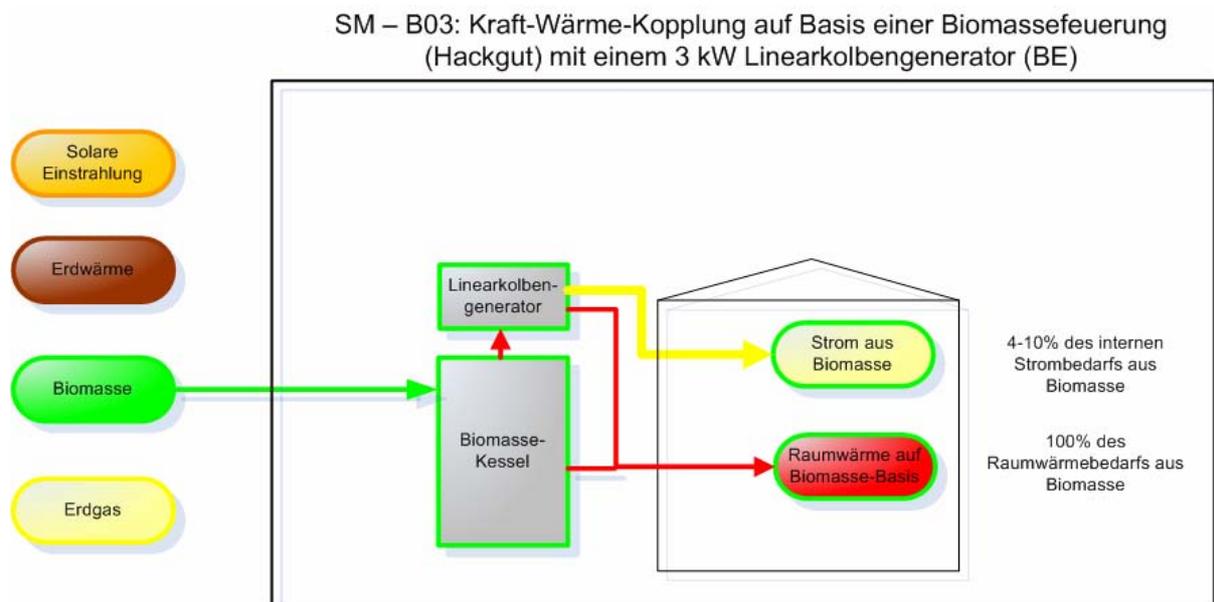


Abbildung 146: Konzept SM-B03

- Technisches Risiko

Das oben beschriebene Konzept entspricht bis auf den Linearkolbengenerator und den dafür erforderlichen Verdampfer, der im Grundlastkessel integriert wird (auch ein nachträglicher

Einbau in einen bestehenden Kessel ist möglich), einer Heizanlage mit Grund- und Spitzenlastkessel. Solche Anlagen sind heute Stand der Technik sind und werden zu vielen tausenden Stück verkauft. Somit ist das technische Risiko für die Anlage gering, lediglich für den Umfang Linearkolbengenerator erfolgt eine höhere Einstufung des technischen Risikos. Es ist hier aber ausdrücklich zu erwähnen, dass der normale Heizbetrieb durch einen defekten Linearkolbengenerator nicht beeinträchtigt wird.

- Wirtschaftliche Attraktivität

Durch den erzeugten Strom aus der mit fester Biomasse erzeugten KWK sowie den Einspeisetarifen für "Biostrom" ergibt sich eine deutliche Steigerung der wirtschaftlichen Attraktivität gegenüber einer Heizanlage, die nur zur Raumheizung eingesetzt wird.

3.3.10.2 Einfache solare Systeme

Konzept SM-S01

- Konzeptbeschreibung

Siehe Konzept IM –S01

Konzept SM-S02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Erdluftkollektoren zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft. Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage.

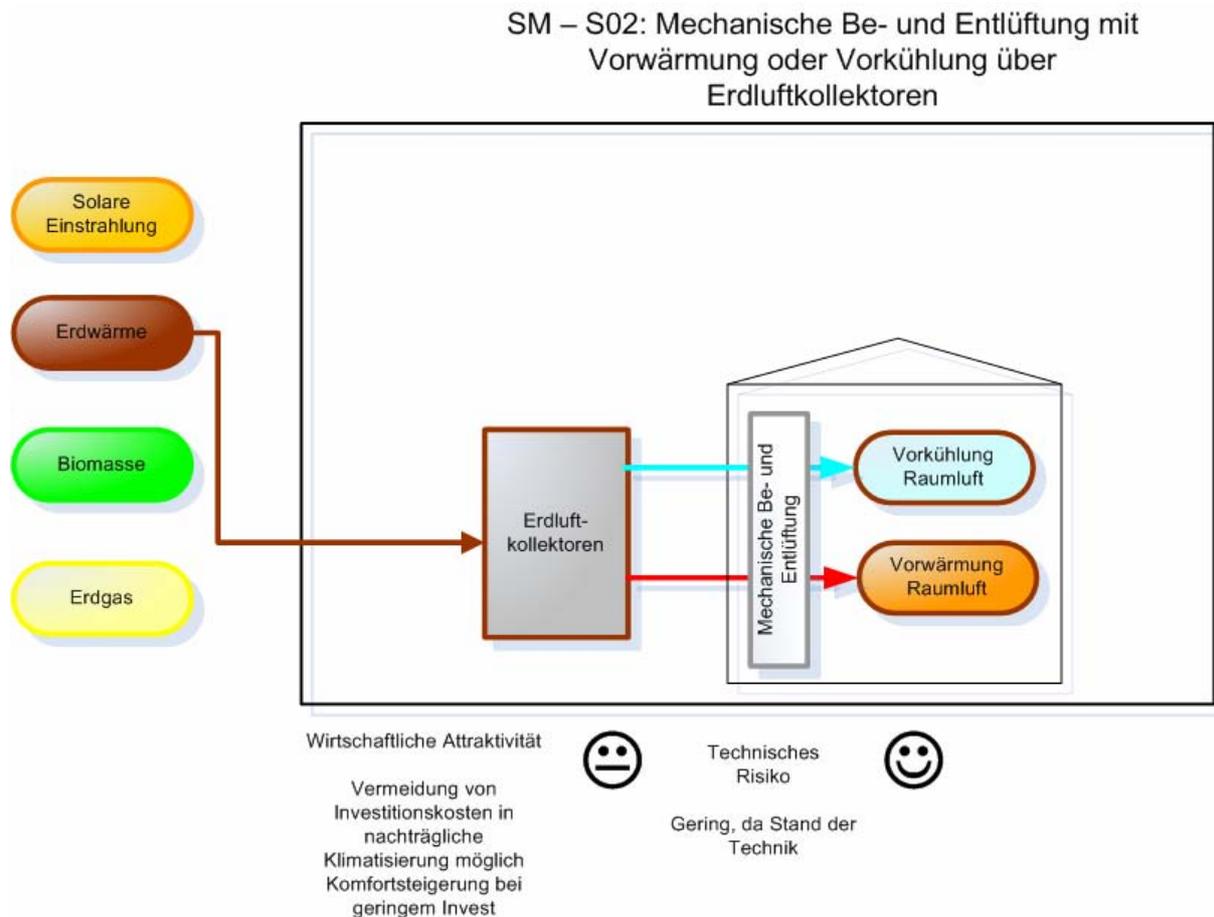


Abbildung 147: Konzept SM-S02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen

Konzept SM -S03

- Konzeptbeschreibung

Einsatz von Fassadenluftkollektoren für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein (siehe Konzept SM-S01).

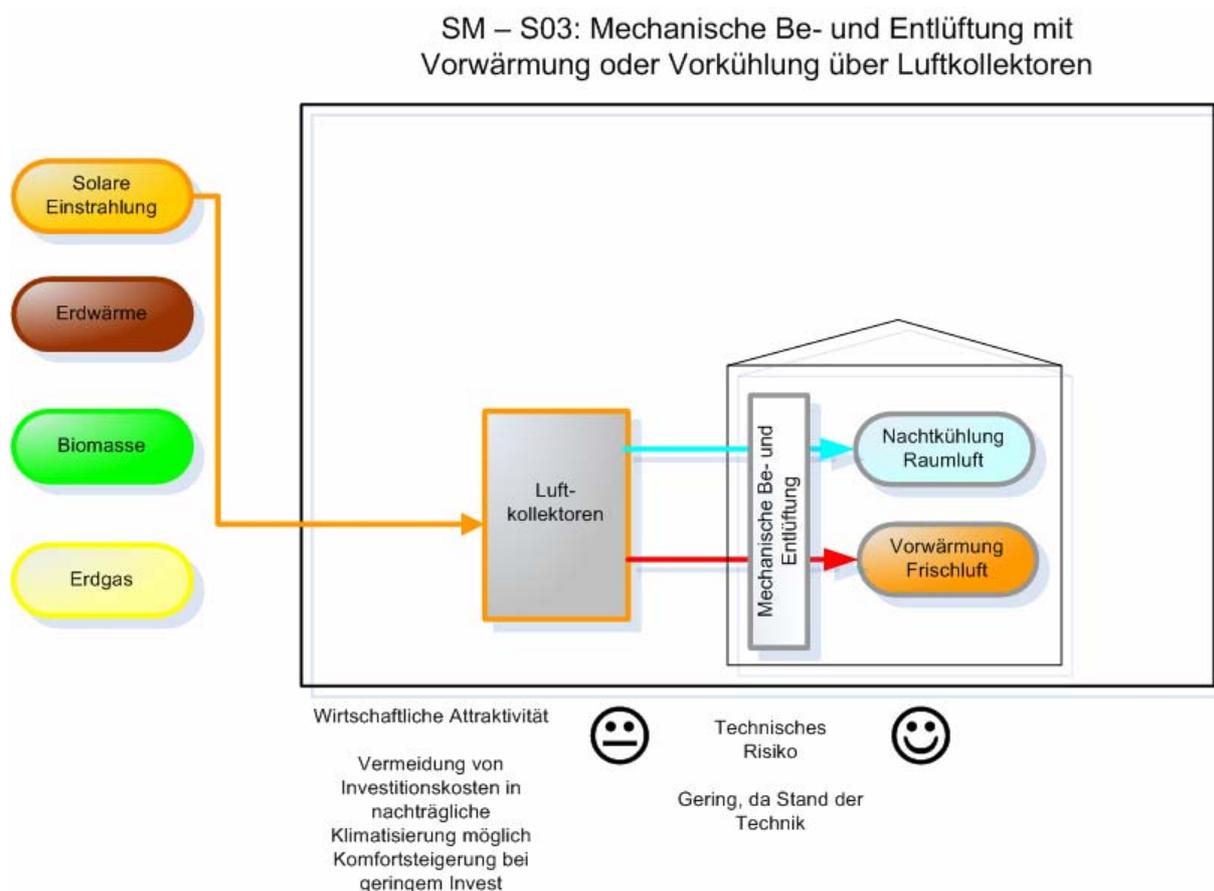


Abbildung 148: Konzept SM-S03

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept SM-S04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Erdwärme über Wärmepumpe zur Raumheizung und Kühlung, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt (siehe Konzept SM-S01).

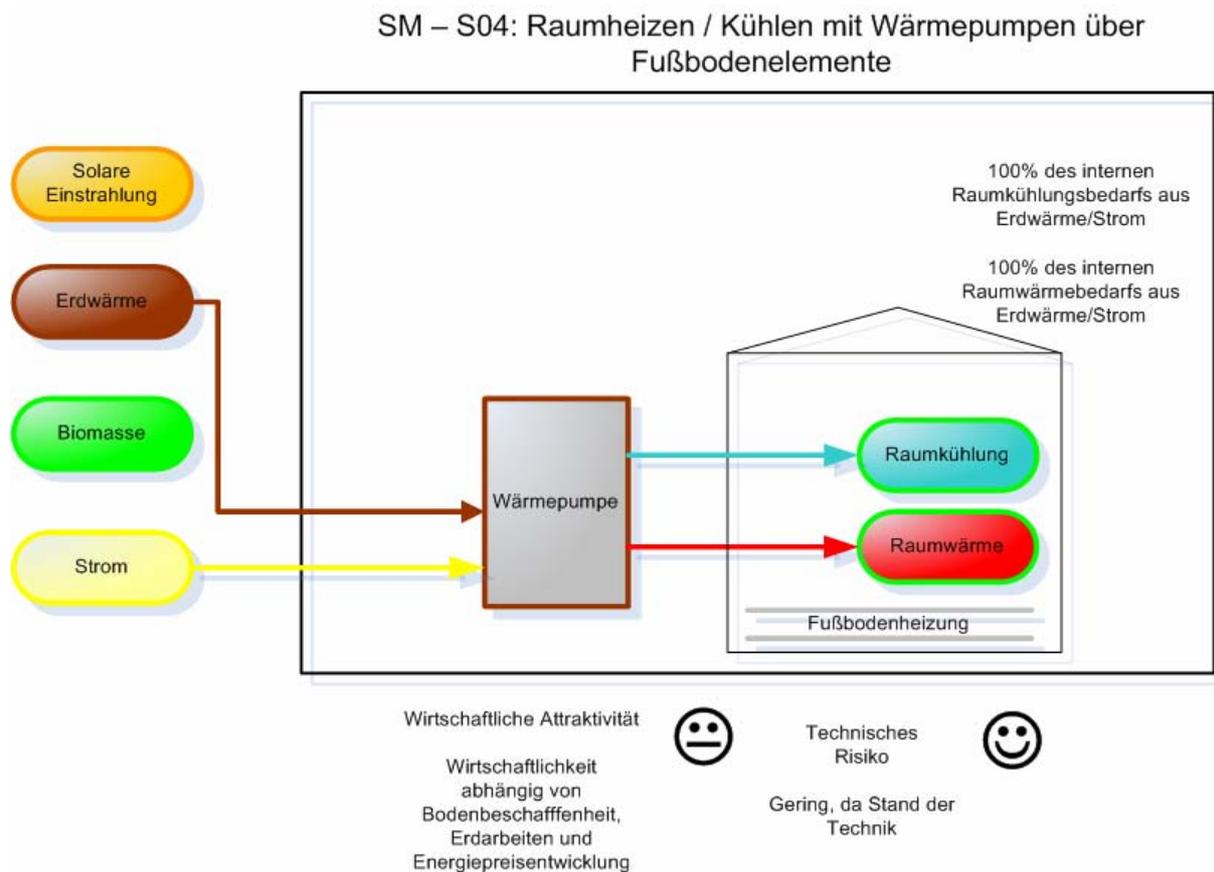


Abbildung 149: Konzept SM-S04

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept SM-S05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaikmodule zur Stromerzeugung, welcher für den internen Strombedarf herangezogen werden kann, Lastschwankungen werden durch Einspeisung in das Stromnetz abgeglichen. Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen sind hierbei zu bevorzugen, da eine zusätzliche Funktion als Verschattung und damit Reduktion des Raumkühlbedarfs erzielt werden kann.

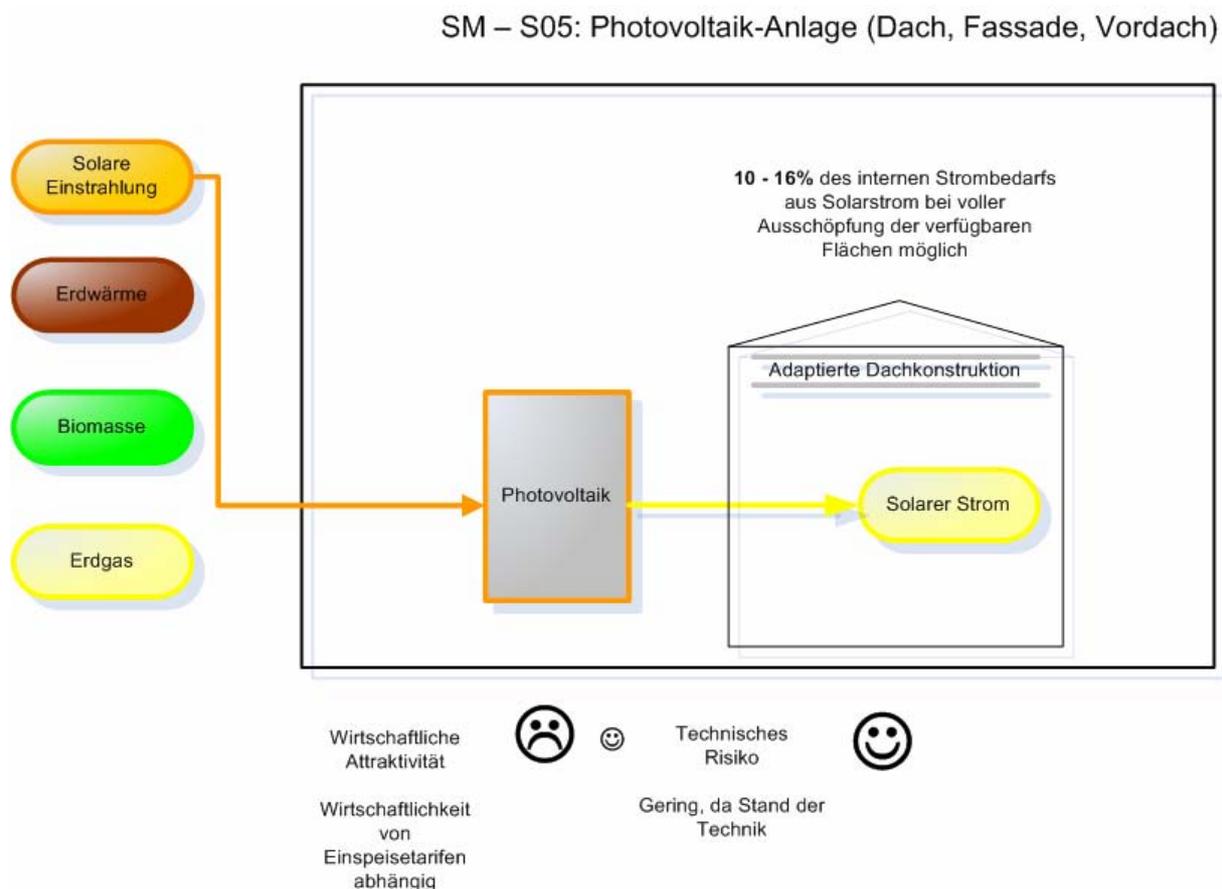


Abbildung 150: Konzept SM-S05

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Photovoltaikmodule am Dach oder Fassadenintegrierte Ausführung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Aktuelle Fördersituation (Investitionsförderung, Einspeisevergütung)

3.3.10.3 Kombinierte solare Systeme

Konzept SM-KS01

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Erdwärmennutzung durch Wärmepumpen und Erdluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Erdluftkollektoren werden zur Vorwärmung und Vorkühlung der Raumluft genutzt, die Verteilung im Gebäude erfolgt durch eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe SM-S01.

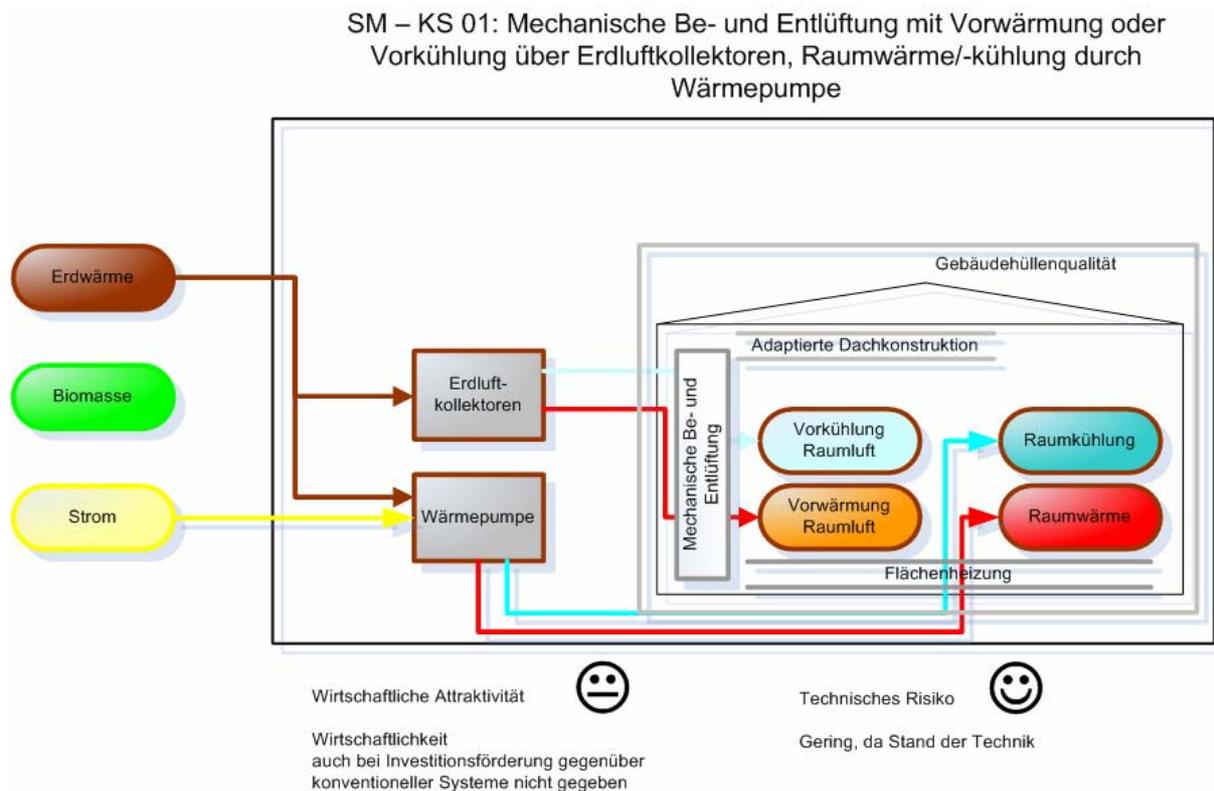


Abbildung 151: Konzept SM-KS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

Konzept SM-KS02

- Konzeptbeschreibung

Kombiniertes System von Wärmepumpen und Fassadenluftkollektoren. Wärmepumpen werden zur Raumheizung und Kühlung herangezogen, wobei Verteilung im Gebäude durch Niedertemperatur Flächenheizung erfolgt. Einsatz von Fassadenluftkollektoren ebenfalls für Heiz- und Kühlzwecke durch Vorwärmung der Raumluft in der Heizperiode und Nachtlüftung während der Kühlperiode. Verteilung im Gebäude erfolgt über eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage, für einen sinnvollen Einsatz von Nachtlüftung müssen entsprechend Speichermassen im Gebäude vorhanden sein. Adaptierung des Gebäudekonzeptes siehe SM-S01.

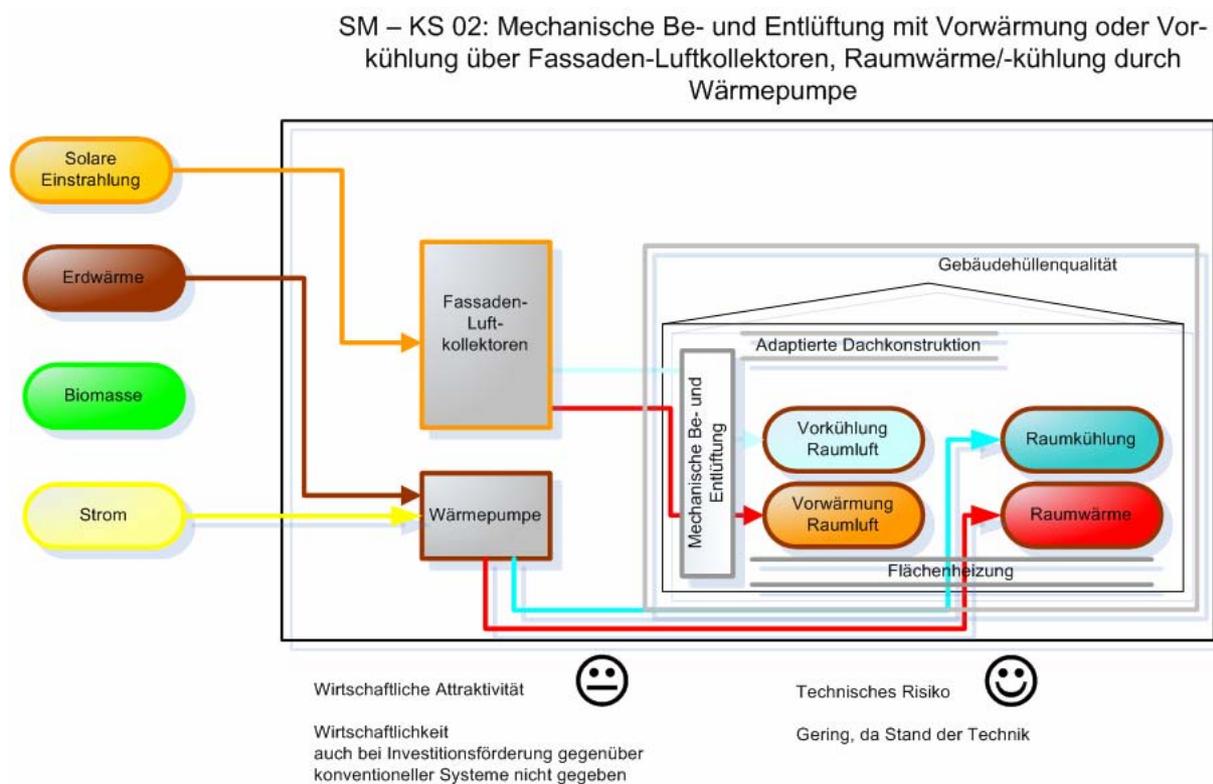


Abbildung 152: Konzept SM-KS02

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Fassadenluftkollektoren
 - Bodensituation (Bodenbeschaffenheit, Grundwassersituation)
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.10.4 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept SM-BS01

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

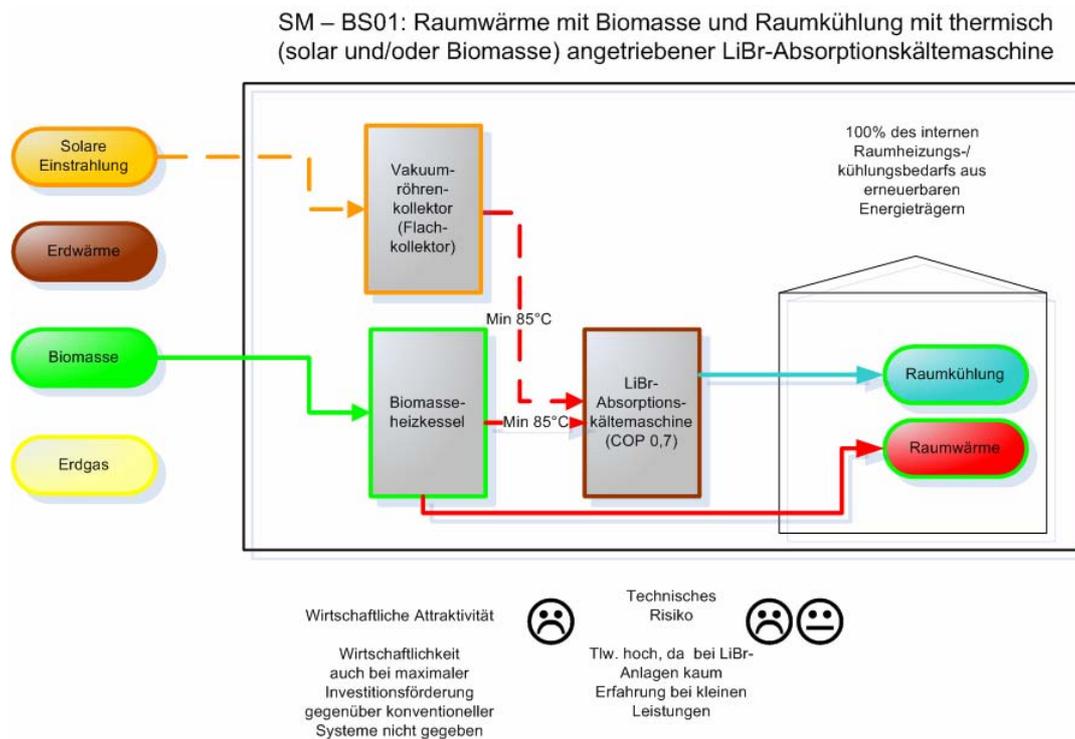


Abbildung 153: Konzept SM-BS01

- Wichtige Parameter zur erfolgreichen Umsetzung
 - Geeigneter Aufstellungsort (Größe, Statik, Behördliche Bestimmungen) für Biomassekessel und Absorptionskältemaschine
 - Geeignete Flächen (Solarstrahlung, Statik) zur Montage der Solarthermischen Kollektoren
 - Biomasselagerung
 - Know-How in Planung, Ausführung und Betrieb bei betreffenden Firmen
 - Investitionsförderung

3.3.11 Mittelfristig technisch realisierbare Konzepte

3.3.11.1 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept SM-BS02

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine DEC-Anlage, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Der Antrieb der DEC-Anlage kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

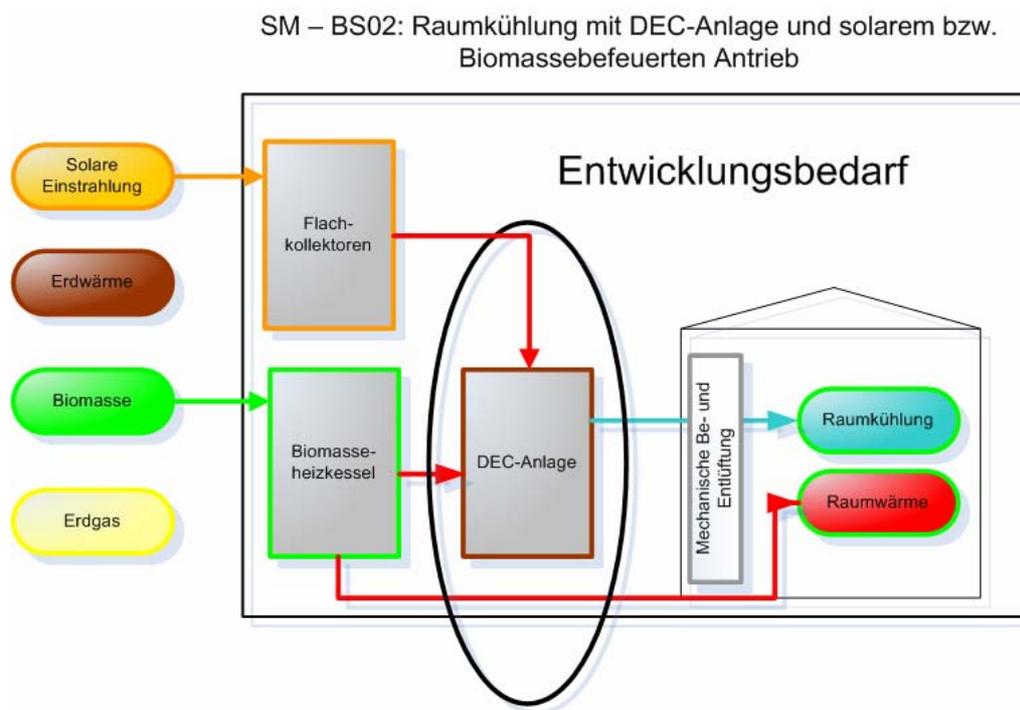


Abbildung 154: Konzept SM-BS02

- Entwicklungsbedarf
 - DEC-Anlage: Regelverhalten DEC-Anlage; Antrieb durch Flachkollektoren oder Luftkollektoren
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger

Konzept SM-BS03

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine LiBr-Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung des Raumkühlbedarfes herangezogen wird. Der Antrieb der Adsorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

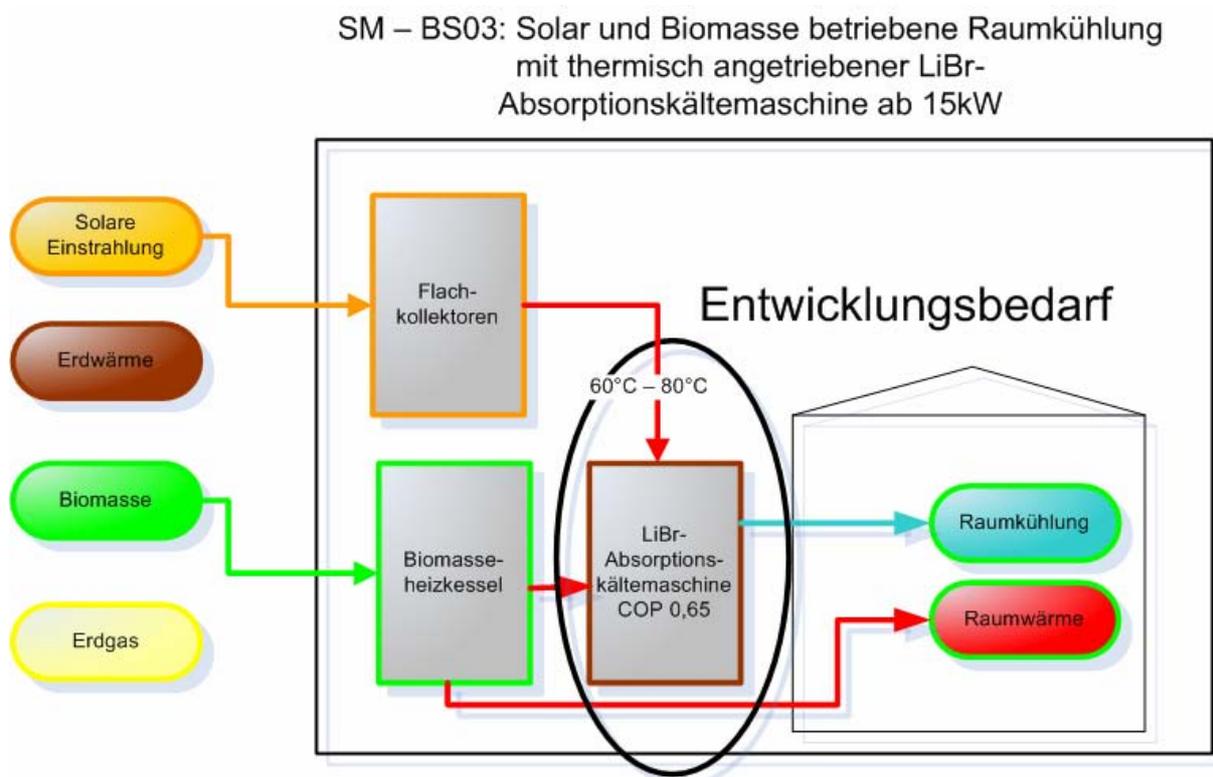


Abbildung 155: Konzept SM-BS03

- Entwicklungsbedarf
 - LiBr-Absorptionskältemaschine: Niedrigere Antriebstemperaturen (60-80°C); Gerätegröße reduzieren; Verbesserung COP; Kleinere Leistungsgrößen;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger
 - Niedrigere Kosten für Flachkollektoren anstelle von Vakuumröhrenkollektoren

Konzept SM-BS04

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und als Antriebswärme für eine $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ -Absorptionskältemaschine, welche zur Deckung der „Gewerbe-Minus-Kälte“ (Vorlauf bei -38°C), der „Gewerbe-Plus-Kälte“ (Vorlauf bei -13°C) und zur Raumkühlung herangezogen wird. Die Abwärme der Absorptionskältemaschine kann für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich (Vorlauf $25\text{-}35^\circ\text{C}$) genutzt werden. Der Antrieb der Absorptionskältemaschine kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Parabolrinnenkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren) in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

SM – BS04: Solar und Biomasse betriebene - Triple-effect Ammoniakabsorber für integrierte Systeme Raumkühlung / Gewerbekälte mit Parabolrinnen/VRK als solaren Antrieb

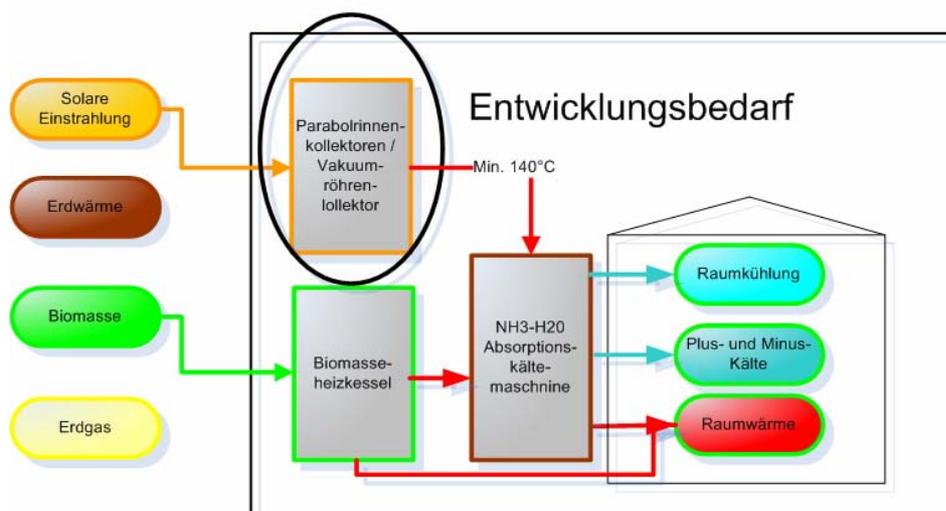


Abbildung 156: Konzept SM-BS04

- Entwicklungsbedarf
 - Parabolrinnenkollektoren: Steigerung des Wirkungsgrades; Verbesserung der Nachführung)
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Substituierung des Strombedarfs für Gewerbekälte und Raumkühlung
 - Nutzung Erneuerbarer Energieträger

3.3.12 Langfristig technisch realisierbare Konzepte

3.3.12.1 Biomasse basierte Systeme

Konzept SM-B 04

- Konzeptbeschreibung

Der prinzipielle Aufbau dieses Konzept ist gleich mit dem Konzept ES-B04, der einzige Unterschied besteht in der Art der eingesetzten Kraftkomponente in der Kraft-Wärme-Kopplung sowie in der thermischen Leistung der Heizkessel (diese sind hier niedriger als im Konzept ES-B04). Während im Konzept ES-B04 als Kraftkomponente ein Linearkolbengenerator eingesetzt wird, wird hier ein Stirling-Motor eingesetzt. Der Anschluss an ein Nahwärmenetz ermöglicht auch hier die Steigerung der Betriebsdauer des Stirling-Motors um so einen höheren Stromertrag zu erwirtschaften.

SM – B04: Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit Stirlingmotor und Nahwärme-/Mikronetz (BE)

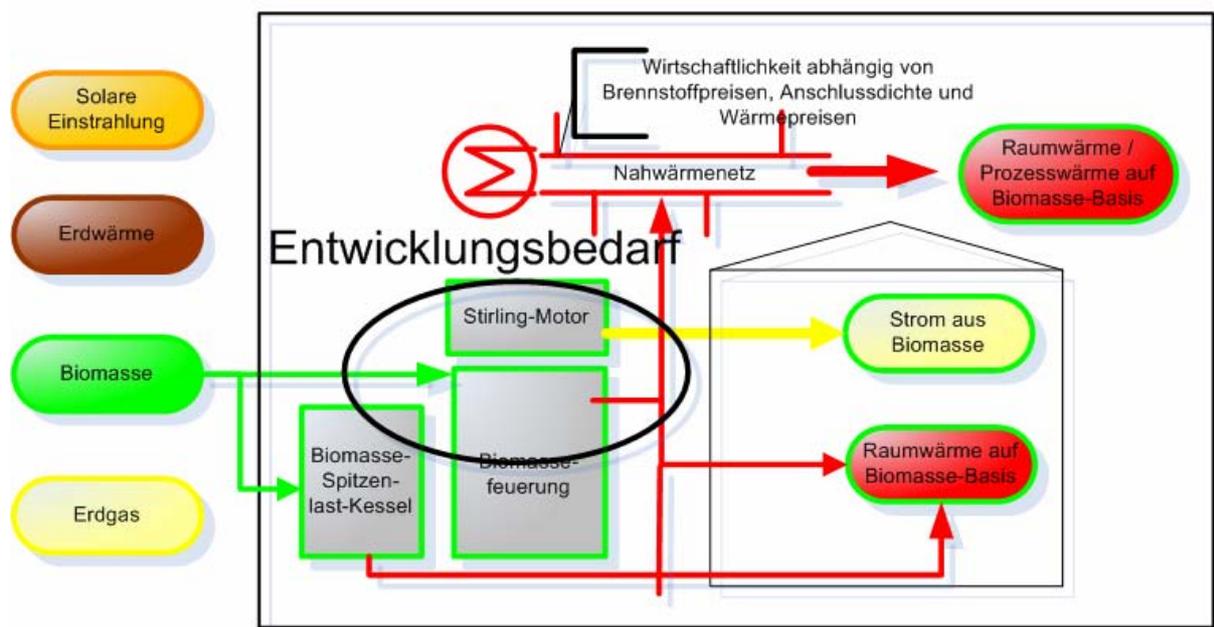


Abbildung 157: Konzept SM-B04

- Entwicklungsbedarf

In der erforderlichen Leistungsklasse (elektrische Leistung etwa 3 bis 5 kW) sind im Moment kaum Produkte verfügbar, lediglich die Firma Solo hat in dieser Leistungsklasse eine pas-

sende Maschine. Allerdings ist auch diese Maschine im Moment nur für den Brennstoff Gas geeignet. Laut Homepage der Firma Solo laufen momentan Entwicklungsaktivitäten zur Realisierung eines mit Biomasse betriebenen Stirling-Motors. Ob es noch weitere Hersteller gibt, die in dieser Leistungsklasse Stirling-Motore entwickeln entzieht sich unserem Kenntnisstand.

- Mögliche Vorteile des Konzeptes

Ein mit fester Biomasse befeuerter Stirling-Motor würde die Vorteile eines hohen elektrischen Wirkungsgrades mit dem Vorteil fester Biomasse (Hackgut) als Brennstoff kombinieren und somit einen deutlichen Schritt in Richtung Nachhaltigkeit erlauben.

3.3.12.2 Kombinierte Biomasse und solare Systeme

Konzept SM-BS05

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasseheizkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zur Regeneration des flüssigen Sorptionssystems (60-70°C) in einer DEC-Anlage, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Diese Regeneration kann auch mit solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren), in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

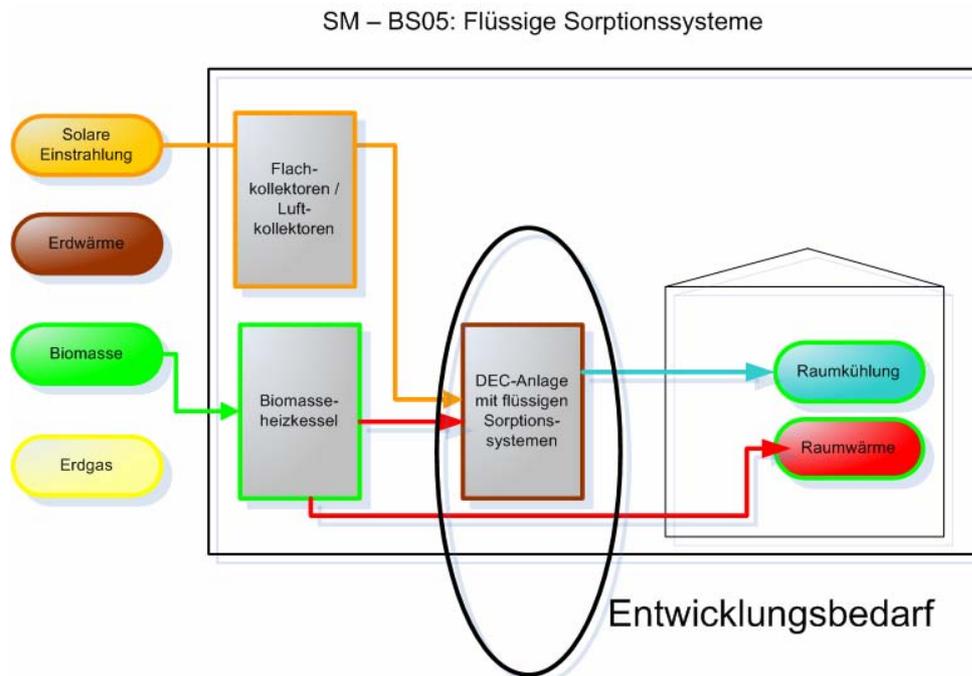


Abbildung 158: Konzept SM-BS05

- Entwicklungsbedarf
 - DEC-Anlage mit flüssigem Sorptionssystem: Entwicklungsbedarf bei Speicherung der flüssigen Sorptionsmittel; Regelungskonzepte; Einbindung Solarenergie zur Regeneration;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Zeitliche Trennung zwischen Absorption und Regeneration, daher Speicherung Möglich
 - Einsatz von Biomasseheizkessel zur Regeneration
 - Einsatz von Solarthermischen Kollektoren (Flachkollektoren, Luftkollektoren) möglich

Konzept SM-BS06

- Konzeptbeschreibung

Nutzung von Biomasse über einen Biomasse-Thermoölkessel zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zum Antrieb (150-200°C) der Dampfstrahlkältemaschine, welche zur Kühlung der Raumluft herangezogen wird. Der Antrieb der Dampfstrahlkältemaschine kann auch mit konzentrierenden Kollektoren, in Zeiten mit dafür ausreichend hoher solarer Einstrahlung, kombiniert werden.

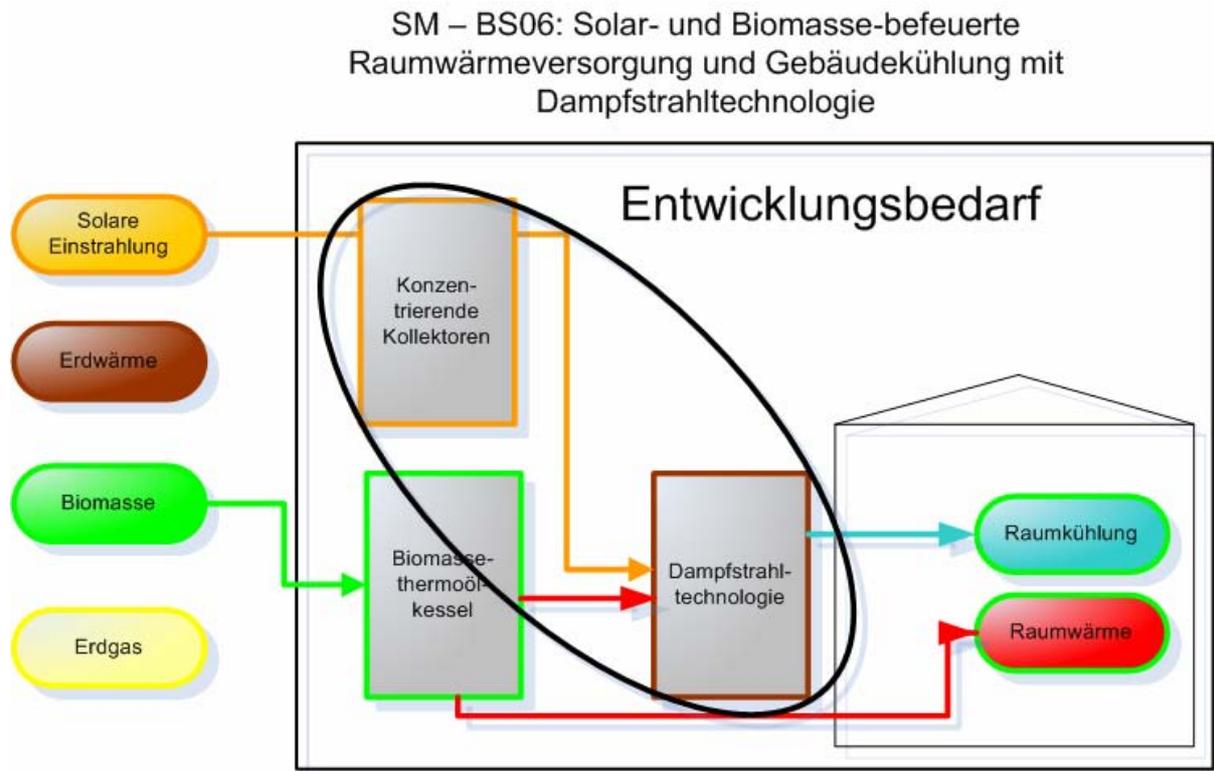


Abbildung 159: Konzept SM-BS06

- Entwicklungsbedarf
 - Dampfstrahltechnologie: Entwicklung von Anlagen in Leistungsbereichen entsprechend dem Kühlenergiebedarf von Lebensmittelmärkten (50-200kW); Einbindung Solarenergie zum Antrieb;
- Mögliche Vorteile des Konzeptes
 - Nur Wasser als Kältemedium, daher einfache Komponenten (z.B.: Wärmetauscher)
 - Gutes Teillastverhalten
 - Niedrige Betriebskosten

3.4 Lastenhefte und Entwicklungsthemen für ausgewählte technologische Aufgabenstellungen

In diesem Abschnitt werden Entwicklungsthemen beschrieben, die im Zuge des Projektes als wesentlich identifiziert wurden, um der Vision einer nachhaltigen Energieversorgung für Filialen des Lebensmittelhandels und deren energetisches Umfeld ein Stück näher zu kommen. Konkret wurde für folgende Technologien ein Entwicklungsbedarf im Kontext der Erfordernisse nachhaltiger Energiesysteme für Lebensmittelmärkte identifiziert:

- Stirling-Motor
- ORC-Prozess
- Linearkolbengenerator
- DEC-Technologie
- Absorptionswärmepumpe
- LiBr-Kältemaschine
- Parabolrinnenkollektor

Einige dieser Themenstellungen wurden im Zuge der Projektbearbeitung bereits konkreter in Form von Entwicklungslastenheften ausgearbeitet.

3.4.1 Komponentenentwicklung Stirlingmotor

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Biomasse-KWK-Anlagen auf Basis von Stirlingmotoren befinden sich derzeit am Beginn der Demonstrationsphase. Die Stirlingtechnologie ist, auf Grund des in Intersparmärkten vorhandenen Raumwärmebedarfes unter Einbeziehung einer Wärmeversorgung des Umfeldes, als KWK-Technologie für den somit angestrebten Leistungsbereich sehr gut geeignet.

Um die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlage weiter zu verbessern, sollten aber Komponentenentwicklungen fortgeführt werden, die vor allem höhere elektrische Wirkungsgrade und eine verbesserte Anlagenverfügbarkeit sicherstellen sollen.

Aus diesen Entwicklungsarbeiten soll im Rahmen des Projektes eine entsprechend optimierte Demonstrationsanlage zur Wärme- und Stromversorgung eines Intersparmarktes samt Umland resultieren. Im Anschluss an die Inbetriebnahme sollen im Rahmen einer ausgedehnten Monitoringphase sowohl die KWK-Technologie selbst evaluiert werden, als auch das Gesamtkonzept der Wärme- und Stromversorgung eines Intersparmarktes samt Umfeld wirtschaftlich und technologisch kritisch durchleuchtet werden. Optimierungspotentiale sollten dabei identifiziert werden, und als Basis für Folgeprojekte dienen.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen

Im Rahmen von Suposs wurde nachgewiesen, dass eine Biomasse-KWK auf Basis eines Stirlingmotors sich prinzipiell für den Einsatz im Rahmen einer nachhaltigen Energiebereitstellung für Intersparmärkte eignet. Es muss allerdings angemerkt werden, dass ein derartiges Projekt nur unter Einbeziehung des Umfeldes als zusätzlicher Wärmeabnehmer wirtschaftlich realisiert werden kann. Des Weiteren müsste Spar in diesem Fall als Wärmeversorger mit allen damit verbundenen Verantwortlichkeiten auftreten.

Technische Entwicklungsziele

Um die Verfügbarkeit und den elektrischen Wirkungsgrad der KWK-Anlage weiter zu steigern, sollen im Rahmen des Projektes Optimierungen an folgenden Komponenten erfolgen:

- Optimierung der Einbindung des Erhitzerwärmetauschers in die Feuerungsanlage
- Optimierung der automatischen Erhitzerwärmetauscherabreinigung.
- Optimierung einzelner Motorkomponenten

3.4.2 Downscaling ORC-Prozess

Langfristig ist auch die Kombination eines ORC-Prozesses mit einer Absorptionskältemaschine ein technisch gangbarer Weg, da im Gegensatz zum Stirlingmotor bei ORC-Prozessen deutlich höhere Temperaturniveaus bezüglich der Wärmeauskopplung erzielt werden. Dafür müssten allerdings zwei wichtige Entwicklungsschritte erfolgen. Einerseits müssten ORC-Prozesse für den kleinen Nennleistungsbereich entwickelt werden (was derzeit bereits angedacht wird), und andererseits müssten die Investitionskosten für Absorptionskältemaschinen im kleinen Leistungsbereich drastisch gesenkt werden. Laut Herstellerangaben ist das allerdings nur möglich, wenn die produzierte Stückzahl deutlich angehoben werden kann.

3.4.3 Komponentenentwicklung Linearkolbengenerator

Entwicklung eines Verdampfers (ca. 50 bis 55 kW) für feste Biomasse (Hackgut, Pellet) inklusive Speisewasserregelung und Dampfvolumenstromteiler für einen Linearkolbengenerator

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Ziel ist die Entwicklung eines leistungsstarken Verdampfers (ca. 50 bis 55 kW) für feste Biomasse (Hackgut, Pellet) sowie der erforderlichen Peripherie (Speisewasserregelung, Dampfvolumenstromteiler) zum Betreiben eines Lineargenerators (ca. 3 bis 5 kW elektrisch) und Bereitstellen von Heizenergie (Raumheizung, Brauchwasser) in der Größenordnung von ca. 50 kW (thermisch).

Dadurch wird ermöglicht eine KWK im Kleinstleistungsbereich zu realisieren, wo Heizlasten von ca. 50 kW abgedeckt werden sollen (Supermarkttyp: Spar, viele Heizanlagen bei Landwirten), aber ein Split in Grund- und Spitzenlastkessel aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht vertretbar ist.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass für den Betrieb des Linators maximal ca. 25 kW Dampfleistung benötigt werden, zur Vermeidung der Aufteilung in Spitzen- und Grundlastkessel der Verdampfer aber für die Nennleistung (ca. 50 kW) des Kessels dimensioniert sein muss. Es muss ein Weg gefunden werden den "überschüssigen" Dampf am Linator vorbei für Heizzwecke nutzen zu können.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Im kleinsten Supermarkttyp "Spar" wurde in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nachgewiesen, dass eine KWK im Kleinstleistungsbereich auf der Basis fester Biomasse nur dann wirtschaftlich realisiert und betrieben werden kann, wenn eine Anlage realisiert wird, bei der kein Split in Grund- und Spitzenlastkessel vorgenommen wird.

Technische Entwicklungsziele:

Dimensionierung eines Verdampfers für eine Leistung von ca. 50 bis 55 kW (Länge und Lage der einzelnen Zonen im Verdampfer: Eco, Verdampfer, Überhitzer) für den Betrieb mit fester Biomasse (Hackgut, Pellet) der nicht zum "Zuwachsen" (Anlagern von Aschen und Schlacken, die immer dickere Schichten erzeugen) neigt

Speisewassermengenregelung, die einen "schwingungsfreien" (konstante Dampftemperatur) Betrieb des Verdampfers ermöglicht (inklusive Sicherheitskonzept gegen Übertemperatur im Verdampfer). Dies betrifft sowohl die mechanischen (div. Pumpen) wie auch elektronischen Umfänge (Sensoren, Platinen) für die Speisewassermengenregelung.

Volumenstromteiler der den uneingeschränkten Betrieb des Lineargenerators ermöglicht (Dampfschwingungen in der Frischdampfleitung bei Schalt- oder Stellvorgängen von Ventilen) und die überschüssigen Dampfmengen (die nicht durch den Lineargenerator abgearbeitet werden können) sofort für Heizzwecke zur Verfügung stellt. Dies betrifft sowohl die mechanischen wie auch die elektronischen Umfänge.

Erste Lösungsansätze:

Ausführung des Verdampfers als Zwangsdurchlaufkessel (kompakte Bauform)

Volumenstromteiler ausgeführt als Bypass-Ventilkaskade – in Abhängigkeit der Überproduktion von Dampf werden ein oder mehrere Ventile geöffnet und der überschüssige Dampf wird in den Kondensator abgeleitet.

Projektplan (grob):

Kernnummer	Aufgabenname	Anfang	Abschluss	Dauer												
					Jän	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1	Beschaffung Kessel (Bauraum)	02.01.2006	31.01.2006	22t	[Bar chart showing activity in Jan]											
2	Konzeption/Konstruktion/Bau Verdampfer	16.01.2006	28.02.2006	32t	[Bar chart showing activity in Jan, Feb]											
3	Konzeption/Bau Speisewassermengenregelung (Mech., Elektr.)	02.01.2006	28.02.2006	42t	[Bar chart showing activity in Jan, Feb]											
4	Verdampfertests	01.03.2006	28.04.2006	43t	[Bar chart showing activity in Mar, Apr]											
5	Modifikation Verdampfer	01.03.2006	28.04.2006	43t	[Bar chart showing activity in Mar, Apr]											
6	Konzeption/Konstruktion/Fertigung Dampfvolumenstromteiler (Mech., Elektr.)	03.04.2006	31.05.2006	43t	[Bar chart showing activity in Apr, May]											
7	1. Tests Dampfvolumenstromteiler am Verdampfer	01.06.2006	29.09.2006	87t	[Bar chart showing activity in Jun, Jul, Aug, Sep]											
8	Modifikation Dampfvolumenstromteiler (Mechanik, Software – z.B. Regelparameter)	01.06.2006	29.09.2006	87t	[Bar chart showing activity in Jun, Jul, Aug, Sep]											
9	Test Gesamtkonzept – Betrieb Linator an Verdampfer mit Dampfvolumenstromteiler	01.08.2006	29.12.2006	109t	[Bar chart showing activity in Aug, Sep, Oct, Nov, Dec]											
10	Erforderliche Modifikationen Gesamtsystem (Mechanik, Software – z.B. Regelparameter)	01.08.2006	29.12.2006	109t	[Bar chart showing activity in Aug, Sep, Oct, Nov, Dec]											

Abbildung 160: Komponentenentwicklung Linearkolbengenerator

Upscaling Linearkolbengenerator von 3 (5) auf ca. 10 kW elektrisch

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Ziel ist die Steigerung der elektrischen Leistung des Lineargenerators durch ein Scale Up des bestehenden Konzeptes (des Lineargenerators) auf eine elektrische Leistung von ca. 10 kW. Das prinzipielle Konzept hinsichtlich Arbeitsweise und Kreisprozess des Lineargenerators soll dabei unverändert bleiben.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Beim Supermarkttyp "Eurospar" (ausreichender Heizenergiebedarf gegeben) könnte durch eine leistungsfähigere KWK auf Basis fester Biomasse (Hackgut, Pellet) die Wirtschaftlichkeit deutlich gesteigert werden, wenn die elektrische Leistung der KWK größer wäre.

Technische Entwicklungsziele:

Steigerung der elektrischen Leistung des Lineargenerators auf ca. 10 kW elektrisch unter Beibehaltung der Arbeitsweise und des zugrunde liegenden Kreisprozesses

Durchführung der erforderlichen Modifikationen an der Peripherie (Verdampfer, Plattenwärmetauscher, ...) des Lineargenerators, um den störungsfreien Betrieb eines 10 kW Lineargenerators zu ermöglichen

Erste Lösungsansätze:

Durchführung von Feasibility Studies für mechanisch hoch belasteten Maschinenteile (Anker, Ankerspule, Kolbenböden, Speisepumpen, ...), Abschätzen (Simulation) der Belastungen für diese Teile durch die erhöhte elektrische Leistung → Ableitung von technisch realisierbaren Bauformen (Werkstoff, Bauteilgeometrie, Dimensionierung) für diese Maschinenteile

Klären für welche Teilfunktionen (z.B. Speisewasserpumpe) der Maschine neue Lösungen (neue Konzepte) erarbeitet werden müssen

Klären welche Teile mit dem 3 (5) kW Lineargenerator gleich bleiben können (Common Units) und welche für die höhere Leistung adaptiert werden müssen (Different Specification)

Klären welche erforderliche Modifikationen in der Peripherie des Lineargenerators vorgenommen werden müssen (Verdampfer, Plattenwärmetauscher, ...)

Projektplan (grob):

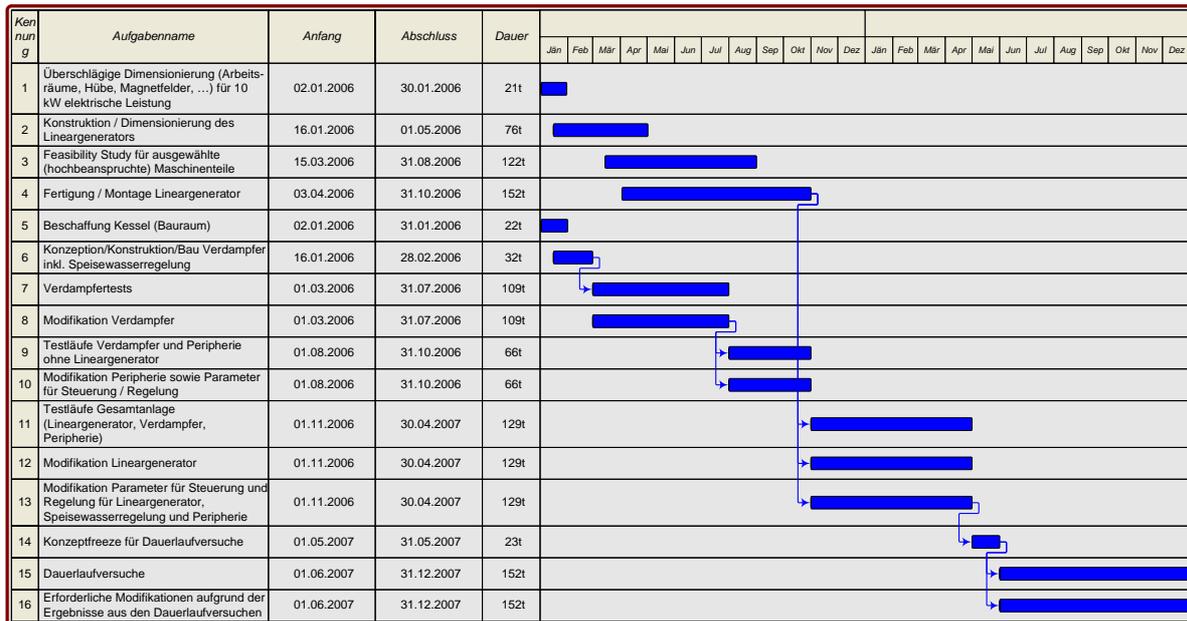


Abbildung 161: Upscaling Linearkolbengenerator

Integration Linearkolbengenerator mit Biomassefeuerung (Bison integral)

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Ziel ist die räumliche Integration des Lineargenerators (inklusive Peripherie-Pumpen, Wärmetauscher, ...) und einer Biomassefeuerung (inklusive Verdampfer) in einem gemeinsamen Gehäuse, wodurch sich eine deutliche Vereinfachung des gesamten Anlagenkonzeptes realisieren lässt, sowie eine Steigerung des Gesamtanlagenwirkungsgrades ergibt. Als Brennstoff für diese KWK soll Hackgut bzw. Pellet eingesetzt werden.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Durch die Entwicklung eines Bison Integral reduziert sich die erforderliche Fläche zur Errichtung einer KWK auf Basis fester Biomasse (Hackgut, Pellet) etwa um die Hälfte. Die Bereitstellung für Flächen für Nebenräume (nicht Verkaufsflächen) ist in Supermärkten ein kritisches Thema. Die Investitionskosten zur Errichtung der KWK können deutlich gesenkt werden. Die Abwicklung von Service-/Wartung- und Reparaturvorgängen kann klarer definiert werden und es kann dabei auf ein größeres Servicenetz (das des Kesselherstellers) zurückgegriffen werden.

Technische Entwicklungsziele:

Räumliche Integration von Kessel, Verdampfer, Lineargenerator inklusive Peripherie (Wechselrichter, Steuerung/Regelung, Pumpen, Wärmetauscher, ...) in einem Gehäuse

Für eine KWK im Leistungsbereich 3 (5) kW elektrisch, ca. 25 (30) kW thermisch soll in etwa die Größe eines herkömmlichen Kessels (etwa dieser Leistungsklasse) erreicht werden

Das Gerät soll ein Brennwertgerät ausgeführt werden, wodurch sich ein hoher Gesamtanlagenwirkungsgrad ergibt

Erste Lösungsansätze:

Finden eines geeigneten Kesselherstellers für feste Biomasse (Hackgut, Pellet) in Österreich als Kooperationspartners, z.B. Herz, Fröling, Ökofen, ...

Die Kooperation mit einem heimischen Kesselhersteller für feste Biomasse ermöglicht gleichzeitig die Nutzung des Servicenetzes dieses Herstellers

Durch die Neukonstruktion von Brennraum und Verdampfer kann eine optimale Abstimmung beider Komponenten (hoher Wirkungsgrad) sowie eine saubere Verbrennung erreicht werden

Durch die Systemintegration können bisher erforderliche Umfänge (vor allem im Kessel) entfallen (z.B. Wassermantel im Kessel nicht mehr erforderlich) wodurch eine kompakte Bauweise ermöglicht wird und eine einfachere (Reduktion von Prüfkosten) Fertigung ermöglicht wird

Projektplan (grob):

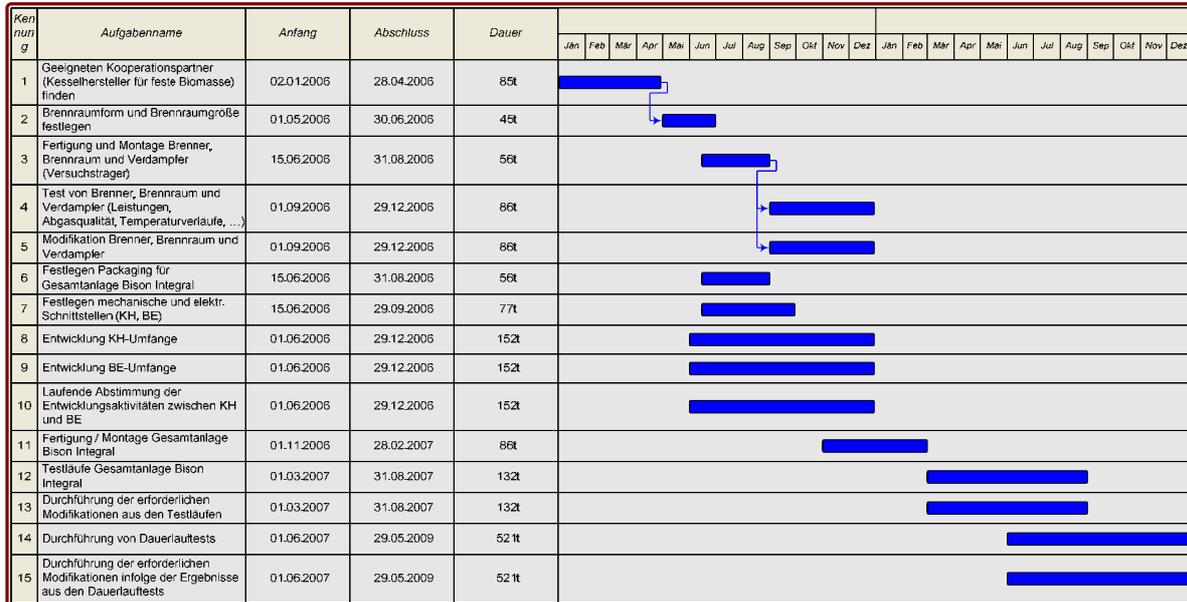


Abbildung 162: Integration Linearkolbengenerator mit Biomassefeuerung

3.4.4 Komponentenentwicklung Parabolrinnenkollektor

Optimierung Parabolrinnenkollektor zur Nutzung als Antrieb in der Kälteerzeugung (Absorptionskältemaschinen)

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Das bestehende Konzept Parabolrinnenkollektor (konzentrierender Kollektor mit Direktverdampfung des Arbeitsmediums Wasser) soll auf den Einsatz "Antrieb für eine Absorptionskältemaschine" hin optimiert werden.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Gute Überdeckung von Ertrag des Solarkollektoren (hier im speziellen der Parabolrinnenkollektor) und Kühlleistungsbedarfes (Sommermonate)

Technische Entwicklungsziele:

Steigerung des Wirkungsgrades des konzentrierenden Parabolrinnenkollektors mit Direktverdampfung durch gezielte Änderung von Werkstoffeigenschaften (Reflexion, Absorptivität, ...) für das erforderliche Temperaturniveau in Absorptionskältemaschinen

Steigerung des Wirkungsgrades durch die Verbesserung der Form (Genauigkeit) des Reflektors

Verbesserung der Exaktheit der Nachführung der Parabolrinnenkollektoren

Erste Lösungsansätze:

Reduktion der Transmissionsverluste an Abdeckglas und Hüllrohr des Receivers durch geeignete Anti-Reflexbeschichtungen der Glasoberflächen (beidseitig Abdeckglas, innen und außen Hüllrohr des Receivers)

Verbesserung der konzentrierenden Parabolspiegel durch Steigerung der Reflexion (Werkstoffthema) und Verbesserung der geometrische Form (Genauigkeit) des Spiegels

Verbesserung der Selektivschicht am Receiver (temperaturstabile selektive Beschichtung für einen Temperaturbereich von etwa 100 bis 200 °C mit guter Absorptivität)

Verbesserung der Nachführung der Kollektoren

3.4.5 Entwicklung von DEC-Anlagen zur Raumklimatisierung von Filialen des Lebensmittelhandels

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Ziel ist es ein Konzept zu entwickeln das die Raumklimatisierung von Lebensmittelmärkten mit Hilfe der DEC (desiccative and evaporative)- Technik ermöglicht.

Am weitesten verbreitet sind Anlagen, die eine Verbindung der sorptiven Luftentfeuchtung mit Wärmerückgewinnung und Verdunstungskühlung darstellen. Der größte und wichtigste Vorteil von DEC-Anlagen liegt in der variablen Antriebsenergie für die Kälteerzeugung (Solarenergie, Fernwärme, Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung durch BHKW's, etc.).

DEC-Anlage können in unseren Breiten mit Solarenergie betrieben werden. Die benötigten Temperaturen liegen bei maximal 75°C. Folglich kann bei dieser Technik auf den Einsatz von teuren Vakuumröhrenkollektoren verzichtet werden.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Ein Lüftungs- und Raupklimatisierungsbedarf ist in allen Marktgrößen gegeben, der mit Hilfe der DEC- Technik gedeckt werden kann.

Technische Entwicklungsziele:

Ziel ist es ein sommertaugliches Modell der Märkte zu entwickeln und so die Implementierung der DEC- Technik zu ermöglichen. Weiters gilt es das Regelungsverhalten von DEC-Anlagen zu optimieren. Der Einsatz von Erneuerbaren Energieträger als Antriebsenergie (Solarenergie, Fernwärme, Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung durch BHKW's) ist anzustreben.

Erste Lösungsansätze:

Eine entsprechende Gebäude- und Anlagensimulation stellt die Grundlage für eine erste Konzeptentwicklung dar. Eine erste Demonstrationsanlage mit entsprechendem Monitoring führt zur Evaluierung.

Projektplan (grob):

Im ersten Projektjahr werden Simulations- und Planungsaktivitäten durchgeführt. Im zweiten Projektjahr erfolgen der Bau der Demonstrationsanlage und die Erstellung des Messtechnik- und Datenerfassungskonzeptes. Anschließend erfolgen die Auswertung und Evaluierung des Modells und Aktivitäten zur Optimierung des Gesamtsystems. Im Zeitplan ist nur das erste Projektjahr dargestellt, da der Zeitraum zwischen der Planung und dem Bau der Anlage nur sehr schwer abgeschätzt werden kann, aber ganz wesentlich die Projektlaufzeit beeinflusst.

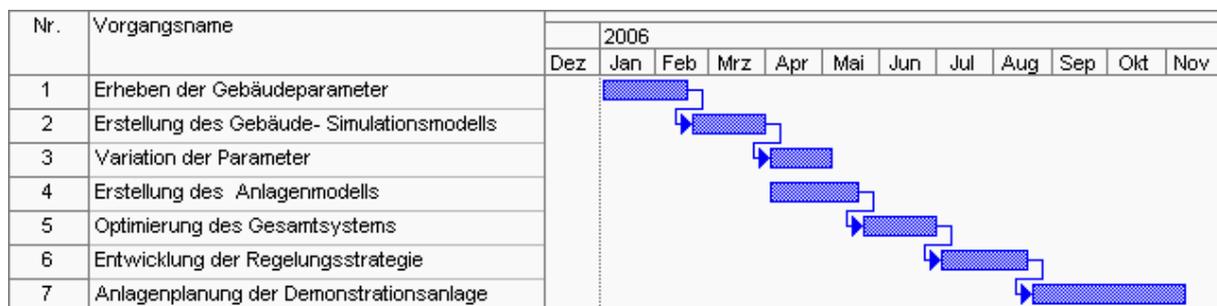


Abbildung 163: Entwicklung von DEC-Anlagen

3.4.6 Systemintegration Absorptionswärmepumpe

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Absorptionswärmepumpen sind im kleinen Leistungsbereich (30 kW) gasbetrieben am Markt erhältlich. Typische Antriebstemperaturen von diesen marktverfügbaren Absorptionswärmepumpen liegen dabei deutlich über üblicherweise zur Verfügung stehenden Heißwassertemperaturen von < 100°C. Ziel ist es, ausgehend von einer am Markt verfügbaren gasbetriebe- nen Absorptionswärmepumpe im entsprechenden Leistungsbereich das Aggregat dahinge-

hend weiterzuentwickeln, dass ein Antrieb der Absorptionswärmepumpe mit Heißwasser bei niedrigen Antriebstemperaturen ($< 100^{\circ}\text{C}$) und entsprechend hoher Effizienz (COP) möglich ist.

Als wichtigste Kennzahl einer Absorptionswärmepumpe wird das Wärmeverhältnis ζ , beziehungsweise der COP, zur Beurteilung der Effizienz der Bereitstellung der Wärme- bzw. Kühlenergie herangezogen. Der COP (Coefficient of Performance) ist das Verhältnis der generierten Kälte- bzw. Heizleistung zur benötigten Antriebsenergie.

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Die Erhebungen im Rahmen von SUPOSS haben ergeben, dass zur Zeit keine kompakten mit Heißwasser getriebenen Absorptionswärmepumpen kleiner Leistung zur Deckung des Heiz- bzw. Kühlbedarfes am Markt verfügbar sind. Besonders bei gleichzeitig auftretendem Bedarf von Wärme und Kälte kann eine Absorptionswärmepumpe eine interessante Alternative darstellen. Eine erste Pilotanlage könnte in einem SPAR Markt eingesetzt werden.

Technische Entwicklungsziele:

Ziel ist es, ausgehend von einer am Markt verfügbaren gasbetriebenen Absorptionswärmepumpe im entsprechenden Leistungsbereich das Aggregat dahingehend weiterzuentwickeln, dass ein Antrieb der Absorptionswärmepumpe mit Heißwasser bei niedrigen Antriebstemperaturen ($< 100^{\circ}\text{C}$) und entsprechend hoher Effizienz möglich ist.

Erste Lösungsansätze:

Erster Schritt der Weiterentwicklung von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen ist die Entwicklung eines Generators zum Betrieb mit Heißwasser. Eine erste Demonstrationsanlage wird die Erstellung eines Regelungskonzepts ermöglichen.

Projektplan (grob):

Der folgende Projektplan zeigt eine erste Abschätzung des Zeitbedarfes einer entsprechenden Entwicklung. Nach der Laufzeit von 2 Jahre sollte der erste weiterentwickelte und durch Test am Prüfstand optimierte Pilotanlage, für ein Demonstrationsprojekt zur Installation in einem Supermarkt zur Verfügung stehen. Nach erfolgreichem Feldversuch kann mit der Produktüberleitung hin zur marktfähiges Kleinserie begonnen werden.

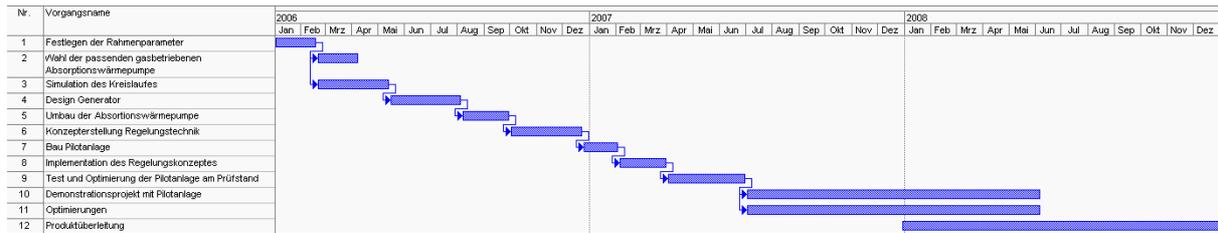


Abbildung 164: Systemintegration Absorptionswärmepumpe

3.4.7 Komponentenentwicklung LiBr-Absorber

Beschreibung des Entwicklungsthemas:

Typische Antriebstemperaturen von mit Heißwasser angetriebenen marktverfügbaren Absorptionskälteanlagen liegen bei rund 90°C bis 110°C (für einstufige Anlagen). Ausgereifte Produkte sind ab Leistungsgrößen von rund 35kW erhältlich. Antriebstemperaturen die deutlich unter 90°C liegen wirken sich durch einen entsprechend niedrigen COP aus. Ziel ist es eine Absorptionskältemaschine zu entwickeln, die bei diesen niedrigen Antriebstemperaturen von rund 60 bis 80°C eine entsprechend gute thermische Performance aufweist.

Der COP (Coefficient of Performance) ist das Verhältnis der generierten Kälteleistung Q_0 zur investierten Heizenergie Q_h .

Anknüpfungspunkte zu Suposs / Kundenanforderungen:

Die Erhebungen im Rahmen von SUPOSS haben ergeben, dass zur Zeit keine kompakten Absorptionskältemaschinen kleiner Leistung zur Raumluftkonditionierung am Markt verfügbar sind. Ein erster Prototyp könnte in einem SPAR Markt eingesetzt werden.

Technische Entwicklungsziele:

Ziel ist es eine kompakte Absorptionskältemaschine kleiner Leistung zu entwickeln, die bei diesen niedrigen Antriebstemperaturen von rund 60 bis 80°C eine entsprechend gute thermische Performance aufweist. Somit wird auch für den SPAR Markt ein Produkt zur ökonomischen Raumluftklimatisierung am Markt verfügbar sein.

Erste Lösungsansätze:

Ausgehend von bestehenden Absorptionskälteanlagen kann eine erste Analyse der Systeme und Komponenten das Entwicklungspotenzial aufzeigen. Die entsprechende Entwicklung von kostengünstigen, kompakten Komponenten steht anschließend im Vordergrund.

Projektplan (grob):

Der folgende Projektplan zeigt eine erste Abschätzung des Zeitbedarfes einer entsprechenden Entwicklung. Nach der Laufzeit von 2 Jahren wird der erste Schritt eines Prototyping beginnen, dessen Ziel es ist aus dem Labormodell ein marktfähiges Produkt zu machen. Ziel ist es innerhalb von weiteren rund 2 Jahren eine Kleinserie auf den Markt zu bringen.

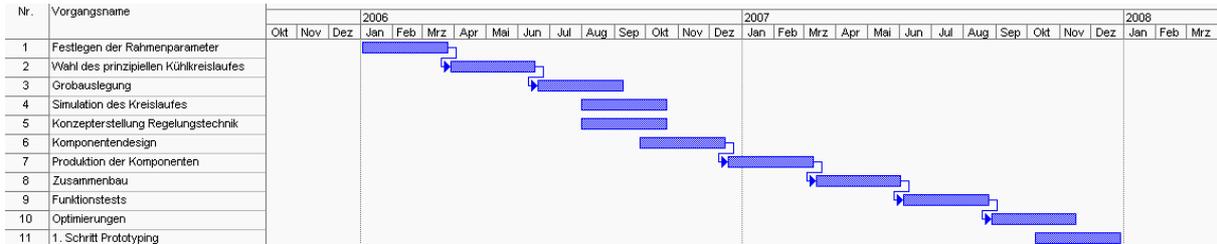


Abbildung 165: Komponentenentwicklung LiBr-Absorber

3.5 Marktpotenziale für nachhaltige Energieversorgungssysteme im Kontext von Filialen des Lebensmittelhandels

Die nachfolgenden Überlegungen dienen einer ersten Abschätzung des Marktpotenzials für die erarbeiteten Konzepte. Ausgangspunkt der Überlegungen ist das Filialnetz der SPAR Warenhandels AG.

Österreichweit verfügt das Unternehmen über rund 1.400 Filialen in den Marktgrößen Sparmarkt / Eurosparmarkt und über 56 Intersparmärkte. Die letzten Jahre waren von einer regen Bautätigkeit gezeichnet, wobei kleinere Märkte (unter 400 m² Verkaufsfläche) geschlossen und neue, größere Märkte errichtet wurden.

Im Bereich der Interspar-Märkte wurden in der jüngsten Zeit bestehende Märkte umgebaut bzw. sind einige neue Märkte (meist in Verbindung mit der Errichtung ganzer Einkaufszentren⁸⁶) in Bau bzw. in Planung.

Im Lebensmittelhandel wird für eine Filiale mit einer Lebensdauer von 25 Jahren kalkuliert, danach wird entweder eine massive Renovierung bzw. ein kompletter Neubau durchgeführt.

Betrachtet man den gesamten österreichischen Lebensmittelhandel, kann davon ausgegangen werden, dass rund 5700 Geschäfte mit einem ähnlichen energetischen Profil wie die untersuchten Spar-Märkte in Österreich existieren.

⁸⁶ SPAR ist auch Österreichs größter Betreiber von Einkaufszentren.

Firmierung	FILIALLISTEN										C & C		HANDELSORGANISATIONEN										ORGANISATIONEN/KOOPERATIONEN		DISKONTER									
	REWE Austria AG	Zielpunkt Warenhandels GmbH & Co. KG	MPREIS Warenvertriebs-Ges. m. b. H.	dm drogerie markt GmbH	Anton Schläcker GmbH	METRO Cash & Carry Österreich GmbH	SPAR Österr. Warenhandels-AG	ADEG Österreichische Handels AG	Handelshaus Wodt	Kastner Großhandels-GmbH (Kastner Schmalz und Getreidemehl GmbH, Kastner Erbsenhandels-GmbH)	J. Kiennast Lebensmittel-großhandels GmbH	Pfeiffer Handels-GmbH	J. Hornig GmbH	ZEV-Markant	Hofer AG	Lidl Austria GmbH																		
Organisation																																		
Kooperationen/Beteiligungen	Subsidiary																																	
Gruppenzugehörigkeit	REWE	Tengelmann (EU)																																
Europäische Kooperation																																		
LEH-Vertriebs-schienen																																		
Mitglieder/Kunden Stand: Ende 2004																																		
Geschäftstyp	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl	Name	Anzahl
Verbrauchermarkt/SB-Warenhaus	Merkur	104																																
Supermärkte	Billia	973			MPREIS	130																												
Sonstige Lebensmittelgeschäfte	Emma	29																																
Diskontgeschäfte	Mondo Penny	111 116	Zielpunkt PLUS	322 21																														
Drogeriemärkte	BIPA	512					dm Österr.	320	Schlecker	1.238																								
Waren- und Kaufhäuser																																		
Gastronomiebetriebe																																		
C+C-Betriebe									Metro	12																								
GH-Kunden/-Kaufleute																																		
Filialen gesamt		1.844		343		130	dm Österr.	320		1.238																								
Sonstige Einzelhandelsoutlets																																		
Anzahl der Mitarbeiter		32.000		3.650		3.800	dm Österr.	4.121		4.250		2.300		32.373 (AG + Kaufleute)		5.761		1.100		580		242		2.450		212		17.330		4.300				
Umsatz 2004		4,3 Mrd. € (netto Inland; plus Ausland: 6,9 Mrd. €)		695 Mio. € (inkl. Schimhofer; Geschäftsjahr Mai 2004 bis April 2005)		400 Mio. €		460 Mio. €		434,5 Mio. € (geschätzt)		749 Mio. €		4,39 Mrd. € (netto; Umsatz brutto der Spar-Organisation)		1,635 Mrd. €		340,1 Mio. €		120,8 Mio. €		75,2 Mio. €		558 Mio. €		51,96 Mio. €		2,7 Mrd. €		2,56 Mrd. € geschätzt		212,8 Mio. € geschätzt		
Besitzverhältnisse	REWE-Gruppe	100%	Tengelmann (D)	100%	Familia M&K 100% (früher Familienunternehmen)	dm drogerie markt Vertriebs-GmbH (80%); Dornig Beteiligung- u. Vermögensverwaltung GmbH (20%); Spar über BETAG KG GmbH	Anton Schläcker	100%	Metro Cash & Carry International (MCCCI)/Spar	öster. Familienunternehmen	25% Adeg Österreichischer Großhandel der Kaufleute reg. GmbH & Co. KG, 75% Edeka Südbayern	39% KoR L. Wodt, 41% Gesellschafter	Familien Kastner, Wenzel, Siller	Familia Kiennast	Familia Pfeiffer Anteil an Pro Kaufland	Familia Kerndl KR Johannes und Edith Horrig	Markant AG (CH) 51%, 14 Kernmanditisten 49%	Aldi-Gruppe	100%	Lidl & Schwarz-Gruppe	100%													

Abbildung 166: Österreichischer Lebensmittelhandel⁸⁷

⁸⁷ Quelle: <http://www.handelszeitung.at/bilder/LEH2005.pdf> (20.04.2005)

Investitionen in Energieversorgungssysteme werden in aller Regel am Beginn eines neuen „Gebäudelebenszyklus“ getätigt. Eine zunehmend häufiger werdende Ausnahme ist die nachträgliche Ausrüstung von Gebäuden mit Klimatisierungseinrichtungen, da diese bislang nicht als standardmäßiger Teil der Gebäude- und Energietechnik gesehen wurde, es aber auf der anderen Seite durch die vorherrschenden Architekturtrends (Offenes Erscheinungsbild, viele Glasflächen) in den Sommermonaten verstärkt Probleme gibt.

In erster Annäherung kann man nun eine „durchschnittlichen Bau- und Renovierungstätigkeit“ im Filialnetz des österreichischen Lebensmittelhandels bestimmen. Aus einer Grundgesamtheit von 5700 Filialen und einer durchschnittlichen Lebensdauer eines Gebäudes von 25 Jahren lassen sich nach dieser Betrachtung rund 200 – 250 Bauprojekte im Jahr ableiten.

In anderen Worten ausgedrückt gibt es im gesamten österreichischen Lebensmittelhandel durchschnittlich 200 – 250 Chancen pro Jahr im Zuge von Umbau- oder Neubauprojekten, nachhaltige Energieversorgungskonzepte zu realisieren.

Zur Verifizierung dieser groben Abschätzung ist es in einem nächsten Schritt sinnvoll in einer Primärerhebung die Bauabteilungen der einzelnen Filialisten und Handelsorganisationen zu befragen.

4 Beitrag des Projektes zu den Zielen des Programms & Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Der Zielsetzung der Programmlinie wird mit dem in der nachfolgenden Abbildung dargestellten dreistufigen Gesamtkonzept in einem sehr hohen Maß entsprochen:

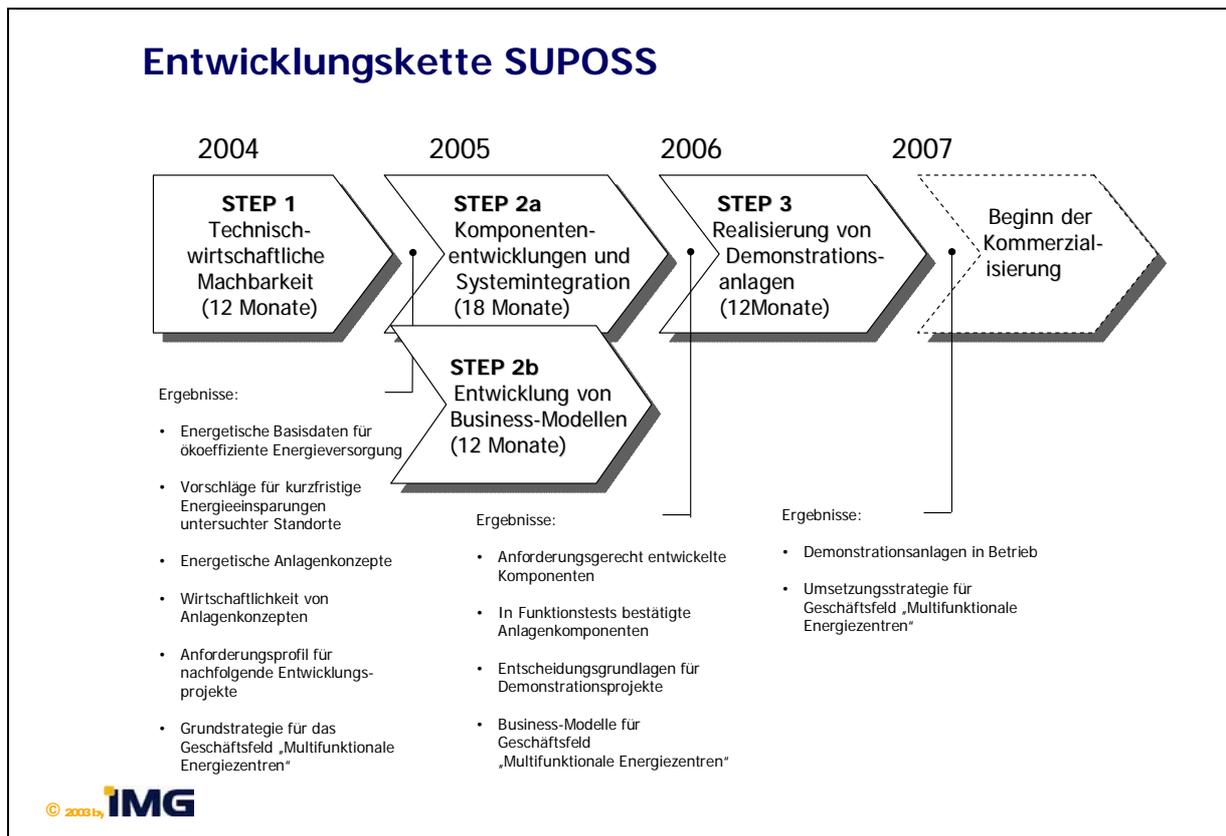


Abbildung 167: Entwicklungskette SUPOSS

Mit den dargelegten Ergebnissen des STEP 1 konnten sehr gute Grundlagen für nächste Schritte im Bereich der Komponentenentwicklung und Systemintegration bzw. der Vorbereitung von konkreten Demonstrationsprojekten geschaffen werden.

Es konnte gezeigt werden, dass einige Technologien auf Basis der Energieträger Sonne und Biomasse bereits heute verfügbar sind, um in eine nachhaltigere Energieversorgung von Lebensmittelfilialen und deren unmittelbare Umgebung einzusteigen. Unter günstigen Voraussetzungen können einige der ausgearbeiteten Konzepte auch aus ökonomischer Sicht bereits bestehen.

Weiters wurden Wege aufgezeigt wie das Zusammenspiel unterschiedlicher Energieträger (Solarenergie, Biomasse, Fossile Brennstoffe, Strom) für die Bereitstellung von Strom, Kälte und Wärme für multifunktionale Energiezentren im lokalen Kontext von Supermarktfilialen in

Richtung Nachhaltigkeit weiterentwickelt werden kann bzw. welche Entwicklungen noch erforderlich sind.

Bereits im STEP 1 haben österreichische Know-how-Träger mit Expertise in unterschiedlichen Technologiefeldern intensiv mit SPAR als wesentlichem, strategischen Partner für die spätere Realisierung der erarbeiteten Konzepte zusammengearbeitet. SPAR selbst konnte sich mit der vorliegenden Studie ein detailliertes Bild über die vielfältigen Optionen aber auch Barrieren verschaffen und erhielt auf diese Weise wichtige Inputs für die Planung der nächsten Schritte, die unmittelbar folgen werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die weitere Zusammenarbeit von SPAR mit österreichischen und internationalen Technologieunternehmen und F&E-Institutionen gemäß dem geplanten STEP 2 zielgerichtete Aktivitäten im Bereich der Komponententwicklung und Systemintegration folgen werden. Die Einbindung weiterer Unternehmen und F&E – Institutionen (z.B. Entwickler und Anbieter von Kältetechnik-Anlagen, Hersteller von Biomassekesseln, Contractinganbieter, etc.) zur Verfolgung der vorgeschlagenen Konzepte wird seitens SPAR bereits aktiv betrieben.

Es existieren bei SPAR bereits konkrete Pläne den begonnenen Weg weiterzuführen und innerhalb der nächsten 1-2 Jahre einen STEP 3 folgen zu lassen und erste Demonstrationsprojekte umzusetzen.

Mit der anhaltenden Bautätigkeit von Spar (es werden in den nächsten 5 Jahren 200 – 300 Bauvorhaben realisiert) ist eine gute Chance gegeben, derartige Energiezentren bereits in der Planungsphase mit zu berücksichtigen, was große Vorteile für die Multiplizierbarkeit derartiger Energiezentren bringen würde.

In der Folge wird nochmals auf die einzelnen Leitlinien einer nachhaltigen Technologieentwicklung eingegangen.

Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

Mit den steigenden Energiepreisen und der beim Umstieg auf dezentrale und multifunktionale Energiesysteme höheren Technologiekomplexität wird SPAR zukünftig noch stärker daran interessiert sein, die Bereitstellung von verschiedenen Energieformen als gesamthafte Energiedienstleistung zu betrachten und Energie nicht mehr gesplittet als Energiekosten im laufenden Betrieb und Investitionskosten bei der Errichtung zu sehen. Damit ergibt sich die Chance ein am Nutzen orientiertes Energiedienstleistungssystem zwischen Anlagenherstellern, -betreibern und -nutzern zu installieren.

Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Kern der SUPOSS – Vision ist es, wie an anderen Stellen des Endberichts ausführlich dargestellt, dort wo es technisch realisierbar und ökonomisch sinnvoll ist, erneuerbare Energieträger einzusetzen und damit fossile Energieträger zu substituieren.

Effizienzprinzip

Das Effizienzprinzip wurde in vielfacher Hinsicht bei der Erstellung und Bewertung der Konzepte berücksichtigt. Als ein Beispiel kann die solare Brauchwasser-Erwärmung für Supermärkte angeführt werden. Im Prinzip wäre ein hoher solarer Deckungsgrad mit Flachkollektoren erreichbar. Da die Warmwasserentnahmestellen örtlich sehr weit auseinander liegen und die Wasserentnahme im zeitlichen Verlauf sehr unterschiedlich ist, wurde aus Effizienzüberlegungen bewusst darauf verzichtet, dieses Konzept vorzuschlagen, da die elektrisch beheizten Boiler für diesen Einsatzfall die effizienteste Lösung darstellen.

Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit

In vielen Konzepten wird die Substitution von Heizkesseln durch Blockheizkraftwerke vorgeschlagen, was die kaskadische Nutzung von Energie forciert. Darüber hinaus werden auch Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungen vorgeschlagen, um die kaskadische Nutzung der eingesetzten Energieträger noch weiter zu erhöhen.

Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit

Im vorliegenden Step 1 wurde diesem Prinzip ganz intensiv Rechnung getragen, in dem sehr viele Einzeltechnologien untersucht und deren Kombinationsmöglichkeiten analysiert wurden. Dabei wurde auch die zeitliche Dimension in Form von Technologieroadmaps berücksichtigt, um eine Orientierung bzgl. der Dynamik relevanter Technologien zu bekommen

Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge

Ein wesentlicher Punkt bei der Entwicklung der energetischen Konzepte war die Auseinandersetzung mit Störfällen und daraus resultierender Schadenspotenziale. Wesentliche Risikopotenziale wurden im Bereich der Plus- und Minuskühlung (ein längerer Ausfall führt zum Unterbrechen der Kühlkette und im schlimmsten Fall zum Verderb der Waren) bzw. in den Wintermonaten ein Ausfall der Raumheizung. Speziell bei den betrachteten thermisch angetriebenen Kühlsystemen ist die Ausfallssicherheit ein wichtiges Kriterium für zukünftige Systeme.

Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Durch die intensive Einbindung österreichischer Technologieanbieter und F&E-Institutionen wurde bereits ein kleiner Beitrag zur Erhaltung und Schaffung hochwertiger sinnvoller Arbeit geleistet. Sollten sich die vorgeschlagenen Konzepte in der Praxis realisieren lassen und bewähren ist in der Zukunft ein bedeutender Impuls in diese Richtung zu erwarten und parallel dazu ein signifikanter Beitrag zur Erhaltung einer lebenswerten Umwelt zu erwarten.

5 Ausblick & Empfehlungen

Die nächsten technischen Entwicklungsschritte zur Realisierung von nachhaltigen Energiekonzepten für Filialen des Lebensmittelhandels wurden bereits in den Kapiteln 3.3 und 3.4 ausführlich dargestellt. An dieser Stelle werden weitere Projektskizzen vorgestellt, die in Ergänzung zu den technischen Entwicklungsaktivitäten eine hohe Relevanz zur Weiterführung der vorgeschlagenen Konzepte haben.

Erstellung von repräsentativen Simulationsmodellen für die Dimensionierung und Abstimmung nachhaltiger Energieversorgungsanlagen mit geeigneten baulichen Maßnahmen

Als ersten Schritt sollte ein Gebäudemodell für einen „nachhaltigen Lebensmittelmarkt“ unter Einbeziehung der aktuellen Nutzerwünsche, vorherrschenden Rahmenbedingungen und architektonischem Anspruch für einen bestimmten Standort erstellt werden. Hierbei sollte auch ein Kostenziel und Energieeinsparungsziel definiert werden.

Anhand dieses Gebäudemodells kann durch dynamische, thermische Simulation und auch Strömungssimulation eine Optimierung der erforderlichen baulichen Maßnahmen für ein komfortables Raumklima mit möglichst geringem Energieaufwand erfolgen.

Dabei sollte auch überlegt werden, mit welchen Energieversorgungsmaßnahmen der verbleibende Energiebedarf, sowohl in der Energiebereitstellung (Öl, Gas, Fernwärme, Biomasse, Erdwärme, Sonnenenergie,...), als auch in der Energieverteilung (Flächenheizung/Flächenkühlung, Deckenstrahlplatten, Kontrollierte Be- und Entlüftung,...), gedeckt werden soll.

Das Gebäudekonzept und die Energieversorgung werden in der Gebäudeplanung immer weniger als getrennte Einheiten gesehen, da viele Maßnahmen der Energieversorgung (z.B. Aktivierung der Speichermassen durch Bauteilaktivierung) einen Einfluss auf das Gebäudekonzept haben und daher von Beginn an mitgedacht werden müssen.

Durch Anlagensimulationen lassen sich gezielte Aussagen über das Anlagenverhalten bezüglich Endenergiebedarf (=jene Energiemenge, die dem Gebäude zugeführt werden muss), Raumkomfort und vieles mehr in einer frühen Konzeptphase treffen.

Beim Bau eines derartigen innovativen Lebensmittelmarktes ist ein Monitoring der Energieversorgung aus mehreren Gründen sinnvoll. Einerseits wird dadurch die Möglichkeit erbracht während des Betriebes im Rahmen einer kontinuierlichen Qualitätskontrolle die gesetzten energiesparenden Maßnahmen zu überprüfen und andererseits auch das Anlagenverhalten zu dokumentieren und zu optimieren.

Durchführung einer Potentialstudie bezüglich des Wärmebedarfs im Rahmen eines konkreten Bauprojektes für einen Intersparmarkt samt umliegendes Gebiet und Detailkonzeption einer Biomasse-KWK

Wie die Analysen gezeigt haben, reicht der Wärmebedarf eines Intersparmarktes alleine nicht aus, um eine KWK wirtschaftlich betreiben zu können. Es muss somit das Umfeld in Form einer Fernwärmeversorgung in das Konzept mit eingebunden werden. Des Weiteren müssten auch innerhalb des Intersparmarktes selbst neue Potentiale bezüglich Wärmebedarf ermittelt und entsprechend anlagentechnisch umgesetzt werden (z.B. DEC Anlage zur Klimatisierung), um die Anlagenauslastung speziell während der Sommermonate weiter anzuheben. Ein wichtiger Punkt im Rahmen dieser Arbeiten ist auch die genaue Erhebung der Randbedingungen, die im Rahmen von SUPOSS in Form von Annahmen in die Berechnungen eingeflossen sind (Kosten für das Fernwärmenetz, Jahresganglinie der externen Abnehmer etc.).

Spar würde in diesem Fall als Wärmeversorger auftreten und müsste somit die Sicherstellung der Versorgungssicherheit für die Kunden übernehmen. Da neben gewerblichen Objekten auch private Fernwärmeabnehmer vom Netz Wärme beziehen, ist somit auch eine Betreuung während der Nachtstunden sowie während Sonn- und Feiertagen notwendig. Dazu müssten entsprechende Strukturen geschaffen werden.

Eine besondere Herausforderung im Rahmen dieses Projektes stellt die effiziente Abstimmung der Planungsschritte dar. Die dazu notwendigen Vorerhebungen, Vorplanungen, Genehmigungsplanungen, Behördenverfahren und Detailplanungen müssen genau aufeinander abgestimmt werden, um einen schnellen und reibungslosen Projektablauf zu garantieren. Speziell bei der Gebäudeplanung ist dabei auch auf eine optimale Einbindung der Biomasse-KWK in das Gebäudekonzept sowie die Schaffung entsprechender Flächen für die Brennstoffanlieferung zu achten.

Realisierung eines energieautarken Sparmarktes als Demonstrationsprojekt

Nach Auskunft der Fa. Spar ist bereits in naher Zukunft geplant, einen energetisch autarken Sparmarkt zu bauen. Es gibt ganz konkrete Vorgespräche mit einem als Generalunternehmer auftretenden Technologieanbieter, der unter Berücksichtigung der in diesem Projekt erarbeiteten Grundlagen einen derartigen Markt realisieren möchte.

SCHLUSSBEMERKUNG

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit dem Projekt SUPOSS – Step 1 eine sehr gute Grundlage für die Umsetzung der Vision einer nachhaltigen Energieversorgung für Filialen des Lebensmittelhandels und deren energetischen Umfeldes gelegt werden konnte und es ist zu hoffen, dass aus diesen Vorarbeiten weitere Aktivitäten und Anschlussprojekte im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft folgen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Adnot, Jérôme et al.: Bericht (final report): Energy Efficiency of Room Air-Conditioners, 1999

BINE, Projektinfo 1/100 Vuilleumier-Wärmepumpen, 2000

BKI – Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer, Baukosten 2004, Teil 2; Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente, Stuttgart 2004

Cube, H. L.; Steimle F.; Lotz, H.: Lehrbuch der Kältetechnik, Band 2, 4.Auflage, Heidelberg, 1997

Eckert, H. J.; Maake, W.: Taschenbuch der Kältetechnik, 17. Auflage, Karlsruhe 1998

energytech.at, Technologie Portrait Kraft- Wärme-Kopplung, Wien Mai 2002

Hauer: Thermal storage with zeolite for heating and cooling applications, ZAE Bayern, 2002

Heim, J.: Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten der Steiermark, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 1993

Henning, Hans-Martin: Solar-Assisted Air-Conditioning in buildings, A Handbook for Planners, Springer Wien New York, 2004

Ihle, C.: Klimatechnik und Kältetechnik, 3.Auflage, Karlsruhe 1996

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.: Bericht: Kostenfunktionen für Komponenten der rationellen Energienutzung, 2004

Khartchenko, Nikolai U.: Thermische Solaranlagen, Springer 1995

Obernberger, Ingwald, Hammerschmid, Alfred,: Dezentrale Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien – Potential, technische und wirtschaftliche Bewertung, Einsatzgebiete, Schriftenreihe "Thermische Biomassenutzung", Band 4, Graz 1999

Obernberger, Ingwald, Thek Gerold,: Techno-economic evaluation of selected decentralised CHP applications based on biomass combustion in IEA partner countries, final report of the related IEA Task32 project, Graz 2004

Obernberger, Ingwald; Stockinger, Hermann: Systemanalyse der Nahwärmeversorgung mit Biomasse, 1.Auflage, Graz 1998

Olfen, D.: Wirtschaftlichkeit der Absorptionskälteerzeugung; in Wärme macht Kälte – Absorptionskälteerzeugung in der Praxis; Vulkan-Verlag, 1996

Pfluger R., Feist W.: CEPHEUS-Projektinformation Nr. 16, Kostengünstiger Passivhaus-Geschosswohnungsbau in Kassel Marbachshöhe, Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; Passivhaus Institut, Darmstadt 2001

Pichler, H.: Nahwärmesystem Anger, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU-Graz, Graz 1999

Pogoreutz, Martin: Fern- und Nahwärmesysteme, Institut für Wärmetechnik, Graz 1998

Recknagel, H.; Schramek, E. R.; Sprenger, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 69. Auflage, Dorsten 1998

Seyr, S.; Rösch, G.: Elektroinstallation, Blitzschutz und Lichttechnik, 5. Auflage, Wien 1982

Simader, G., Heissenberger, Th.: Energieverwertungsagentur, Brennstoffzellen-Systeme – Energietechnik der Zukunft, Wien 1999

Simader, G., Ritter, H., Benke, G., Pinter, H.: Energieverwertungsagentur, Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich, Wien 2004

Ulz, G.: LandesEnergieVerein: Holzvergaser im kleinen Leistungsbereich – Stand und gesetzliche Rahmenbedingungen, Graz 2001

Vögel, C.: Wirtschaftlichkeit von Biomasseheizsystemen, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU-Graz, Graz 1999

WIFI: Energiekennzahlen und –sarpotentiale im Lebensmittel-Einzelhandel, 1996

Wohinz, J. W.; Moor, M.: Betriebliches Energiemanagement, Graz 1988

Zalba, B.: Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications, Universidad de Zaragoza, Spain, 2002

Internetquellen

Biomass Pyrolysis Network: www.pyne.co.uk

Biomass Technology Group: www.btgworld.com

BIOS Bioenergy: www.bios-bioenergy.at

Biomass Energy Foundation: www.woodgas.com

Eder Fernwärme: www.eder-heizung.at

Energieverwertungsagentur: www.eva.ac.at

European Biomass Gasification Network: www.gasnet.uk.net

Fortum: www.fortum.com

Internationale Energieagentur TASK 32: www.ieabcc.nl

Internationale Energieagentur: www.iea.org

Internationale Energieagentur Biomasse: www.ieabioenergy.com

IWSSOLAR, 2004: www.iwssolar.ch/pages/photovoltaik/kuehlsysteme/geraetevergleich.html,
(Zugriff 14.07.04)

LandesEnergieVerein: www.eva.wsr.ac.at

Luxenergie: www.luxenergie.lu

MATTES: www.mattes-ag.de/standard-system_D.htm, (Zugriff 14.07.04)

OMV: www.omv.at

Österreichische Kommunalkredit Public Consulting GmbH: www.oekk.at

QUICK-COOL: Peltier-Elemente, Technische Erläuterung vom Hersteller www.quick-ohm.de,
(Zugriff 14.07.04)

ROBUR 1: www.robur.com/images/products%20images/3c.pdf, (Zugriff 14.07.04)

ROBUR 2: www.robur.com/images/products%20images/5_c.pdf, (Zugriff 14.07.04)

Stadtwärme Lienz: www.stadtwaerme-lienz.at

TRANE 1: www.trane.com/download/equipmentpdfs/absprc001en_r1.pdf, (Zugriff 14.07.04)

TRANE 2: www.trane.com/download/equipmentpdfs/absprc004en.pdf, (Zugriff 14.07.04)

Umwelt- und Energietechnik Freiberg GmbH: www.fee-ev.de/uet

YAZAKI: www.yazakienergy.com/, (Zugriff 27.01.05)

YORK: www.york.com/products/esg/YorkEngDocs/776.pdf, (Zugriff 14.07.04)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vision von SUPOSS.....	15
Abbildung 2: Gesamtkonzept SUPOSS	21
Abbildung 3: Nutzwärme und Verluste einer Heizanlage	34
Abbildung 4: Funktionsschema einer Kälteanlage	41
Abbildung 5: Kälteanlagen Anlagenkonzepte.....	42
Abbildung 6: Prinzipaufbau eines steckerfertigen offenen Kühlmöbels	43
Abbildung 7: Einfluss der Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit auf den Kältebedarf eines Kühlmöbels.....	55
Abbildung 8: Schema eines Klimagerätes in Split-Bauweise	66
Abbildung 10: Energieflussbild für Vasoldsberg, elektrischer Strom	92
Abbildung 12: Energieflussbild für St.Marein, elektrischer Strom	93
Abbildung 13: Energieflussbild für St. Marein, Heizenergie	93
Abbildung 14: Energieflussbild für Fernitz, elektrischer Strom	94
Abbildung 15: Energieflussbild für Fernitz, Gasbezug	94
Abbildung 16: Energieflussbild für Gleisdorf, elektrischer Strom	95
Abbildung 17: Energieflussbild für Fohnsdorf, elektrischer Strom.....	95
Abbildung 18: Energieflussbild für Deutschlandsberg, elektrischer Strom.....	96
Abbildung 19: Energieflussbild für IM 88, elektrischer Strom.....	97
Abbildung 20: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Supermarkt Filiale 390 im Jahr 2003	99
Abbildung 21: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Eurospar Filiale 313 im Jahr 2003	99
Abbildung 22: Monatliche Strom- und Gasbezugsmengen Interspar IM 88 im Jahr 2003 ...	100
Abbildung 23: Jahresdauerlinie einer gut ausgelasteten KWK-Anlage	101
Abbildung 24: Jahresdauerlinie für Supermarkt Filiale Nr. 390	101
Abbildung 25: Jahresdauerlinie für Eurospar Filiale Nr. 313	102
Abbildung 26: Jahresdauerlinie für Interspar IM 88.....	102
Abbildung 28: Klimatisierung der Wohneinheiten.....	105
Abbildung 29: Mehrkostenbereitschaft - Nachhaltige Heizform	105
Abbildung 30: Bereitschaft zum vorzeitigen Umstieg	106
Abbildung 31: Luftbild - Interspar Wienerstrasse	107
Abbildung 32: Überblick über vorhandene alternative Kühltechnologien	109
Abbildung 33: Prinzip einer Absorptionskältemaschine	111
Abbildung 34: Prinzip einer Adsorptionskältemaschine	112
Abbildung 35: Prinzip einer DEC-Anlage, die für die Antriebswärmeversorgung mit Solarluftkollektoren ausgerüstet ist	114
Abbildung 36: Prinzip einer Vuilleumier-Wärmepumpe.....	116

Abbildung 37: Prinzip eines Peltier-Elements	117
Abbildung 38: Funktionsprinzip für die Anwendung von Absorptionskältemaschinen für die Tiefkühlung bei Supermärkten (double effect)	119
Abbildung 39: spezifische Investitionskosten für Ammoniak-Absorptionskältemaschinen... 121	
Abbildung 40: Verhältnis der Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der gewerblichen Kälteerzeugung.....	124
Abbildung 41: Verhältnis zwischen Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der gewerblichen Kälteerzeugung.....	125
Abbildung 42: Funktionsprinzip für die Anwendung von Absorptionskältemaschinen für die Klimatisierung bei Supermärkten	127
Abbildung 43: spezifische Investitionskosten für LiBr-Absorptionskältemaschinen	130
Abbildung 44: Verhältnis zwischen Energiekosten bei der Absorptionstechnik und der Kompressionstechnik im Bereich der Raumklimatisierung	132
Abbildung 45: Schema des Dampfturbinenprozesses	139
Abbildung 46: Dampfkolbenmotor (250 kWel).....	140
Abbildung 47: Teillastverhalten des Dampfkolbenmotors	140
Abbildung 48: Dampfschraubenmotor (730 kWel)	141
Abbildung 49: Teillastverhalten des Dampfschraubenmotors	142
Abbildung 50: Schema eines ORC-Prozesses.....	143
Abbildung 51: Schematische Darstellung eines ORC-Prozesses	143
Abbildung 52: Teillastverhalten des ORC-Prozesses	144
Abbildung 53: Schematische Darstellung einer Biomasse-KWK auf Basis eines Stirlingmotors	145
Abbildung 54: Stirlingmotor mit Erhitzerwärmetauscher (35 kWel Pilotanlage MAWERA, A).....	145
Abbildung 55: Schema einer Mikroturbine	146
Abbildung 56: Schema des Gas- und Dieselmotorprozess.....	147
Abbildung 57: Schema des Linearkolbengenerators.....	148
Abbildung 58: Vorgehensplan Vaillant Brennstoffzelleneinführung.....	151
Abbildung 59: Brennstoffzelle Plug Power	152
Abbildung 60: Kollektorfläche in m ² /Einwohner (Jahr 2001)	157
Abbildung 61: Funktionsprinzip eines Luftkollektors	162
Abbildung 62: Prinzipdarstellung Linator.....	196
Abbildung 63: Gesamtanlagenkonzept Bison Plus	197
Abbildung 64: Prinzipdarstellung Linator.....	198
Abbildung 65: Konzeptvarianten 1 und 3 für Eurospar (Gleisdorf).....	200
Abbildung 66: Konzeptvarianten 2 und 4 für Eurospar (Gleisdorf).....	200
Abbildung 67: Konzeptvariante 5 für Eurospar (Gleisdorf).....	201
Abbildung 68: Konzeptvariante 6 für Eurospar (Gleisdorf).....	202
Abbildung 69: Konzeptvariante 7 für Eurospar (Gleisdorf).....	203

Abbildung 70: Konzeptvariante 8 für Eurospar (Gleisdorf).....	203
Abbildung 71: Konzeptvariante 9 für Eurospar (Gleisdorf).....	204
Abbildung 72: Konzeptvariante 10 für Eurospar (Gleisdorf).....	205
Abbildung 73: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf).....	206
Abbildung 74: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf).....	206
Abbildung 75: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf).....	207
Abbildung 76: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf).....	207
Abbildung 77: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf).....	208
Abbildung 78: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf).....	208
Abbildung 79: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf).....	209
Abbildung 80: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf).....	209
Abbildung 81: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf).....	210
Abbildung 82: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf).....	210
Abbildung 83: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf).....	211
Abbildung 84: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf).....	211
Abbildung 85: Konzeptvariante 1 für Spar (Fernitz).....	214
Abbildung 86: Konzeptvarianten 2 bis 4 für Spar (Fernitz).....	215
Abbildung 87: Konzeptvariante 5 für Spar (Fernitz).....	215
Abbildung 88: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 3 Spar (Fernitz).....	217
Abbildung 89: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 3 Spar (Fernitz).....	217
Abbildung 90: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 4 Spar (Fernitz).....	218
Abbildung 91: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 4 Spar (Fernitz).....	218
Abbildung 92: Vergleich Konzept 3 und 4 (Kosten über Lebensdauer).....	219
Abbildung 93: Vergleich Konzept 3 und 4 (Dynamische Amortisation der Mehrinvestition).....	219
Abbildung 94: (linkes Schaubild) Kosten über Lebensdauer Konzept 5 Spar (Fernitz).....	221
Abbildung 95: (rechtes Schaubild) Dynamische Amortisation der Mehrinvestition Konzept 5 Spar (Fernitz).....	221
Abbildung 96: Bauliche und gebäudetechnische Veränderungen.....	225
Abbildung 97: Anlagenschema DEC-Anlage.....	231

Abbildung 98: Statische Amortisation von Wärmepumpenanlage zu Vergleichskonzept	240
Abbildung 99: Roadmap Interspar-Märkte	244
Abbildung 100: Konzept IM-B01.....	245
Abbildung 101: Konzept IM-B02.....	246
Abbildung 102: Konzept IM-B03.....	247
Abbildung 103: Konzept IM-B04.....	248
Abbildung 104: Konzept IM-S01.....	249
Abbildung 105: Konzept IM-S02.....	251
Abbildung 106: Konzept IM-S03.....	252
Abbildung 107: Konzept IM-S04.....	253
Abbildung 108: Konzept IM-S05.....	254
Abbildung 109: Konzept IM-KS01	255
Abbildung 110: Konzept IM-KS02	256
Abbildung 112: Konzept IM-BS02	258
Abbildung 113: Konzept IM-BS03	259
Abbildung 114: Konzept IM-B05.....	260
Abbildung 115: Konzept IM-B06.....	261
Abbildung 116: Konzept IM-BS04	262
Abbildung 117: Konzept IM-BS05	263
Abbildung 118: Konzept IM-B07.....	264
Abbildung 119: Konzept IM-B08.....	265
Abbildung 120: Konzept IM-BS06	266
Abbildung 121: Roadmap für Eurospar-Märkte.....	267
Abbildung 122: Konzept ES-B01	268
Abbildung 123: Konzept ES-B02.....	269
Abbildung 124: Konzept ES-B03.....	270
Abbildung 125: Konzept ES-B04.....	271
Abbildung 126: Konzept ES-S02.....	273
Abbildung 127: Konzept ES-S03.....	274
Abbildung 128: Konzept ES-S04.....	275
Abbildung 129: Konzept ES-S05.....	276
Abbildung 130: Konzept ES-KS01	277
Abbildung 131: Konzept ES-KS02	278
Abbildung 132: Konzept ES-BS01	279
Abbildung 133: Konzept ES-BS02	280
Abbildung 134: Konzept ES-B05.....	281
Abbildung 135: Konzept ES-BS03	283
Abbildung 136: Konzept ES-BS04	284

Abbildung 137: Konzept ES-BS05	285
Abbildung 138: Konzept ES-BS06	286
Abbildung 139: Konzept ES-B06.....	287
Abbildung 140: Konzept ES-BS07	289
Abbildung 141: Konzept ES-BS08	290
Abbildung 142: Konzept ES-BS09	291
Abbildung 143: Roadmap für Spar-Märkte.....	292
Abbildung 144: Konzept SM-B01	293
Abbildung 145: Konzept SM-B02	294
Abbildung 146: Konzept SM-B03	295
Abbildung 147: Konzept SM-S02	297
Abbildung 148: Konzept SM-S03	298
Abbildung 149: Konzept SM-S04	299
Abbildung 150: Konzept SM-S05	300
Abbildung 151: Konzept SM-KS01.....	301
Abbildung 152: Konzept SM-KS02.....	302
Abbildung 153: Konzept SM-BS01.....	303
Abbildung 154: Konzept SM-BS02.....	304
Abbildung 155: Konzept SM-BS03.....	305
Abbildung 156: Konzept SM-BS04.....	306
Abbildung 157: Konzept SM-B04	307
Abbildung 158: Konzept SM-BS05.....	309
Abbildung 159: Konzept SM-BS06.....	310
Abbildung 160: Komponentenentwicklung Linearkolbengenerator	314
Abbildung 161: Upscaling Linearkolbengenerator.....	316
Abbildung 162: Integration Linearkolbengenerator mit Biomassefeuerung.....	318
Abbildung 163: Entwicklung von DEC-Anlagen	320
Abbildung 164: Systemintegration Absorptionswärmepumpe.....	322
Abbildung 165: Komponentenentwicklung LiBr-Absorber	323
Abbildung 166: Österreichischer Lebensmittelhandel	325
Abbildung 167: Entwicklungskette SUPOSS.....	327

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Arbeitspaketverantwortliche	16
Tabelle 2: Unternehmens- und Strukturdaten der Spar Österreichische Warenhandels-AG	17
Tabelle 3: Flächen nach Betriebstypen	18
Tabelle 4: Transmissionsberechnung Filiale Fernitz	28
Tabelle 5: Technische Beschreibung der Gasheizung (Filiale Fernitz)	31
Tabelle 6: Sollraumtemperaturen laut Modellhandbuch	31
Tabelle 7: Wasserverbrauchswerte Filiale Fernitz	38
Tabelle 8: Wasserentnahmetemperaturen Filiale Fernitz.....	39
Tabelle 9: Temperaturbereiche von Verkaufskühlmöbel.....	47
Tabelle 10: Verbundanlagendaten Filiale Gleisdorf	50
Tabelle 11: Aufteilung Elektrizitätsverbrauch bei Verbundanlagen	51
Tabelle 12: Monatlicher Stromverbrauch Plusverbund Filiale Gleisdorf.....	51
Tabelle 13: KM im Plusbereich Filiale Deutschlandsberg	56
Tabelle 14: KZ Filiale Deutschlandsberg.....	57
Tabelle 15: Kältebedarf der KM im Minusbereich, Deutschlandsberg	61
Tabelle 16: TKZ Filiale Deutschlandsberg	61
Tabelle 17: Kühllastberechnung Filiale Fohnsdorf	68
Tabelle 18: Außentemperaturwerte vom 13.08.2003, Filiale Fohnsdorf	69
Tabelle 19: Außentemperaturhäufigkeit für 2003, Filiale Fohnsdorf	69
Tabelle 20: Innenbeleuchtung Filiale Fernitz.....	73
Tabelle 21: Außenbeleuchtung Filiale Fernitz	73
Tabelle 22: Übersicht Netz-/Netzverlustebenen der Filialen	76
Tabelle 23: Spezifische Netzkosten für die Steiermark.....	76
Tabelle 24: Übersicht der Mietkosten und Messpreise	77
Tabelle 25: KLKW-, Öko-, und KWK-Abgaben.....	78
Tabelle 26: Übersicht der spezifischen Stranded Costs.....	78
Tabelle 27: Elektrische Arbeitskostenvergleich 2003.....	79
Tabelle 28: Bezug elektrische Arbeit Fernitz 2003.....	79
Tabelle 29: Zuordnung: Filiale zu Betriebstyp	80
Tabelle 30: Energiebenchmarkkennwerte	81
Tabelle 31: Vergleich: Elektrische Arbeit/Verkaufsfläche.....	81
Tabelle 32: Vergleich: Elektrische Arbeitskosten/Verkaufsfläche	82
Tabelle 33: Vergleich: Jahresvollbenutzungsstunden	82
Tabelle 34: Vergleich: HT-Anteil/NT-Anteil.....	83
Tabelle 35: Vergleich: Sommerarbeit/Winterarbeit.....	84
Tabelle 36: Vergleich: NT-Anteil SHJ/NT-Anteil WHJ	84

Tabelle 37: Gaskostenzusammensetzung 2003, Filiale IM 88.....	86
Tabelle 38: Erdgas- und Fernwärmekosten für 2003, Vergleich aller 7 Filialen.....	87
Tabelle 39: Elektrische Arbeitsaufteilung nach Verbrauchergruppen: Supermärkte, Eurospar.....	89
Tabelle 40: Elektrische Arbeitsaufteilung nach Verbrauchergruppen IM 88	90
Tabelle 41: Durchschnittliche Leistungen im Überblick.....	98
Tabelle 42: Vor- und Rücklauftemperaturen für Wärme und Kälte	98
Tabelle 43: Abgeschätzte Wärmebedarfspotenziale im Umfeld.....	108
Tabelle 44: Relevante Gesetzesmaterien	109
Tabelle 45: Übersicht über die wichtigsten Verfahren zur solaren Kühlung ((1): einstufige Anlage, (2): zweistufige Anlage).....	113
Tabelle 46: Qualitative Bewertung der verschiedenen alternativen Kühltechnologien.....	118
Tabelle 47: technische Daten der Marktverfügbaren Ammoniak- Absorptionskältemaschinen	120
Tabelle 48: marktverfügbare Ammoniak-Absorptionskältemaschinen im kleineren Leistungsbereich (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)	122
Tabelle 49: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Gewerbliche Kälteerzeugung, Minuskälte)	122
Tabelle 50: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Gewerbliche Kälteerzeugung, Pluskälte).....	124
Tabelle 51: technische Daten der Marktverfügbaren LiBr-Absorptionskältemaschinen.....	128
Tabelle 52: Marktverfügbare LiBr-Absorptionskältemaschinen im kleineren Leistungsbereich (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)	129
Tabelle 53: Basisdaten für den Vergleich der Energiekosten zwischen Kompressions- und Absorptionstechnik (Klimatisierung)	131
Tabelle 54: technische Daten von realisierten DEC-Anlagen	134
Tabelle 55: Basisdaten für die Auslegung einer DEC-Anlage bei einem Intersparmarkt	135
Tabelle 56: Investitionskosten für eine DEC-Anlage (67 kW, 9 600 m ³ /h)	135
Tabelle 57: Relevante Kältetechnologien für SUPOSS.....	137
Tabelle 58 – Typen von Brennstoffzellen	150
Tabelle 59: KWK-Technologien auf Basis fester Biomasse	154
Tabelle 60 : SUPOSS relevante KWK-Technologien.....	155
Tabelle 62: Technische Daten und Betriebsparameter verschiedener Vergasertypen ...	174
Tabelle 63: Status von Projekten im Bereich der Festbettvergasung.....	176
Tabelle 64: Biomassevergasungsprojekte mit Wirbelschichtvergasern	177
Tabelle 65: Für die Konzeptphase interessante Technologien	181
Tabelle 66: Instandhaltungskosten.....	186
Tabelle 67: Gegenüberstellung der Varianten 1 bis 4	190
Tabelle 68: Gegenüberstellung der Varianten 5 bis 8	191
Tabelle 69: Konzeptvarianten Eurospar (Gleisdorf).	199
Tabelle 70: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 Eurospar (Gleisdorf)	206

Tabelle 71: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 6 Eurospar (Gleisdorf)	207
Tabelle 72: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 7 Eurospar (Gleisdorf)	208
Tabelle 73: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 8 Eurospar (Gleisdorf)	209
Tabelle 74: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 9 Eurospar (Gleisdorf)	210
Tabelle 75: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 10 Eurospar (Gleisdorf)	211
Tabelle 76: Konzeptvarianten Spar (Fernitz).....	213
Tabelle 77: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 3 Spar (Fernitz)	217
Tabelle 78: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 4 Spar (Fernitz)	218
Tabelle 79: Wirtschaftliche Machbarkeit Konzept 5 Spar (Fernitz)	221
Tabelle 80: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Intersparmarkt	229
Tabelle 81: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Intersparmarkt.....	229
Tabelle 82: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Eurosparmarkt	233
Tabelle 83: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Eurosparmarkt	233
Tabelle 84: Technische Richtwerte Energiebereitstellungssystem Sparmarkt St.Marein	238
Tabelle 85: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Sparmarkt St. Marein	238
Tabelle 86: Gegenüberstellung der Kostenabschätzung der Wärmepumpenanlage	239
Tabelle 87: Richtwerte Energiebereitstellungssystem Sparmarkt Vasoldsberg	242
Tabelle 88: Wirtschaftliche Richtwerte Konzept Sparmarkt Vasoldsberg	243

Anhang

- Daten IBL zur energetischen Betriebsanalyse
- Daten IBL zur Umfeldanalyse
- Daten BIOS
- Daten Button Energy
- Daten Arsenal Research
- Technologieroadmaps

Daten zur energetischen Betriebsanalyse

	Vasoldsberg	St.Marein	Fernitz
Art der Raumwärmeerzeugung	Gas	Fernwärme	Gas
Anschlussleistung Fernwärme		55 kW	
Daten Gaskessel			
Hersteller Gaskessel	Viessmann		Hoval
Typ	Vitotens		Top Gas 45
Art	Brennwertgaskessel		Brennwertgaskessel
Nennwärmeleistung	44 kW		44 kW
VL/RL- Temperatur Raumwärmeverteilung	70/55 °C		70-80/55 °C
Baujahr	2002		2000
Verbundanlage			
Plusbereich			
Kältemittel	R 404 A	R 404 A	R 404 A
Typ	VPP 300-4660	VPP 300-4660S	VPP 300-4660S
Kälteleistung	35,35 kW	32,30 kW	32,30 kW
Jahreskälteverbrauch	131.073 kWh/a	176.835 kWh/a	213.957 kWh/a
Elektrische Leistungsaufnahme gesamt	15,33 kW	14,70 kW	14,70 kW
Nenntemperatur t ₀	-14°C	-14°C	-14°C
Kondensationstemperatur t _c	45°C	45°C	45°C
Vorlauftemperatur Kältemittel	-12°C	-12°C	-12°C
Rücklauftemperatur Kältemittel	8°C	8°C	8°C
Minusbereich			
Kältemittel	R 404 A	R 404 A	R 404 A
Typ	VPM 305-4680	VPM 305-4680	VPM 305-4680
Kälteleistung	15,33 kW	13,00 kW	13,00 kW
Jahreskälteverbrauch	81.366 kWh/a	92.322 kWh/a	92.080 kWh/a
Elektrische Leistungsaufnahme gesamt	9,48 kW	8,90 kW	8,90 kW
Nenntemperatur t ₀	-38°C	-38°C	-38°C
Kondensationstemperatur t _c	45°C	45°C	45°C
Kondensatornennleistung	71 kW	71 kW	71 kW
Vorlauftemperatur Kältemittel	-36°C	-36°C	-36°C
Rücklauftemperatur Kältemittel	-16°C	-16°C	-16°C

Daten zu den untersuchten Euro- und Intersparmärkten

	Gleisdorf	Fohnsdorf	Deutschlandsberg	IM 88, Graz
Art der Raumwärmeerzeugung	Gas	Gas	Gas	Gas
Daten Gaskessel	Heizbösch	Heizbösch	Hoval	Hoval
Hersteller Gaskessel	Remeha Gas 210 Eco	Vario Grande 350 MB	Uno 3 Condens 150	Max 3 (550)
Typ	Brennwertgaskessel	Brennwertgaskessel	Brennwertgaskessel	Brennwertgaskessel
Art	160 kW	339 kW	108 kW	575 kW
Nennwärmeleistung	70-80/55 °C	70/55 °C	70/55°C	70/55 °C
VL/RL- Temperatur Raumwärmeverteilung	2000	2001	1996	1997
Baujahr				
Verbundanlage				
Plusbereich				
Kältemittel	R 404 A	R 404 A	R 404 A	R 404 A
Typ	VPP 400-4210	VPP 300 4210	VPP 300-4161	VPP 300-4290
Kälteleistung	81,44 kW	64,50 kW	58,95 kW	139,41 kW
Jahreskälteverbrauch	358.154 kWh/a	257.725 kWh/a	337.610 kWh/a	492.319 kWh/a
Elektrische Leistungsaufnahme gesamt	34,16 kW	25,50 kW	30,51 kW	60,15 kW
Nenntemperatur t_0	-14°C	-14°C	-14°C	-14°C
Kondensationstemperatur t_c	45°C	45°C	-45°C	-45°C
Vorlauftemperatur Kältemittel	-12°C	-12°C	-12°C	-12°C
Rücklauftemperatur Kältemittel	8°C	8°C	8°C	8°C
Minusbereich				
Kältemittel	R 404 A	R 404 A	R 404 A	R 404 A
Typ	VPM 305-4250	VPM 305-4210	VPM 305-4161	VPM 305-4010
Kälteleistung	36,04 kW	24,30 kW	23,00 kW	38,47 kW
Jahreskälteverbrauch	173.189 kWh/a	190.783 kWh/a	172.659 kWh/a	287.057 kWh/a
Elektrische Leistungsaufnahme gesamt	15,69 kW	13,90 kW	13,64 kW	22,41 kW
Nenntemperatur t_0	-38°C	-38°C	-38°C	-40°C
Kondensationstemperatur t_c	45°C	45°C	45°C	45°C
Kondensatornennleistung	135 kW	145 kW	71 kW	200 kW
Vorlauftemperatur Kältemittel	-36°C	-36°C	-36°C	-38°C
Rücklauftemperatur Kältemittel	-16°C	-16°C	-16°C	-18°C

Daten zur Umfeldanalyse



Industriebetriebslehre und Innovationsforschung
Univ. Prof. Dr. J. W. Wohinz



Sehr geehrte Damen und Herren!

Im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Graz und im speziellen am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung sollen unter anderem mit Ihrer Hilfe nähere Informationen zum Thema ...

„Energieverbrauch und Energieversorgung“
und auch zum Thema
„Ökologisches Bewusstsein“

...ermittelt und verarbeitet werden.

Sie sind als Empfänger unseres Fragebogens aufgrund der Lage Ihres Wohnortes ausgewählt worden.

Wir bitten Sie dabei um Ihre Mithilfe.

Wir ersuchen Sie deshalb, sich nur kurz Zeit zu nehmen (5–10 Minuten) und diesen Fragebogen auszufüllen. Sie helfen uns damit die Energieversorgungs- und Verbrauchssituation verschiedener steirischer Wohngebiete zu ermitteln.

Bitte beantworten Sie den nachstehenden Fragebogen möglichst genau und kreuzen Sie die jeweils auf Sie bzw. Ihre Meinung zutreffende Markierung an oder schreiben Sie Ihre Information in die dafür vorgesehene graue Zeile []. Treffen mehrere Antwortmöglichkeiten bei einer Frage zu, so können Sie natürlich auch mehrere Antworten ankreuzen.

Wir bitten Sie, den ausgefüllten Fragebogen binnen 14 Tagen ganz einfach beim nächsten Einkauf in Ihrer benachbarten ...

SPAR - Filiale (SPAR)

... abzugeben und Sie erhalten als Dankeschön für Ihre Bemühungen ...

eine 500g Packung REGIO – Kaffee „Der Beste“.

Personenbezogene Auswertungen der Fragen erfolgen nicht.
Alle Ihre Angaben bleiben selbstverständlich völlig anonym.

Wenn Sie Fragen zum beiliegenden Fragebogen haben, wenden Sie sich bitte an Herrn Helmut Haslberger (Tel. 0699 – 191 57 270) oder per Email: helmut.haslberger@gmx.at.

Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Mitarbeit

Helmut Haslberger (Diplomand der TU – Graz)

PERSONENBEFRAGUNG

zur Erhebung der Energiesituation in unterschiedlichen steirischen Wohngebieten



Themengebiet 1: Fragen zum Haushalt

1. Art der Wohneinheit:

<input type="radio"/> Einfamilienhaus	<input type="radio"/> Mehrfamilienhaus (2-3 Haushalte)
<input type="radio"/> Eigentumswohnung	<input type="radio"/> Mietwohnung
<input type="radio"/> Sonstige:	

2. Wohnfläche:

<input type="radio"/> Exakter Wert: m ² (falls bekannt)		
<input type="radio"/> bis 40 m ²	<input type="radio"/> über 60 – 80 m ²	<input type="radio"/> über 110 – 150 m ²
<input type="radio"/> über 40 – 60 m ²	<input type="radio"/> über 80 – 110 m ²	<input type="radio"/> über 150 m ²

3. Anzahl der im Haushalt lebenden Personen:

Themengebiet 2: Fragen zur eigentlichen Energiesituation

4. Wie heißt Ihr derzeitiger Stromlieferant:

<input type="radio"/> BEWAG	<input type="radio"/> STEWEAG
<input type="radio"/> STEG	<input type="radio"/> Energie Graz GmbH
<input type="radio"/> Sonstiger:	

5. Wie hoch war Ihr Stromverbrauch im letzten Jahr bzw. in der letzten Abrechnungsperiode (aus der Stromrechnung ersichtlich):

 kWh

6. Wie hoch waren Ihre Stromkosten im letzten Jahr bzw. der letzten Abrechnungsperiode:

<input type="text"/> € pro Jahr	oder	<input type="text"/> € pro Monat
---------------------------------	------	----------------------------------

7. Nutzen Sie Strom auch zur Heizung Ihrer Wohneinheit:

<input type="radio"/> Ja, ausschließlich	<input type="radio"/> Ja, zum größten Teil	<input type="radio"/> Ja, aber nur selten
<input type="radio"/> Nein		

8. Wie beheizen Sie Ihre Wohneinheit (Mehrfachantworten möglich):

<input type="radio"/> Fernwärme	<input type="radio"/> Holzofen / Kachelofen	<input type="radio"/> Hackschnitzel
<input type="radio"/> Gas	<input type="radio"/> Kohle	<input type="radio"/> Pellets
<input type="radio"/> Sonstige:		

9. Wie hoch waren Ihre Heizkosten im letzten Jahr bzw. der letzten Abrechnungsperiode:

€ pro Jahr

10. Ist Ihre Wohneinheit klimatisiert:

<input type="radio"/> Ja	
<input type="radio"/> Nein, brauche ich nicht	<input type="radio"/> Nein, wäre aber schön

11. Welche Mehrkosten pro Jahr wären Sie für eine Klimatisierung Ihrer Wohneinheit bereit zu tragen:

<input type="radio"/> 0 €	<input type="radio"/> über 250 – 450 €	<input type="radio"/> über 700 – 850 €
<input type="radio"/> bis 100 €	<input type="radio"/> über 450 – 600 €	<input type="radio"/> über 850 – 1000 €
<input type="radio"/> über 100 – 250 €	<input type="radio"/> über 600 – 700 €	<input type="radio"/> über 1000 €

Themengebiet 3: Fragen zu alternativen bzw. erneuerbaren Energieformen**12. Wie wichtig ist für Sie die Nutzung umweltschonender und nachhaltiger Energieformen (z.B.: Heizen mit Biomasse, Solarenergie usw.) :**

<input type="radio"/> Sehr wichtig	<input type="radio"/> Mittelmäßig wichtig	<input type="radio"/> Unwichtig
<input type="radio"/> Wichtig	<input type="radio"/> Eher unwichtig	

13. Werden in Ihrem Haus bereits umweltschonende und nachhaltige Energieformen in irgendeiner Weise genutzt:

<input type="radio"/> Ja, durch	<input type="radio"/> Solarstrom	<input type="radio"/> Biomasse - Heizung
	<input type="radio"/> Solar - Warmwasser	<input type="radio"/> Pellets - Heizung
	<input type="radio"/> Sonstige:	
<input type="radio"/> Nein		

14. Welche Mehrkosten pro Jahr wären/sind Sie für eine umweltschonende und nachhaltige Heizform bereit zu tragen:

<input type="radio"/> 0 €	<input type="radio"/> über 250 – 450 €	<input type="radio"/> über 700 – 850 €
<input type="radio"/> bis 100 €	<input type="radio"/> über 450 – 600 €	<input type="radio"/> über 850 – 1000 €
<input type="radio"/> über 100 – 250 €	<input type="radio"/> über 600 – 700 €	<input type="radio"/> über 1000 €

15. Würden Sie bei einer notwendigen Neuinstallation Ihrer Heizanlage auf alternative Heizformen setzen (sofern Sie an der Auswahl Einfluss nehmen können):

<input type="radio"/> Ja, auf jeden Fall	<input type="radio"/> Ja, auch bei geringen Mehrkosten	<input type="radio"/> Ja, aber nur wenn diese Alternative billiger ist
<input type="radio"/> Ja, auch bei größeren Mehrkosten	<input type="radio"/> Ja, sofern nicht teurer als herkömmliche Alternativen	<input type="radio"/> Nein

16. Nur für Besitzer einer eigenen Heizung: Können Sie sich vorstellen auch vorzeitig auf Biomasse - Fernwärme umzusteigen:

<input type="radio"/> Ja, auch bei geringen Mehrkosten	<input type="radio"/> Ja, aber nur wenn diese Alternative billiger ist	<input type="radio"/> Nein
--	--	----------------------------

17. Welche wichtigen Kriterien/Eigenschaften muss eine Heiz- und/oder Klimaanlage für Sie erfüllen:

18. Würden Sie ein Unternehmen (z.B. Elektrofachhändler, Lebensmittelhändler,...) gegenüber seiner Konkurrenz bevorzugen, wenn dieses für sein engagiertes Umweltbewusstsein bekannt ist:

<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 5% Preisnachteil	<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 1% Preisnachteil	<input type="radio"/> Nein
<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 2% Preisnachteil	<input type="radio"/> Ja, aber nur bei gleichen Preisen und Leistungen	

19. Würden Sie einen Energieversorger, der nachweislich die von ihm gelieferte Energie (Strom, Wärme, Kälte) in Ihrer Region nachhaltig erzeugt, bevorzugen?

<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 5% Preisnachteil	<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 1% Preisnachteil	<input type="radio"/> Nein
<input type="radio"/> Ja, auch bei bis zu 2% Preisnachteil	<input type="radio"/> Ja, aber nur bei gleichen Preisen und Leistungen	

20. Welche wichtigen Kriterien/Eigenschaften muss ein Energielieferant für Sie erfüllen:

--

Themengebiet 4: Fragen zur Person**21. Alter:**

--

22. Geschlecht:

<input type="radio"/> weiblich	<input type="radio"/> männlich
--------------------------------	--------------------------------

23. Ausbildung:

<input type="radio"/> Pflichtschule	<input type="radio"/> Höhere Schule	<input type="radio"/> Universitätsabschluss
-------------------------------------	-------------------------------------	---

24. Beruf:

<input type="radio"/> Arbeiter/in	<input type="radio"/> Pensionist/in	<input type="radio"/> Hausfrau/Hausmann
<input type="radio"/> Angestellte/r	<input type="radio"/> Schüler/Student	<input type="radio"/> Selbständige/r
<input type="radio"/> Sonstiger:		

Fragebogenauswertung

	Bogen Nr.	Frage 1	Frage 2 exakt [m²]	Frage 3 Klasse	Frage 3 Anzahl	Frage 4 Stromlieferant	Frage 5 Strom kWh	Frage 6 Strom €/a	Frage 7	Frage 8 Heizart	Frage 9 Heizkosten €/a	Frage 10
Vasoldsberg	101	1	122	5	3	Purkarthofer	38011	751	4	Heizöl	548	3
	102	3	146	5	2	Purkarthofer	-	1080	3	Heizöl	1500	3
	103	1	113	5	1	Purkarthofer	6160	560	4	Pellets	910	2
	104	1	242	6	4	Purkarthofer	8000	1560	4	olzofer / Flüssiggas	2500	2
	105	3	-	5	5	Purkarthofer	5762	960	2	Gas	1704	2
St. Marein	201	2	71	3	4	STEG	5400	852	2	Heizöl	377	2
	202	1	-	5	3	STEG	2686	528	2	Holzofen / Solar	-	2
	203	1	100	4	2	STEWEG	-	840	2	Heizöl	2000	2
	204	2	72,4	3	2	STEWEG	-	-	2	Heizöl	-	2
	205	1	-	5	6	STEWEG	-	1080	2	lzofer / Kohle / Sc	0	2
	206	1	-	5	5	STEWEG	5050	780	2	Heizöl	850	3
Fernitz	301	1	-	5	2	Purkarthofer	3291	584	2	Gas	1048	2
	302	2	86	4	3	STEWEG	3477	606	2	Holzofen / Heizöl	212	2
	303	2	65	3	1	Purkarthofer	-	744	2	Heizöl	300	3
	304	Mietkaufwhg	90	4	4	Purkarthofer	4028	702	2	Heizöl	520	2
	305	2	93	4	4	Purkarthofer	1450	849	2	Heizöl	710	2
	306	2	86	4	2	Purkarthofer	2970	654	2	Fernwärme	470	2
Gleisdorf	401	4	80	3	4	Feistritzwerke	-	588	2	Gas	500	2
	402	Büro	-	6	8	Feistritzwerke	8514	1488	2	Gas	1694	2
Fohnsdorf	501	3	-	5	5	STEWEG	4911	840	2	Gas	1200	2
	502	1	-	5	4	Stadtwerke Judenburg AG	6484	936	2	Gas	1489	2
	503	1	200	6	3	Sonstiger	-	1200	2	Gas	1500	1
	504	1	135	5	2	Stadtwerke Judenburg AG	5020	831	2	Heizöl	1216	2
	505	1	-	4	2	STEWEG	-	792	4	Gas	1375	2
	506	3	330	6	2	Stadtwerke Judenburg AG	3100	552	2	Heizöl	-	2
	507	3	280	6	6	Stadtwerke Judenburg AG	6800	1100	2	Heizöl	1800	3
	508	1	-	4	1	Stadtwerke Judenburg AG	-	468	2	Heizöl	460	3
	509	1	140	5	2	Stadtwerke Judenburg AG	5615	920	2	Heizöl	1404	1
	510	1	-	5	1	Stadtwerke Judenburg AG	-	360	2	Heizöl	500	2
	511	1	75	3	2	Sonstiger	2000	420	2	Heizöl	1100	2
	512	3	-	5	3	Stadtwerke Judenburg AG	2533	565	2	Heizöl	812	2
	513	1	-	5	2	Stadtwerke Judenburg AG	4000	720	2	Gas / Holzofen	1200	2
Deutschlandsberg	601	1	258	6	5	STEWEG	15261	2049	3	zofen / Wärmepur	1000	2
	602	1	-	3	1	STEWEG	2545	501	2	Fernwärme	1032	2
	603	1	150	5	2	STEWEG	5212	816	2	zofen / Wärmepur	950	2
	604	1	220	6	2	STEWEG	-	1280	2	Heizöl	1300	2
	605	3	-	6	3	STEWEG	2644	491	2	rnwärme / Holzofen	1766	2
Graz, Wienerstrasse	701	1	130	5	2	E-Werk Gösting	2615	492	2	olzofen und Heizt	430	2
	702	4	-	3	2	E-Werk Gösting	1200	-	2	Fernwärme	1100	2
	703	3	-	6	2	E-Werk Gösting	3594	602	2	Heizöl	1472	3
	704	1	140	5	3	E-Werk Gösting	4285	720	2	Heizöl	1100	3
	705	1	120	5	2	E-Werk Gösting	-	720	2	Heizöl	1500	2

Frage 11	Frage 12 Klasse	Frage 12 Wort	Frage 13	Frage 14	Frage 15	Frage 16	Frage 17	Frage 18	Frage 19	Frage 20	Frage 21	Frage 22
2	2	Wichtig	Holz	1	5	3	Text	3	3	Text	45	2
3	2	Wichtig	Nein	9	5	2	Text	4	4	Text	59	2
1	1	Sehr wichtig	llets und Wärmepum	-	3	1	Text	1	1	Text	52	1
1	4	Eher unwichtig	Holz	1	1	2	Text	3	3	Text	50	1
1	2	Wichtig	Nein	4	3	1	Text	1	1	Text	33	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	3	1	-	Text	1	1	Text	38	1
1	1	Sehr wichtig	Warmwasser und Bio	1	1	3	Text	3	3	Text	29	1
1	3	ttelmäßig wich	Nein	2	4	1	Text	5	5	Text	56	2
1	2	Wichtig	Nein	1	5	3	Text	4	4	Text	62	2
2	2	Wichtig	Solar-Warmwasser	4	4	1	Text	1	1	Text	24	1
1	2	Wichtig	Wärmepumpe	2	4	2	Text	5	3	Text	40	1
2	1	Sehr wichtig	Nein	3	3	1	Text	2	2	Text	56	1
1	3	ttelmäßig wich	Nein	1	4	-	Text	4	4	Text	36	1
2	1	Sehr wichtig	Nein	3	4	-	Text	-	-	Text	41	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	2	2	-	Text	1	1	Text	42	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	2	1	-	Text	2	4	Text	42	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	2	4	-	Text	2	3	Text	35	1
1	1	Sehr wichtig	Nein	2	3	1	Text	4	4	Text	30	1
1	2	Wichtig	Nein	1	3	-	Text	3	3	Text	32	1
1	1	Sehr wichtig	Solar-Warmwasser	4	4	1	Text	2	4	Text	48	2
1	2	Wichtig	Nein	3	3	3	Text	2	2	Text	47	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	9	1	2	Text	4	4	Text	45	1
1	1	Sehr wichtig	Nein	-	4	1	Text	4	4	Text	68	2
-	2	Wichtig	Nein	-	4	2	Text	3	4	Text	65	2
1	1	Sehr wichtig	Solar-Warmwasser	-	1	2	Text	3	4	Text	55	2
1	4	Eher unwichtig	Nein	1	5	2	Text	4	4	Text	59	1
2	1	Sehr wichtig	Nein	2	5	2	Text	1	4	Text	62	1
6	1	Sehr wichtig	Solar-Warmwasser	6	1	1	Text	1	1	Text	66	2
1	2	Wichtig	Solar-Warmwasser	2	3	3	Text	5	5	Text	76	2
1	2	Wichtig	Nein	2	5	1	Text	5	4	Text	60	1
1	2	Wichtig	Nein	1	4	2	Text	4	4	Text	75	2
1	3	ttelmäßig wich	Holz	-	3	2	Text	1	5	Text	65	2
2	1	Sehr wichtig	Wärmepumpe	3	3	3	Text	1	1	Text	53	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	3	4	-	Text	2	2	Text	60	1
1	2	Wichtig	Wärmepumpe	3	4	1	Text	2	3	Text	56	2
2	2	Wichtig	Nein	3	3	1	Text	1	2	Text	63	2
1	1	Sehr wichtig	Warmwasser und Bio	2	3	1	Text	2	2	Text	43	2
1	2	Wichtig	Holz	1	4	3	Text	4	4	Text	80	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	-	-	-	Text	2	2	Text	84	2
1	1	Sehr wichtig	Nein	1	4	3	Text	4	4	Text	65	1
3	2	Wichtig	Nein	1	4	2	Text	4	4	Text	44	2
1	4	Eher unwichtig	Nein	1	1	3	Text	5	5	Text	35	1

Verteilte Fragebögen: 280 Stk.
 Rücklauf 42 Stk.
 Rücklaufquote 15,00%

Daten BIOS

Variante 1: Reine Wärmeversorgung des Intersparmarktes sowie Stromerzeugung mit einem 35 kWel Stirlingmotor

Energiebilanz

In Tabelle 89 sind die Energiemengen ab Heizwerk angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	485.572	kWh/a	76%
Elektrische Energie	64.581	kWh/a	10%
Konversionsverluste	89.560	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	639.712	kWh/a	100%

Tabelle 89: Energiebilanz Variante 1

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	485.572	kWh/a	78%
konventionell bereitgestellt	137.032	kWh/a	22%
Gesamtwärmebedarf	622.604	kWh/a	100%

Tabelle 90: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 1

Die nachfolgende Dauerlinie ergibt sich aus folgenden Ansätzen:

3 Monate überhaupt kein Betrieb der Kesselanlagen

$P_{\max} = 575 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 95 \text{ kW}$

$P_{\min} = 0 \text{ kW}$

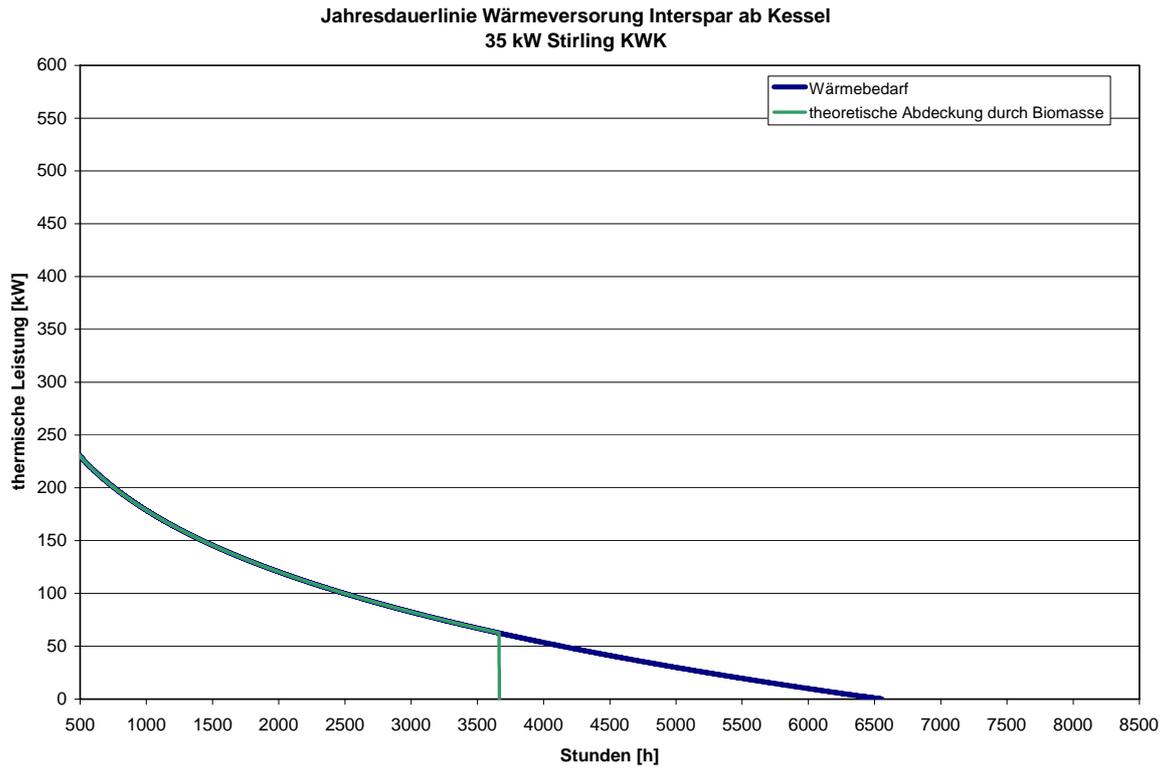


Abbildung 168: Jahresdauerlinie Variante 1

Die Versorgung ist durch die Teillastfähigkeit der Biomassefeuerungsanlage (~25% bei entsprechender Brennstoffqualität) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Tabelle 91: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 1

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 1



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten € / MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	50.000	2.739	500			3.239	5,89
Lager (Container)	20.000	1.096	200			1.296	2,35
Aussenanlage	10.000	548	100			648	1,18
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	1,18
Fernwärmenetz							
	-	-	-			-	-
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	114.000	9.148	3.420			12.568	22,84
Rauchgasreinigung	10.000	802	200			1.002	1,82
Aschebehälter und -förderung	12.000	963	360			1.323	2,40
Wärmerückgewinnung	21.000	1.685	420			2.105	3,83
Brennstoffbeschickung	26.000	2.086	780			2.866	5,21
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	20.000	1.605	400			2.005	3,64
H-Installation	25.000	2.006	500			2.506	4,56
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	-	-	-			-	-
KWK-Modul	98.000	9.442	1.431			10.872	19,76
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	54.080	3.971				3.971	7,22
Sonstiges	35.000	2.808	700			3.508	6,38
Brennstoffkosten							
Biomasse				11.038		11.038	20,06
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	22,72
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				996		996	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					3.536	3.536	6,43
Zusätzliche Betriebskosten					341	341	0,62
Betriebsmittel KWK					62	62	0,11
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	505.080	39.447	9.111	12.034	16.438	77.030	140,01
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		71,70	16,56	21,87	29,88		140,01
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		71,70	16,56	21,87	29,88		140,01

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	38	€/MWh
Stromerlös	160	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	52	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	485.572	kWh/a	1.942 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	64.581	kWh/a	1.845 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	550.153	kWh/a	

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

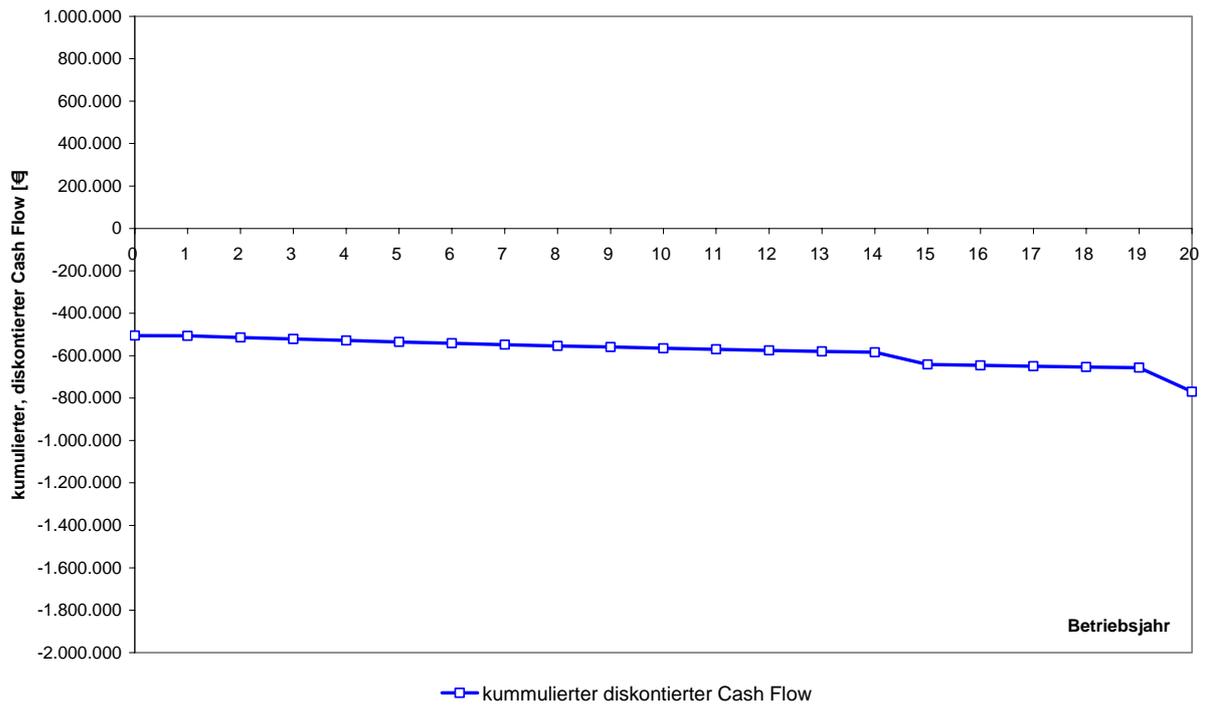


Abbildung 169: CDCF Variante 1

Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

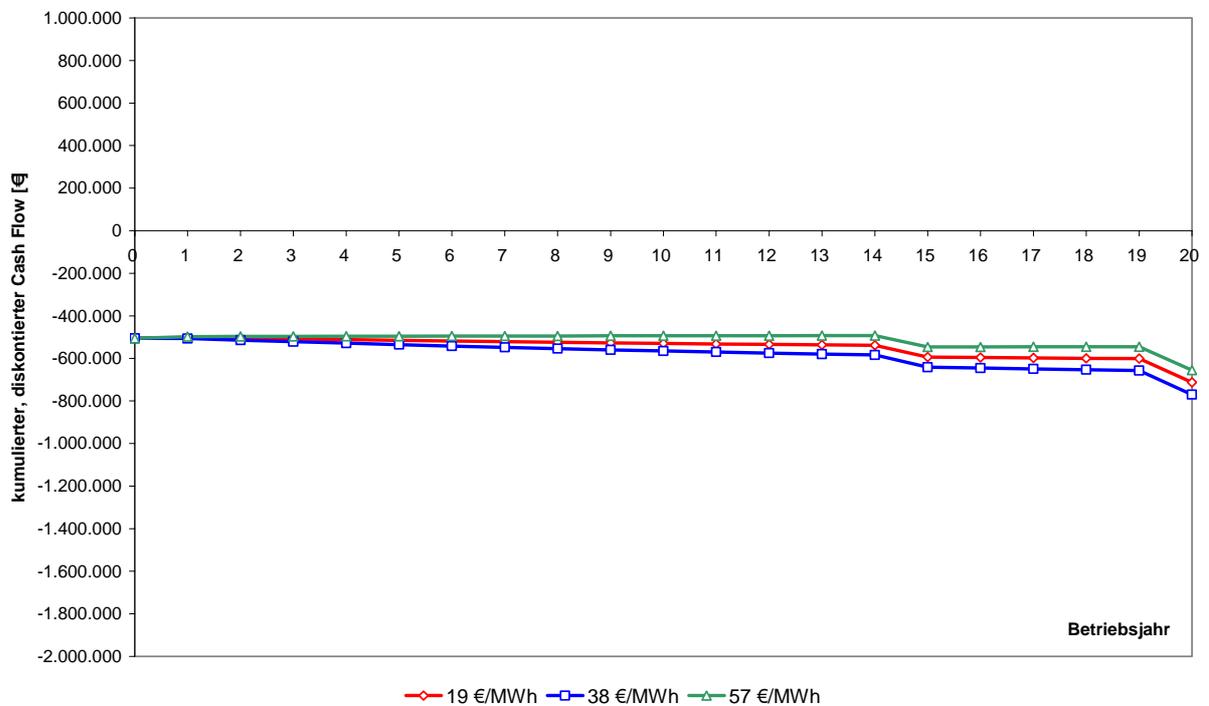


Abbildung 170: Sensitivität Wärmepreis Variante 1

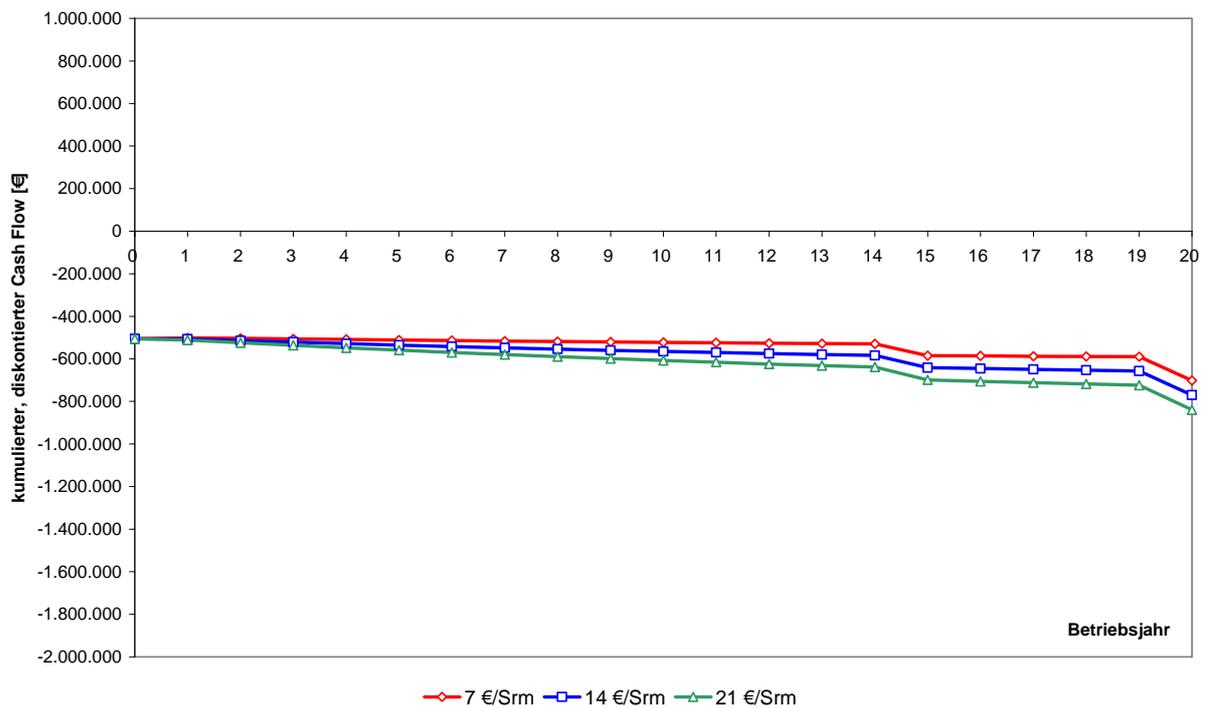


Abbildung 171: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 1

Variante 2 - Wärme + Kälteversorgung des Intersparmarktes sowie Stromerzeugung mit einem 70 kW Stirlingmotor

Da diese Variante technisch nicht realisierbar ist, wurde auch keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Variante 3 - Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Raumwärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 35 kWel Stirlingmotor

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz ab Heizwerk mit folgendem Abnahmeverhalten angesetzt:

$P_{\max} = 1.900 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 494 \text{ kW}$ (=26% von P_{\max})

$P_{\min} = 114 \text{ kW}$ (=6% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 92 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge	Anteil
Thermische Energie ab Kessel	1.831.949 kWh/a	76%
Elektrische Energie	243.649 kWh/a	10%
Konversionsverluste	337.888 kWh/a	14%
Brennstoffwärme	2.413.486 kWh/a	100%

Tabelle 92: Energiebilanz Variante 3

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge	Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	1.831.949 kWh/a	37%
konventionell bereitgestellt	3.119.358 kWh/a	63%
Gesamtwärmebedarf	4.951.307 kWh/a	100%

Tabelle 93: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 3

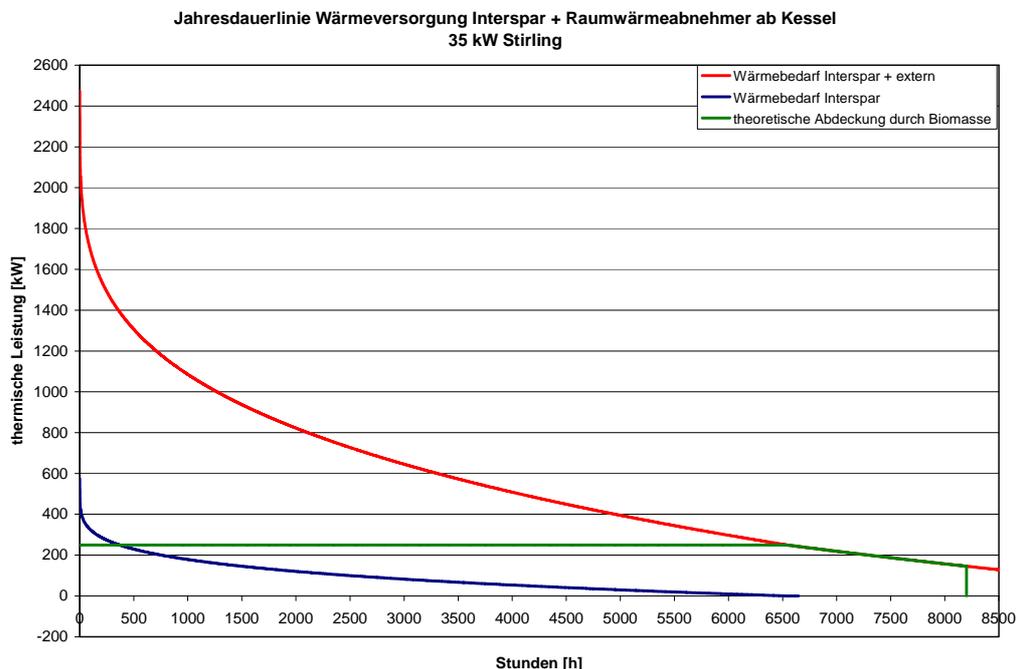


Abbildung 172: Jahresdauerlinie Variante 3

Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 3



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten €/ MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	50.000	2.739	500			3.239	1,56
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	1,25
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,31
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,31
Fernwärmenetz	769.500	43.293	7.695			50.988	24,57
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	114.000	9.148	3.420			12.568	6,05
Rauchgasreinigung	10.000	802	200			1.002	0,48
Aschebehälter und -förderung	12.000	963	360			1.323	0,64
Wärmerückgewinnung	21.000	1.685	420			2.105	1,01
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	2,12
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	20.000	1.605	400			2.005	0,97
H-Installation	25.000	2.006	500			2.506	1,21
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	32.000	2.568	320			2.888	1,39
KWK-Modul	98.000	9.442	1.864			11.305	5,45
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	162.695	11.636				11.636	5,61
Sonstiges	35.000	2.808	700			3.508	1,69
Brennstoffkosten							
Biomasse				41.644		41.644	20,06
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	6,02
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				3.757		3.757	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					10.144	10.144	4,89
Zusätzliche Betriebskosten					1.287	1.287	0,62
Betriebsmittel KWK					234	234	0,11
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	1.449.195	95.191	18.179	45.401	24.165	182.935	88,14
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		45,86	8,76	21,87	11,64		88,14
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		35,18	8,76	21,87	11,64		77,45

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	48	€/MWh
Stromerlös	160	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	61	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	1.831.949	kWh/a	7.328 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	243.649	kWh/a	6.961 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	2.075.598	kWh/a	

Tabelle 94: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 3

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

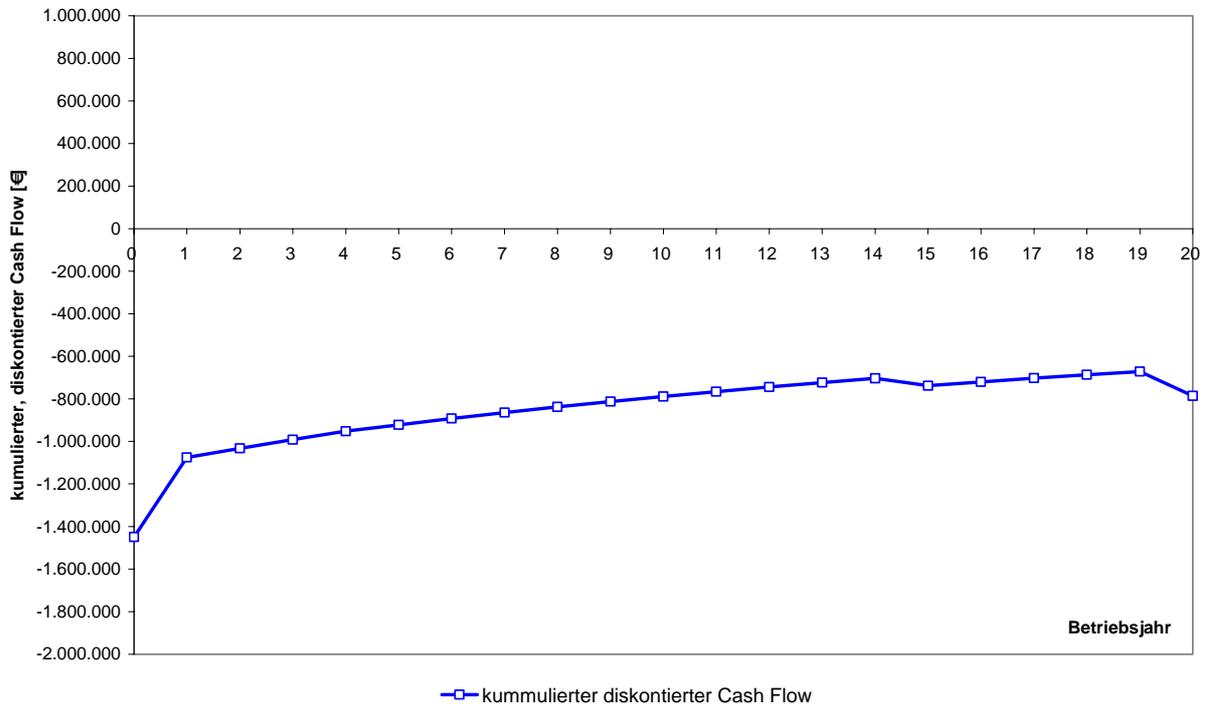


Abbildung 173: CDCF Variante 3

Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

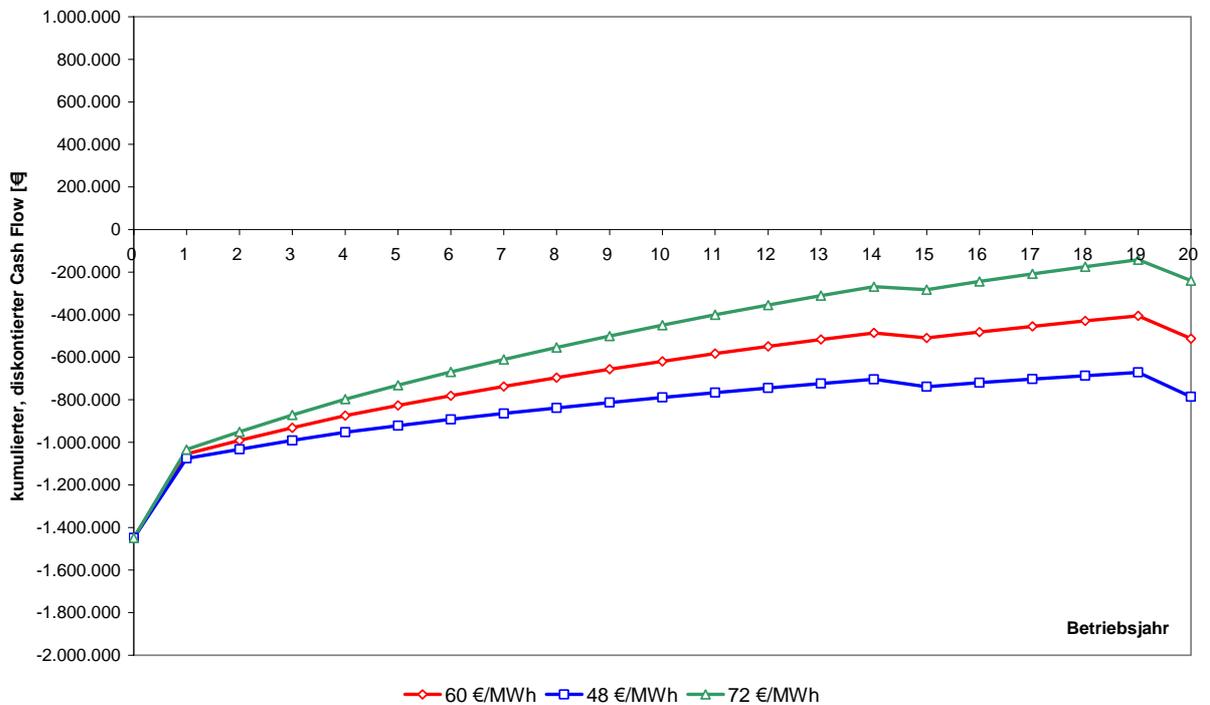


Abbildung 174: Sensitivität Wärmepreis Variante 3

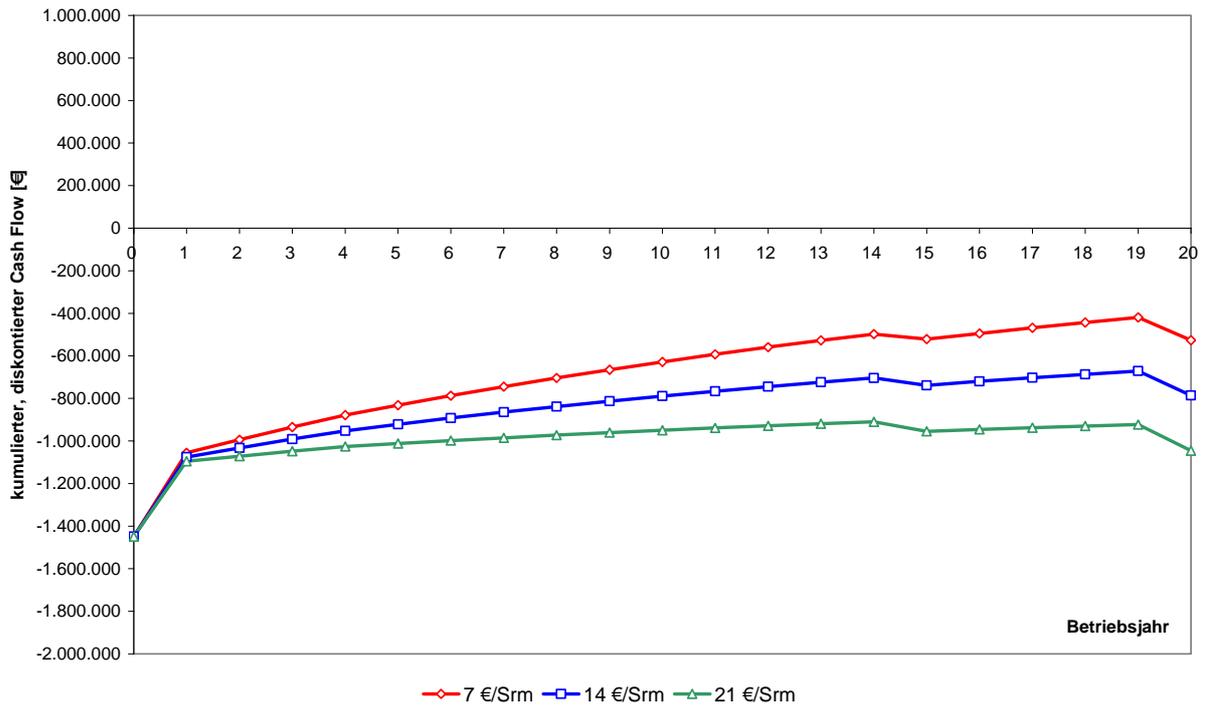


Abbildung 175: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 3

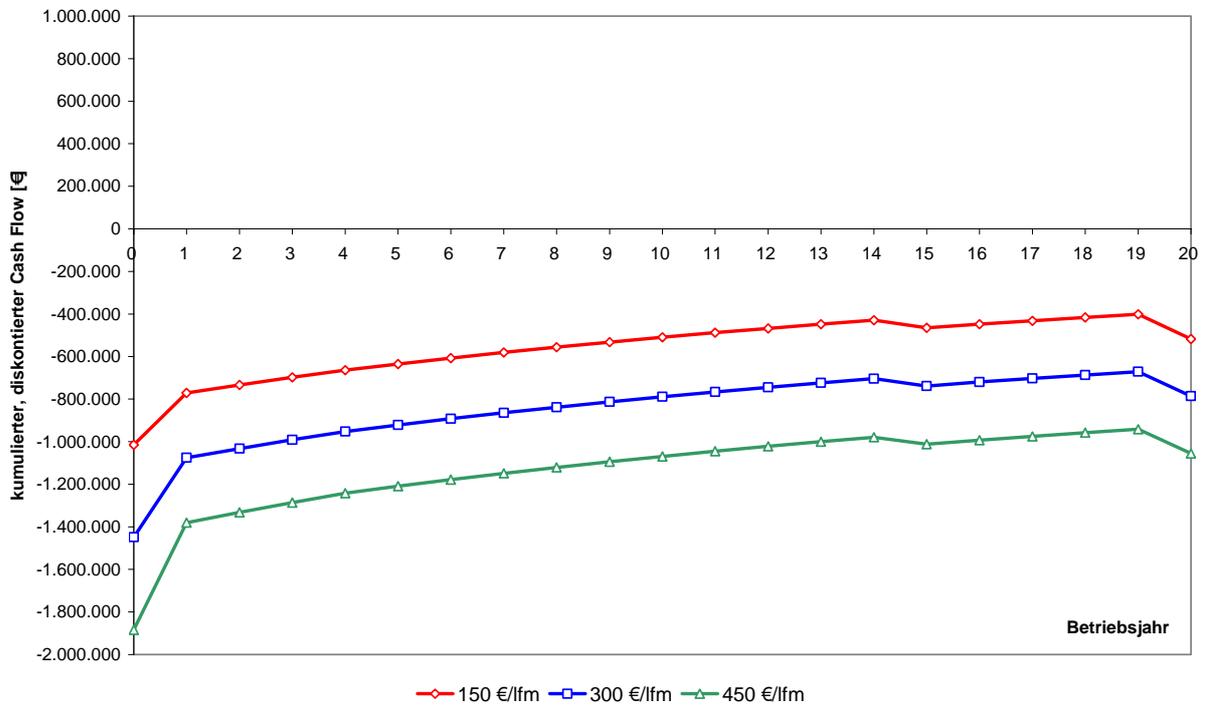


Abbildung 176: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 3

Variante 4 - Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Fernwärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70 kWel Stirlingmotor

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz mit folgendem Abnahmeverhalten ab Heizwerk angesetzt:

$P_{\max} = 1.900 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 494 \text{ kW}$ (=26% von P_{\max})

$P_{\min} = 114 \text{ kW}$ (=6% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 95 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie (siehe Abbildung 177) der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	3.053.887	kWh/a	76%
Elektrische Energie	406.167	kWh/a	10%
Konversionsverluste	563.265	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	4.023.319	kWh/a	100%

Tabelle 95: Energiebilanz Variante 4

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	3.053.887	kWh/a	62%
konventionell bereitgestellt	1.897.420	kWh/a	38%
Gesamtwärmebedarf	4.951.307	kWh/a	100%

Tabelle 96: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 4

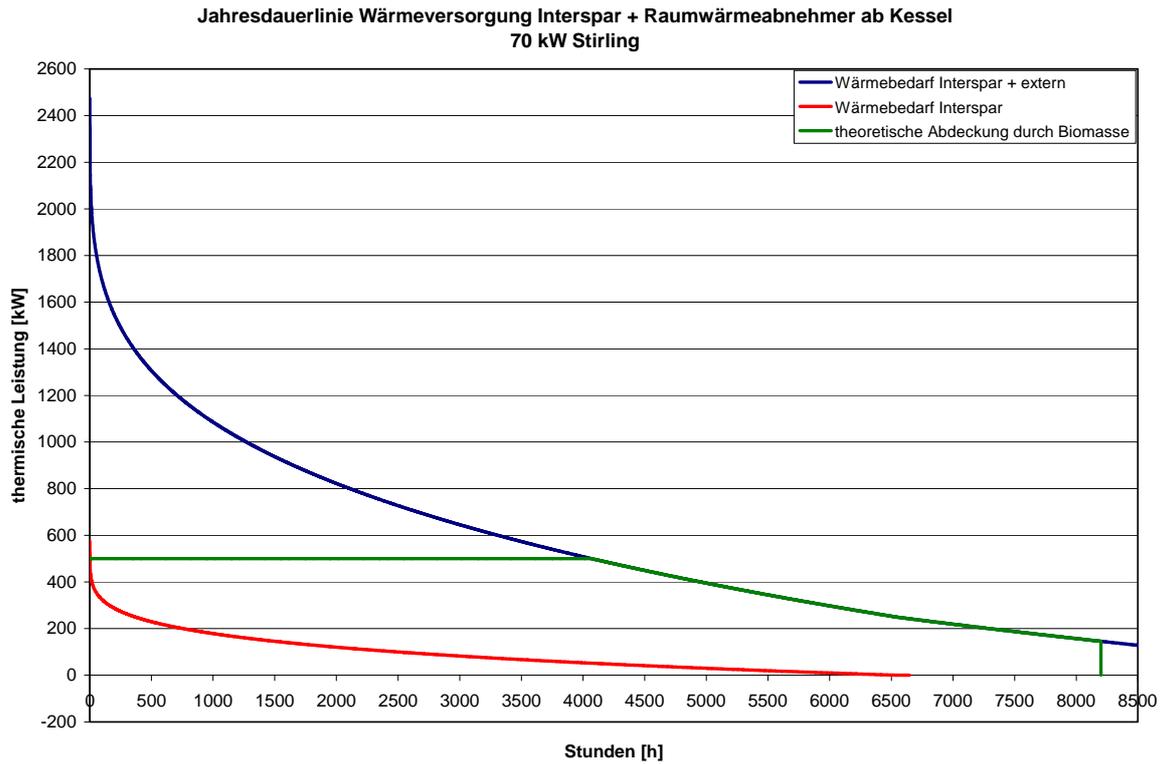


Abbildung 177: Jahresdauerlinie Variante 4

Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 4



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten €/ MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	60.000	3.287	600			3.887	1,12
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	0,75
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,19
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,19
Fernwärmenetz	769.500	43.293	7.695			50.988	14,74
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	175.000	14.042	5.250			19.292	5,58
Rauchgasreinigung	13.000	1.043	260			1.303	0,38
Aschebehälter und -förderung	18.000	1.444	540			1.984	0,57
Wärmerückgewinnung	32.000	2.568	640			3.208	0,93
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	1,27
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	25.000	2.006	500			2.506	0,72
H-Installation	30.000	2.407	600			3.007	0,87
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	32.000	2.568	320			2.888	0,83
KWK-Modul	150.000	14.451	2.743			17.195	4,97
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	182.585	13.198				13.198	3,81
Sonstiges	50.000	4.012	1.000			5.012	1,45
Brennstoffkosten							
Biomasse				69.421		69.421	20,06
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	3,61
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				6.263		6.263	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					11.460	11.460	3,31
Zusätzliche Betriebskosten					2.145	2.145	0,62
Betriebsmittel KWK					298	298	0,09
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	1.637.085	110.816	21.948	75.683	26.403	234.851	67,87
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		32,03	6,34	21,87	7,63		67,87
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		25,30	6,34	21,87	7,63		61,15

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	48	€/MWh
Stromerlös	160	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	61	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	3.053.887	kWh/a	6.108 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	406.167	kWh/a	5.802 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	3.460.054	kWh/a	
Wärmeverluste Netz	-	kWh/a	
mit Biomasse erzeugt	3.460.054	kWh/a	
Spitzenlastabdeckung	-	kWh/a	

Tabelle 97: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 4

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

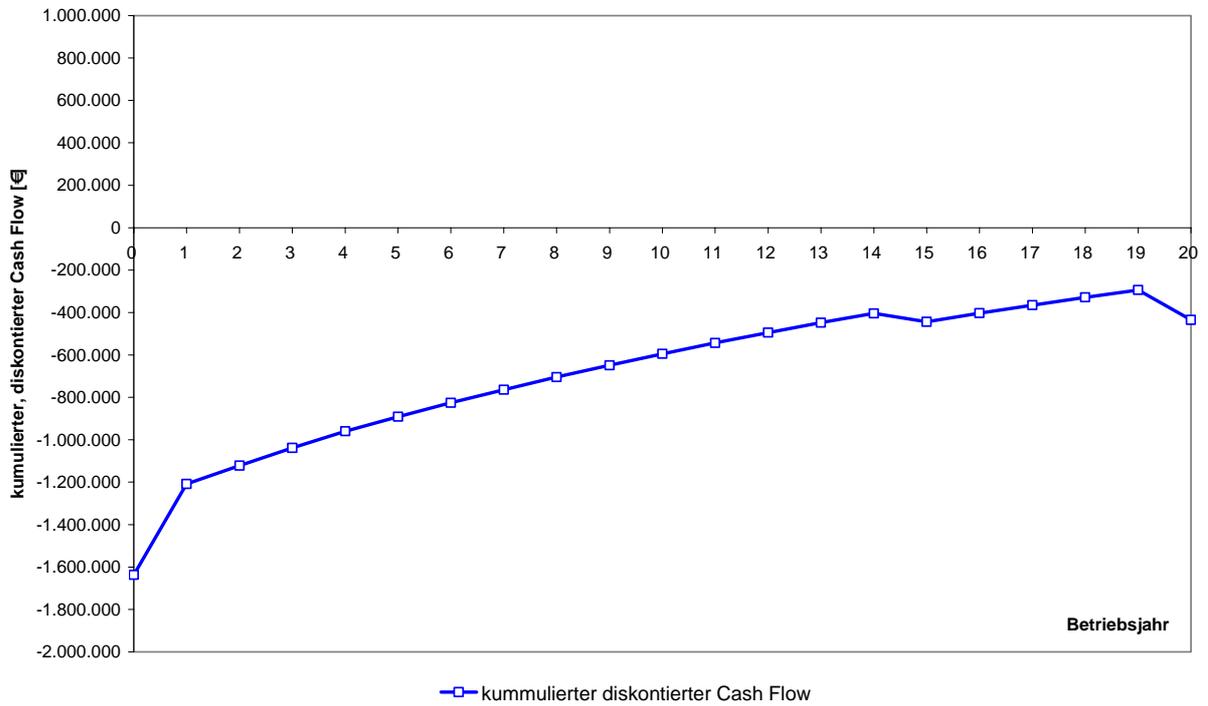


Abbildung 178: CDCF Variante 4

Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

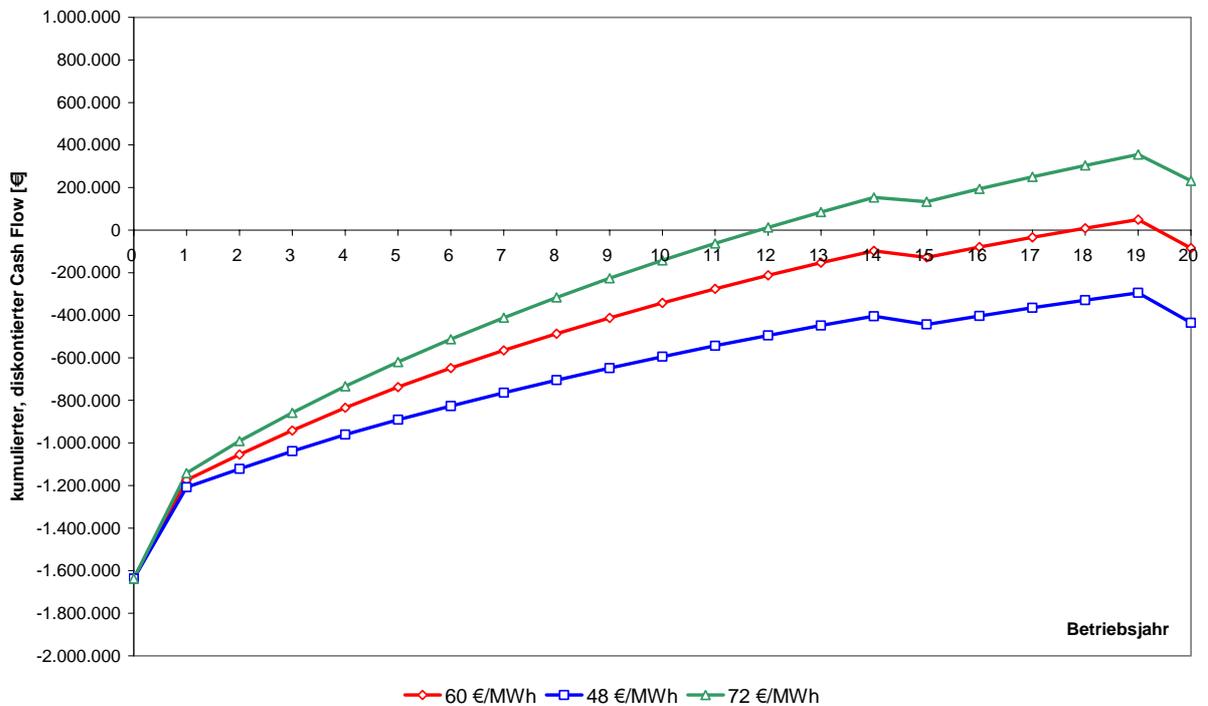


Abbildung 179: Sensitivität Wärmepreis Variante 4

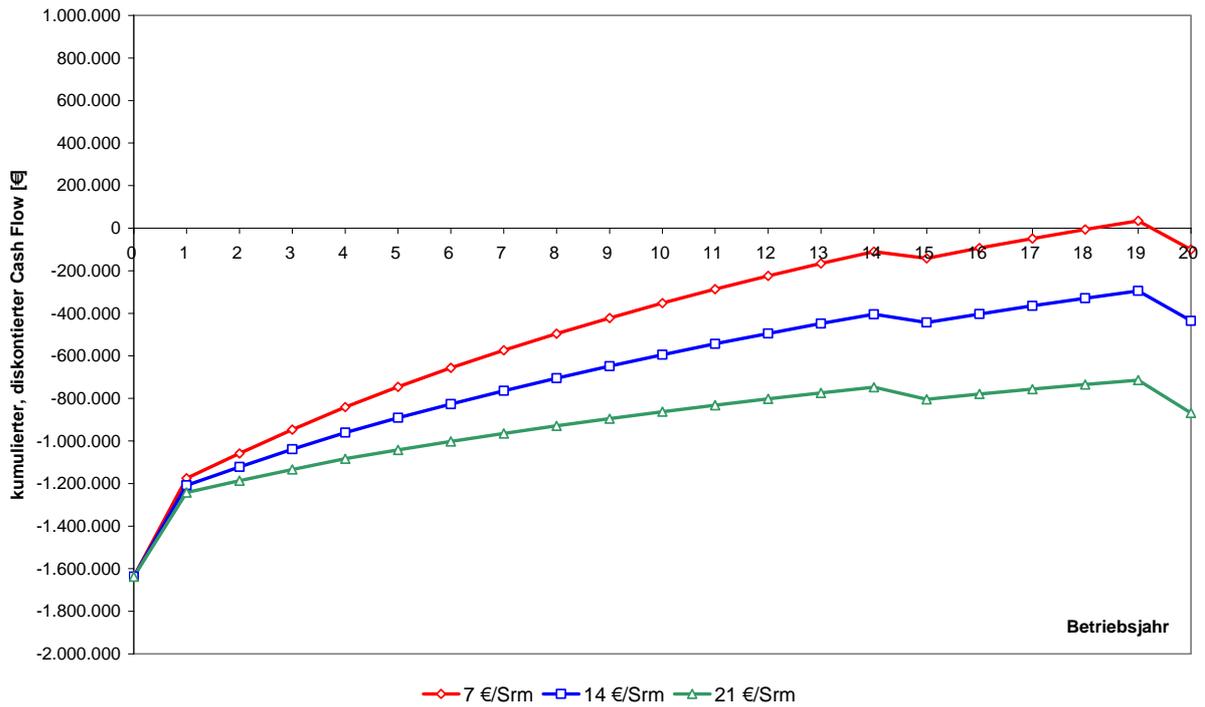


Abbildung 180: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 4

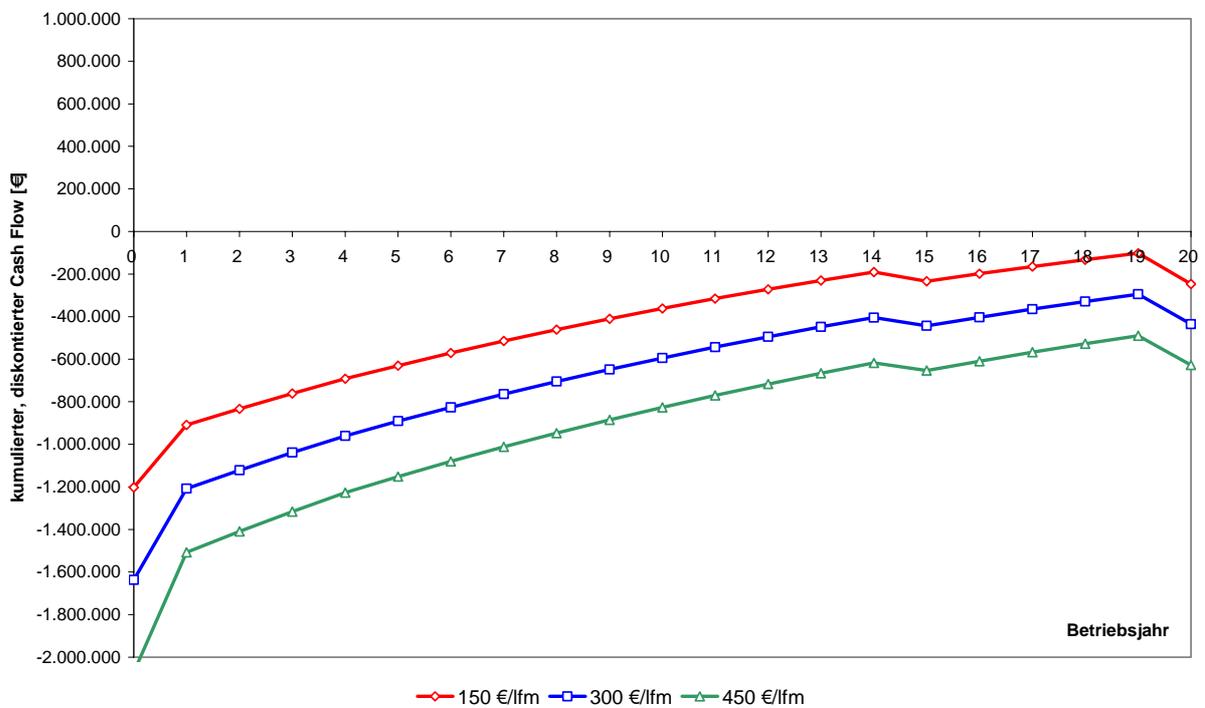


Abbildung 181: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 4

Variante 5 - Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Fern- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 35 kWel Stirlingmotor

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz ab Heizwerk mit folgendem Abnahmeverhalten angesetzt:

$P_{\max} = 950 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 475 \text{ kW}$ (=50% von P_{\max})

$P_{\min} = 285 \text{ kW}$ (=30% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 98 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie (siehe Abbildung 182) der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	1.915.439	kWh/a	76%
Elektrische Energie	254.753	kWh/a	10%
Konversionsverluste	353.287	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	2.523.480	kWh/a	100%

Tabelle 98: Energiebilanz Variante 5

Diese Energiemengen berücksichtigen im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	1.915.439	kWh/a	40%
konventionell bereitgestellt	2.868.825	kWh/a	60%
Gesamtwärmebedarf	4.784.264	kWh/a	100%

Tabelle 99: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 5

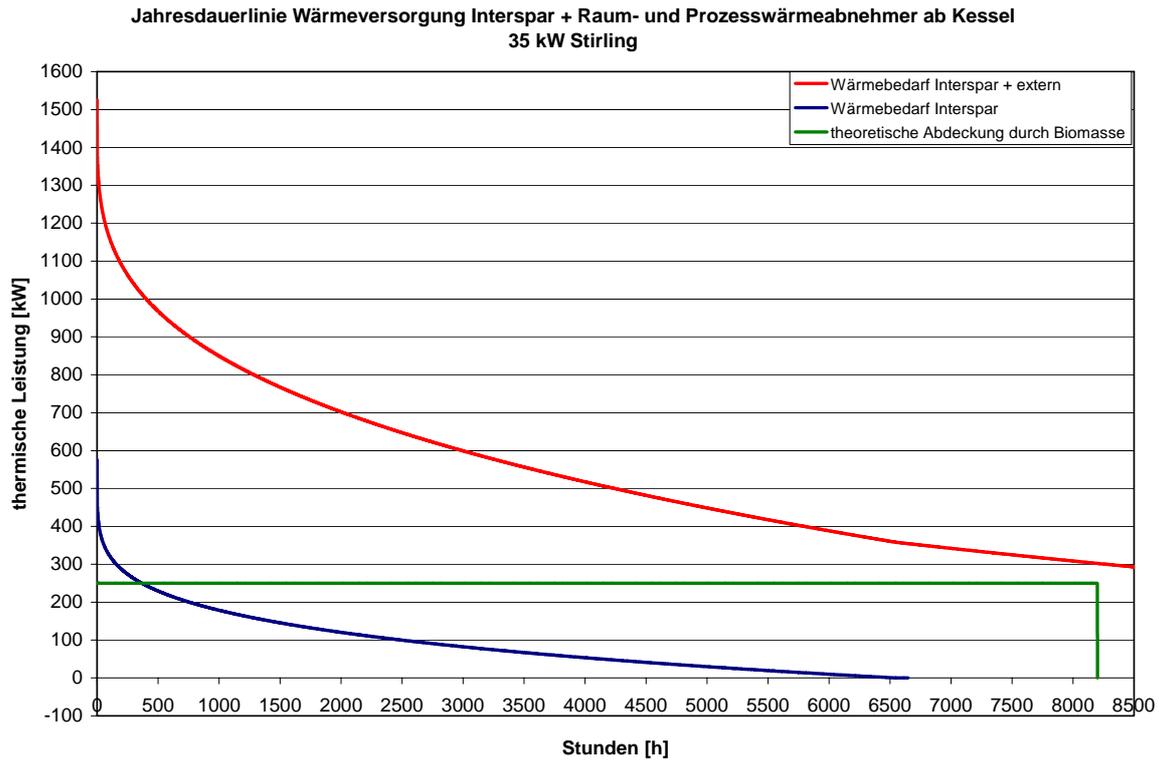


Abbildung 182: Jahresdauerlinie Variante 5

Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 5



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten €/ MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	50.000	2.739	500			3.239	1,49
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	1,19
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,30
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,30
Fernwärmenetz	384.750	21.647	3.848			25.494	11,75
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	114.000	9.148	3.420			12.568	5,79
Rauchgasreinigung	10.000	802	200			1.002	0,46
Aschebehälter und -förderung	12.000	963	360			1.323	0,61
Wärmerückgewinnung	21.000	1.685	420			2.105	0,97
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	2,03
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	20.000	1.605	400			2.005	0,92
H-Installation	25.000	2.006	500			2.506	1,15
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	17.000	1.364	170			1.534	0,71
KWK-Modul	98.000	9.442	1.882			11.323	5,22
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	110.728	7.949				7.949	3,66
Sonstiges	35.000	2.808	700			3.508	1,62
Brennstoffkosten							
Biomasse				43.542		43.542	20,06
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	5,76
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				3.928		3.928	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					6.982	6.982	3,22
Zusätzliche Betriebskosten					1.345	1.345	0,62
Betriebsmittel KWK					244	244	0,11
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	997.478	68.654	14.199	47.470	21.072	151.394	69,76
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		31,63	6,54	21,87	9,71		69,76
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		25,09	6,54	21,87	9,71		63,21

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	43	€/MWh
Stromerlös	160	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	57	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	1.915.439	kWh/a	7.662 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	254.753	kWh/a	7.279 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	2.170.192	kWh/a	
Wärmeverluste Netz	-	kWh/a	
mit Biomasse erzeugt	2.170.192	kWh/a	
Spitzenlastabdeckung	-	kWh/a	

Tabelle 100: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 5

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

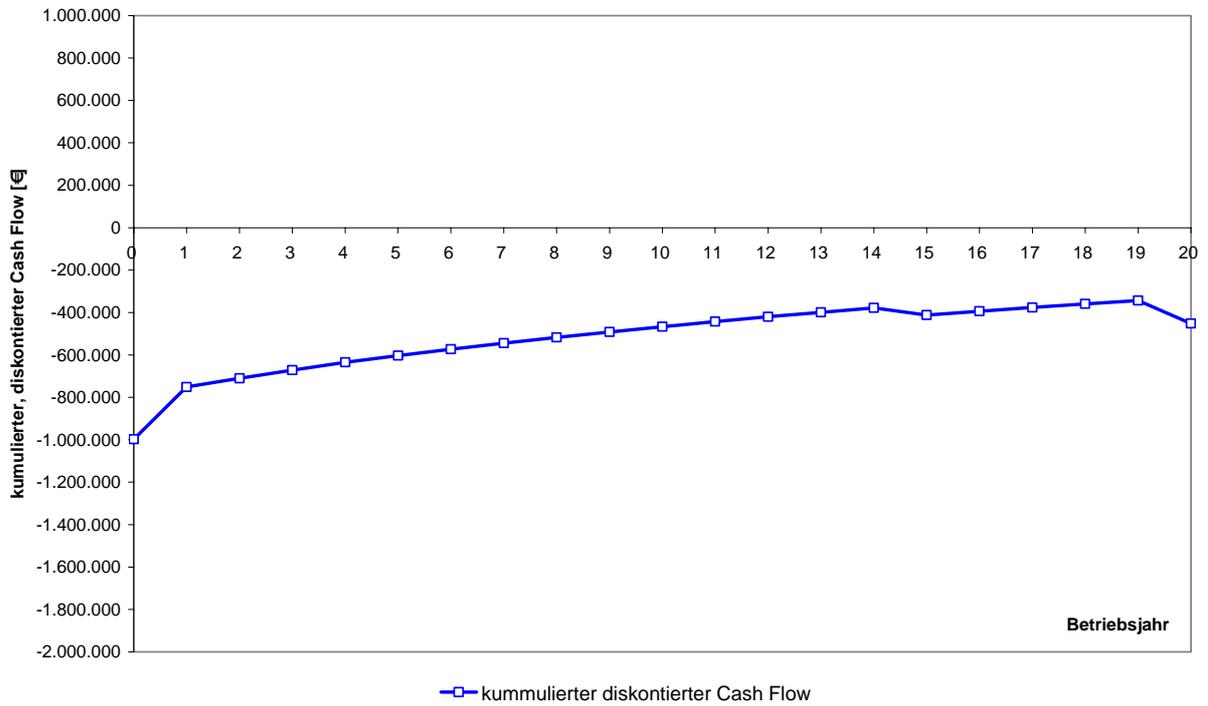


Abbildung 183: CDCF Variante 5
Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

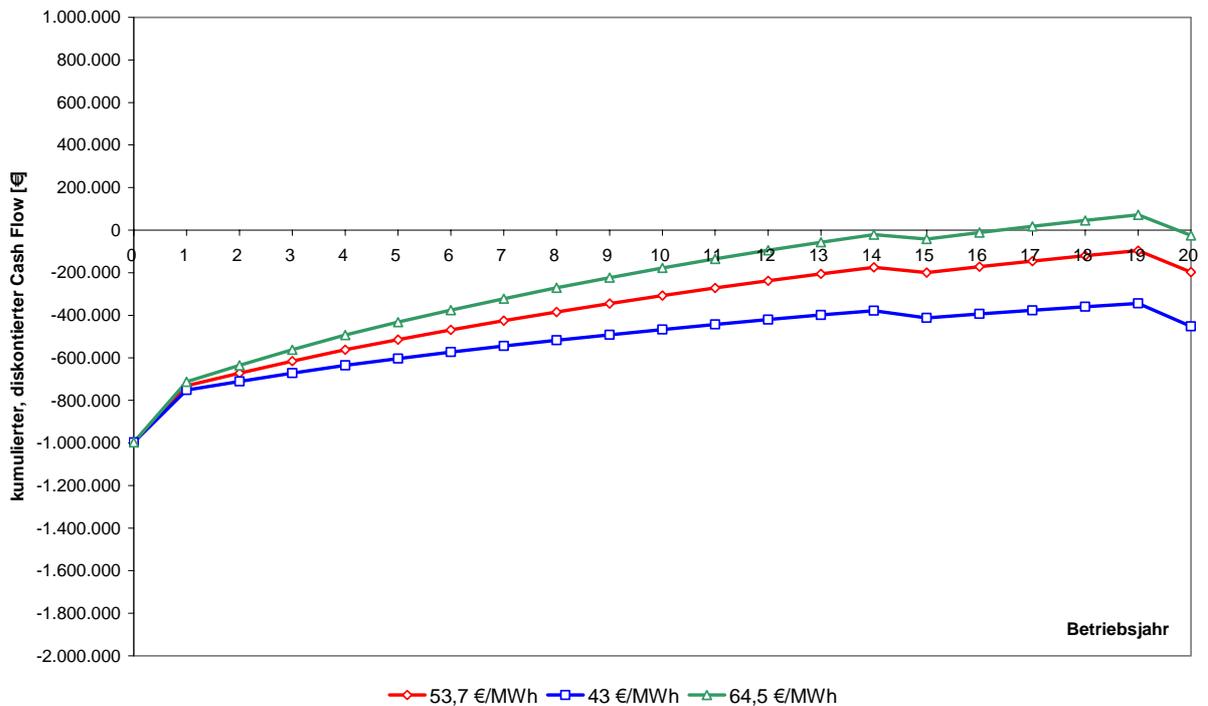


Abbildung 184: Sensitivität Wärmepreis Variante 5

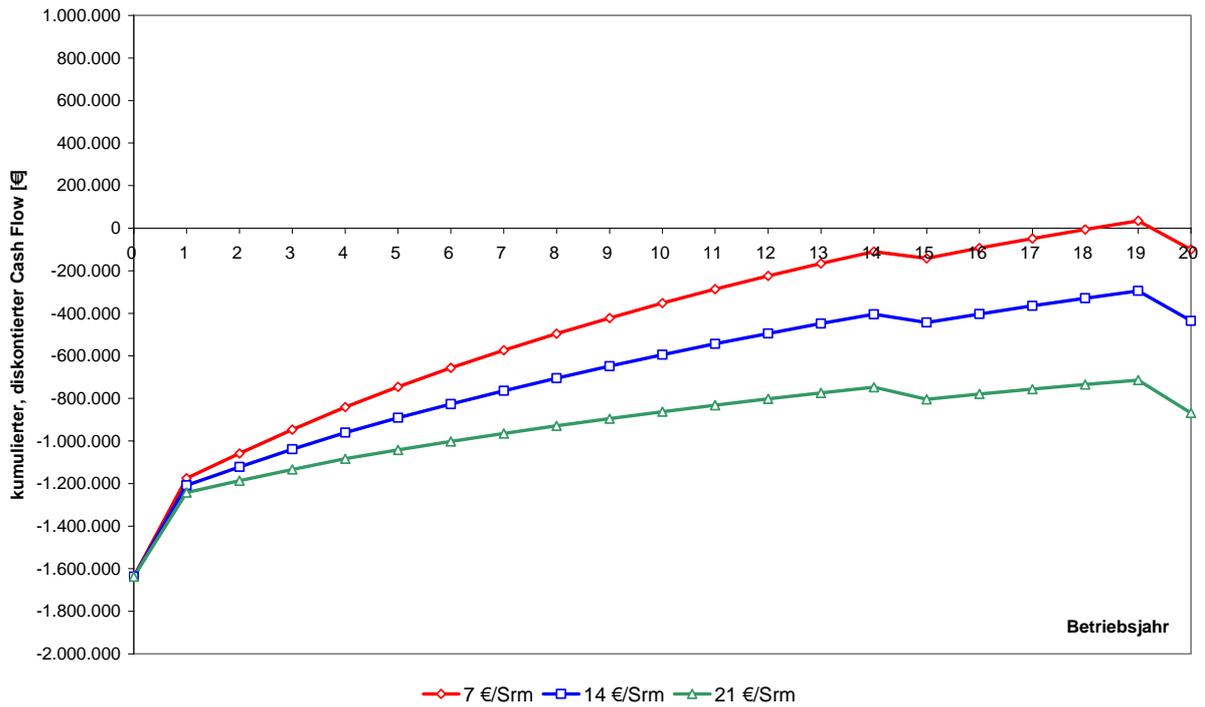


Abbildung 185: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 5

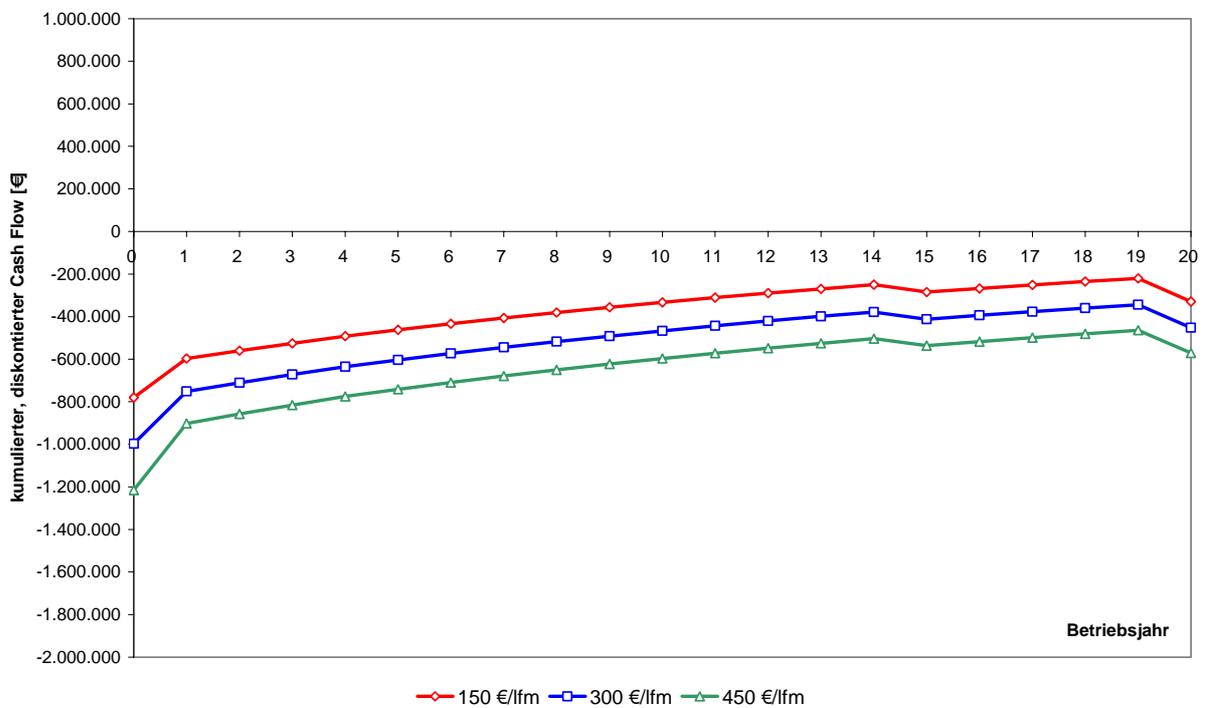


Abbildung 186: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 5

Variante 6 - Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Fern- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70 kWel Stirlingmotor

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz mit folgendem Abnahmeverhalten angesetzt:

$P_{\max} = 950 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 475 \text{ kW}$ (=50% von P_{\max})

$P_{\min} = 285 \text{ kW}$ (=30% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 101 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie in Abbildung 187 der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	3.407.414	kWh/a	76%
Elektrische Energie	453.186	kWh/a	10%
Konversionsverluste	628.470	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	4.489.070	kWh/a	100%

Tabelle 101: Energiebilanz Variante 6

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	3.407.414	kWh/a	71%
konventionell bereitgestellt	1.376.850	kWh/a	29%
Gesamtwärmebedarf	4.784.264	kWh/a	100%

Tabelle 102: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 6

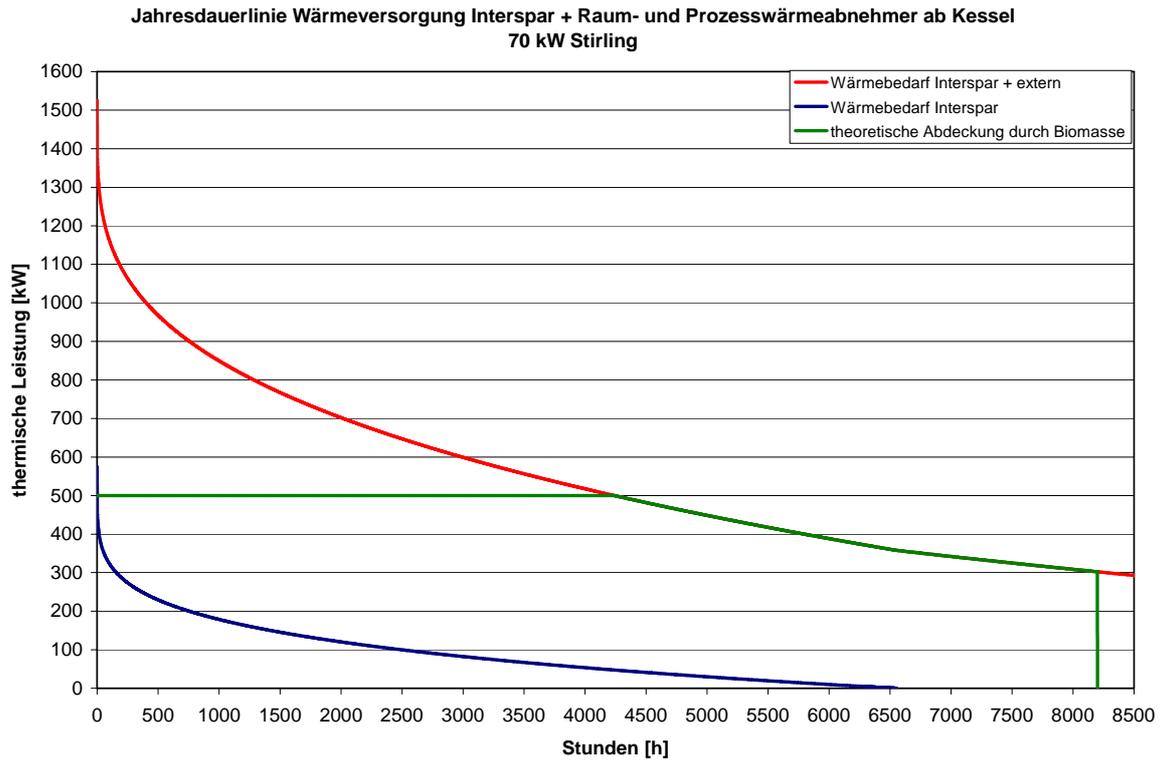


Abbildung 187: Jahresdauerlinie Variante 6

Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 6



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten €/ MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	60.000	3.287	600			3.887	1,01
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	0,67
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,17
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,17
Fernwärmenetz	384.750	21.647	3.848			25.494	6,60
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	175.000	14.042	5.250			19.292	5,00
Rauchgasreinigung	13.000	1.043	260			1.303	0,34
Aschebehälter und -förderung	18.000	1.444	540			1.984	0,51
Wärmerückgewinnung	32.000	2.568	640			3.208	0,83
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	1,14
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	25.000	2.006	500			2.506	0,65
H-Installation	30.000	2.407	600			3.007	0,78
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	17.000	1.364	170			1.534	0,40
KWK-Modul	150.000	14.451	2.808			17.260	4,47
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	130.618	9.510				9.510	2,46
Sonstiges	50.000	4.012	1.000			5.012	1,30
Brennstoffkosten							
Biomasse				77.457		77.457	20,06
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	3,24
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				6.988		6.988	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					8.298	8.298	2,15
Zusätzliche Betriebskosten					2.393	2.393	0,62
Betriebsmittel KWK					333	333	0,09
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	1.185.368	84.279	18.016	84.445	23.523	210.262	54,46
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		21,83	4,67	21,87	6,09		54,46
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		17,90	4,67	21,87	6,09		50,53

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	43	€/MWh
Stromerlös	160	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	57	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	3.407.414	kWh/a	6.815 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	453.186	kWh/a	6.474 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	3.860.600	kWh/a	
Wärmeverluste Netz	-	kWh/a	
mit Biomasse erzeugt	3.860.600	kWh/a	
Spitzenlastabdeckung	-	kWh/a	

Tabelle 103: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 6

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

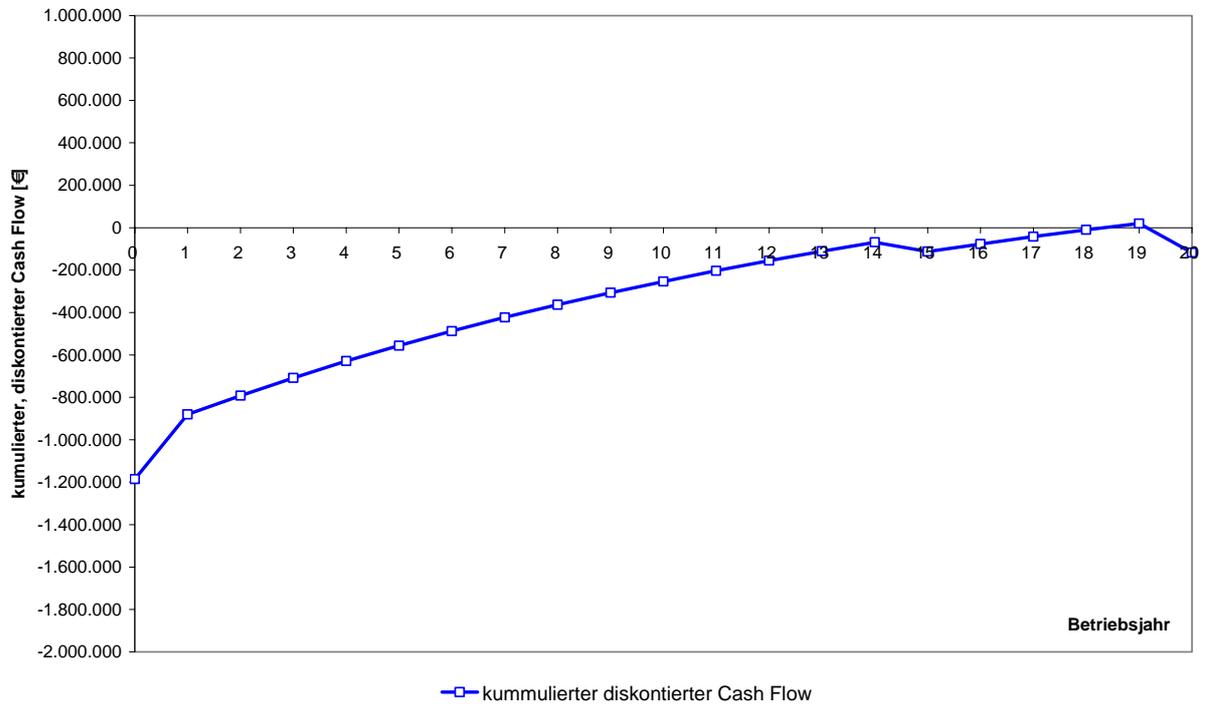


Abbildung 188: CDCF Variante 6
Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

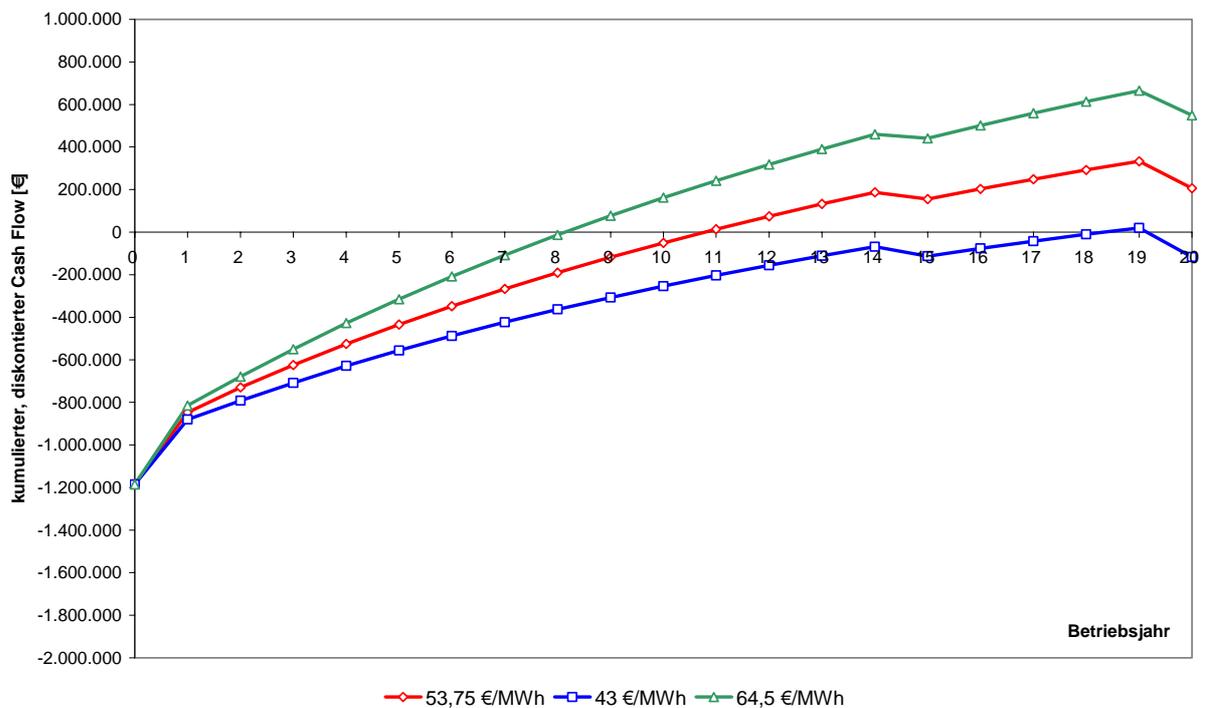


Abbildung 189: Sensitivität Wärmepreis Variante 6

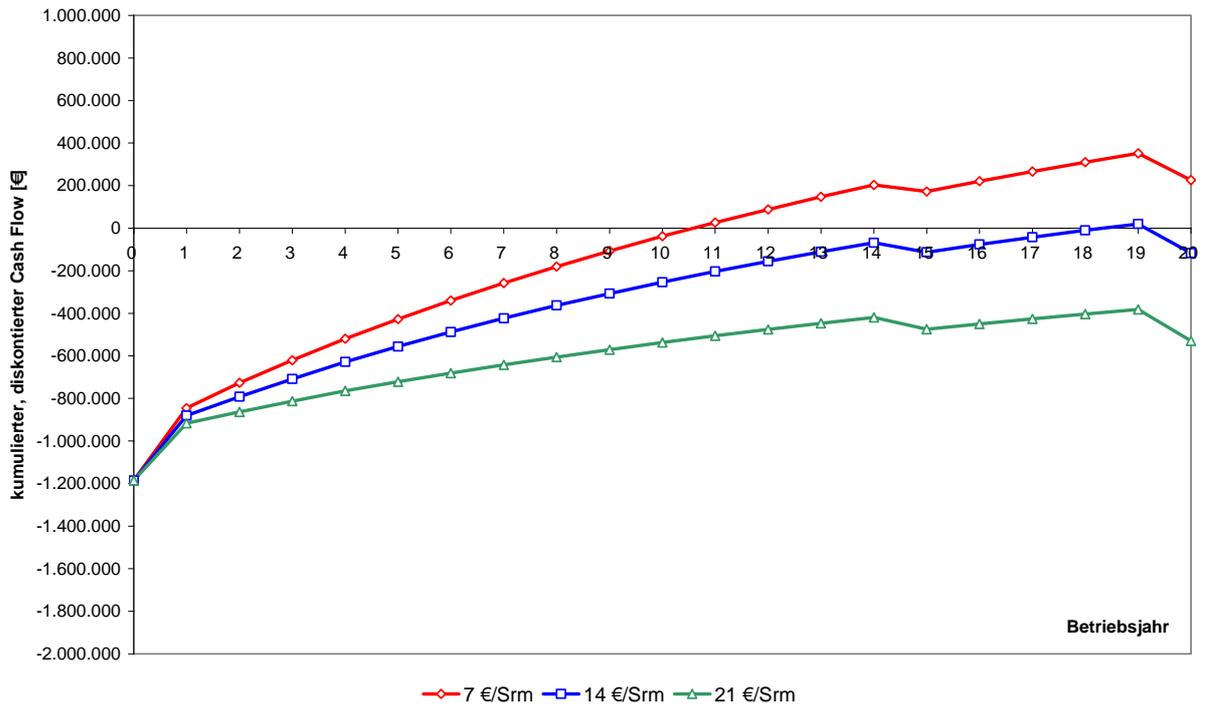


Abbildung 190: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 6

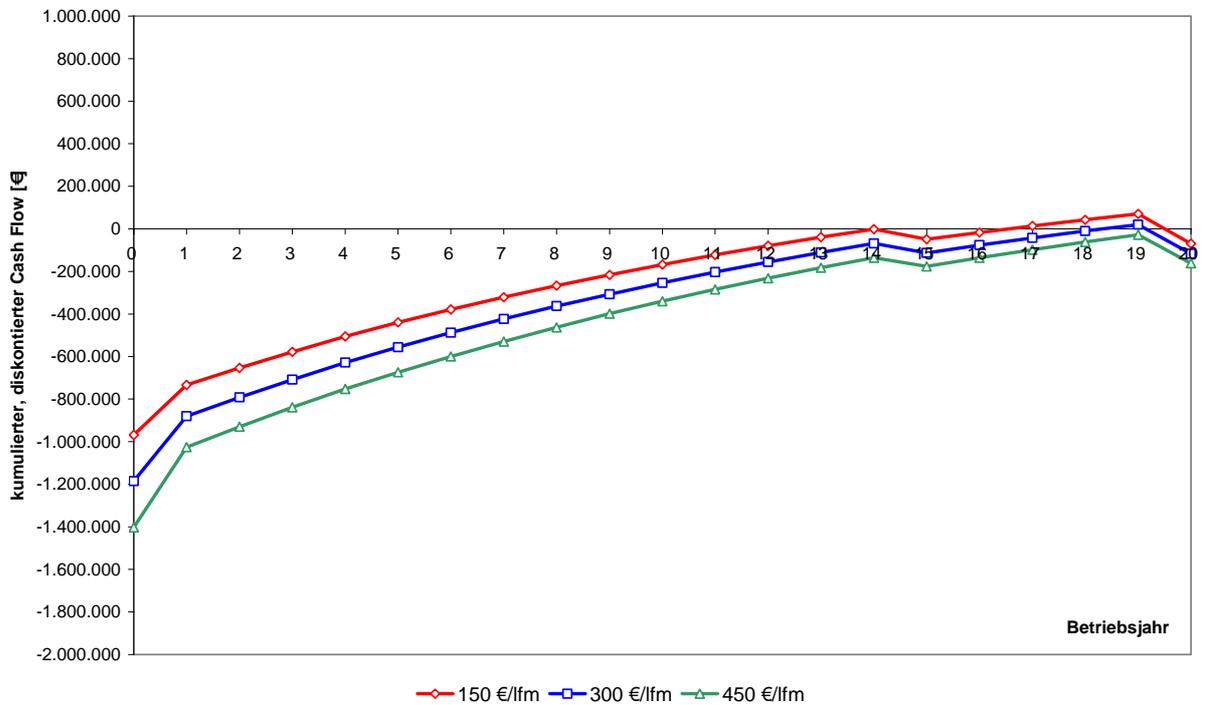


Abbildung 191: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 6

Variante 7 - Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Fern- und Prozesswärmeabnehmer sowie Stromerzeugung mit einem 70 kWel Stirlingmotor – inkl. berücksichtigtem Optimierungspotential

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz mit folgendem Abnahmeverhalten angesetzt:

$P_{\max} = 950 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 475 \text{ kW}$ (=50% von P_{\max})

$P_{\min} = 285 \text{ kW}$ (=30% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 104 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie in Abbildung 192 der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	3.638.905	kWh/a	76%
Elektrische Energie	489.433	kWh/a	10%
Konversionsverluste	672.055	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	4.800.393	kWh/a	100%

Tabelle 104: Energiebilanz Variante 7

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	3.638.905	kWh/a	76%
konventionell bereitgestellt	1.145.359	kWh/a	24%
Gesamtwärmebedarf	4.784.264	kWh/a	100%

Tabelle 105: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 7

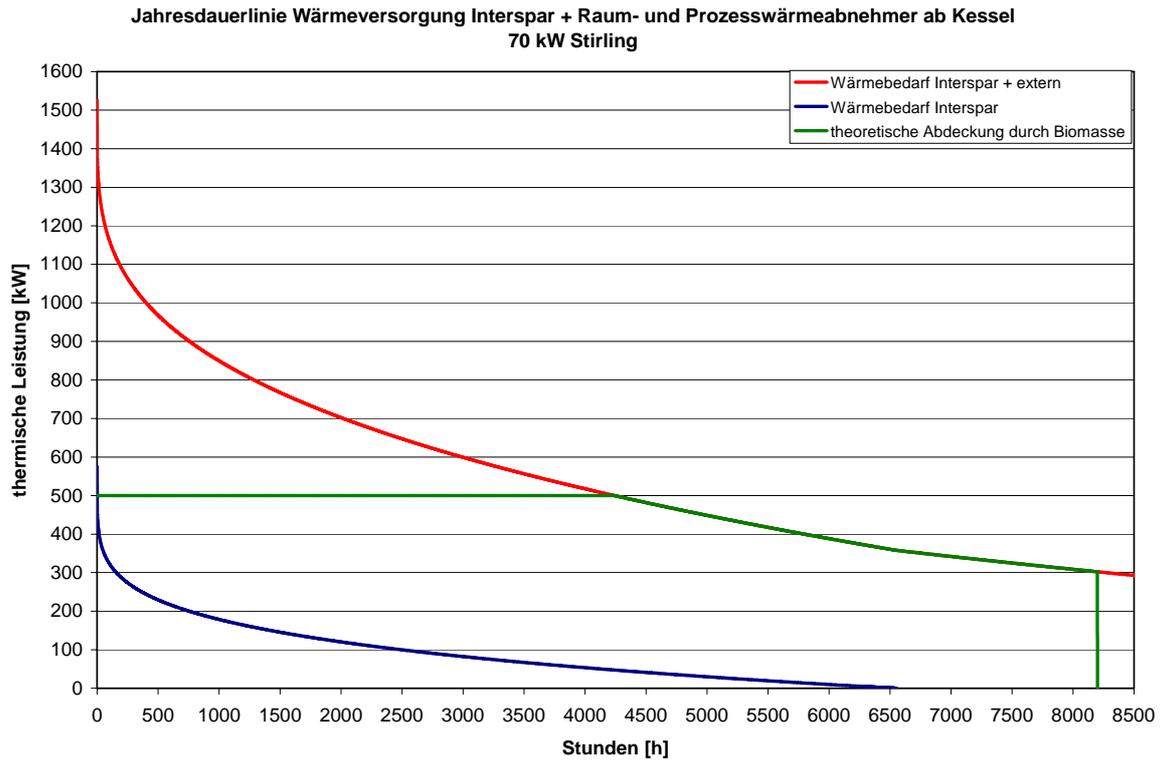


Abbildung 192: Jahresdauerlinie Variante 7

Die Jahresdauerlinie ist ident mit jener von Variante 6. Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 7



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten € / MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	60.000	3.287	600			3.887	0,94
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	0,63
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,16
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,16
Fernwärmenetz	384.750	21.647	3.848			25.494	6,20
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	175.000	14.042	5.250			19.292	4,69
Rauchgasreinigung	13.000	1.043	260			1.303	0,32
Aschebehälter und -förderung	18.000	1.444	540			1.984	0,48
Wärmerückgewinnung	32.000	2.568	640			3.208	0,78
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	1,07
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	25.000	2.006	500			2.506	0,61
H-Installation	30.000	2.407	600			3.007	0,73
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	17.000	1.364	170			1.534	0,37
KWK-Modul	150.000	14.451	2.836			17.287	4,20
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	130.618	9.510				9.510	2,31
Sonstiges	50.000	4.012	1.000			5.012	1,22
Brennstoffkosten							
Biomasse				60.682		60.682	14,75
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					12.500	12.500	3,04
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				7.445		7.445	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					8.298	8.298	2,02
Zusätzliche Betriebskosten					2.406	2.406	0,58
Betriebsmittel KWK					348	348	0,08
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	1.185.368	84.279	18.044	68.128	23.552	194.002	47,16
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		20,49	4,39	16,56	5,73		47,16
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		16,80	4,39	16,56	5,73		43,48

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	43	€/MWh
Stromerlös	128	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	53	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	3.638.905	kWh/a	7.278 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	474.450	kWh/a	6.778 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	4.113.355	kWh/a	
Wärmeverluste Netz	-	kWh/a	
mit Biomasse erzeugt	4.113.355	kWh/a	
Spitzenlastabdeckung	-	kWh/a	

Tabelle 106: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 7

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

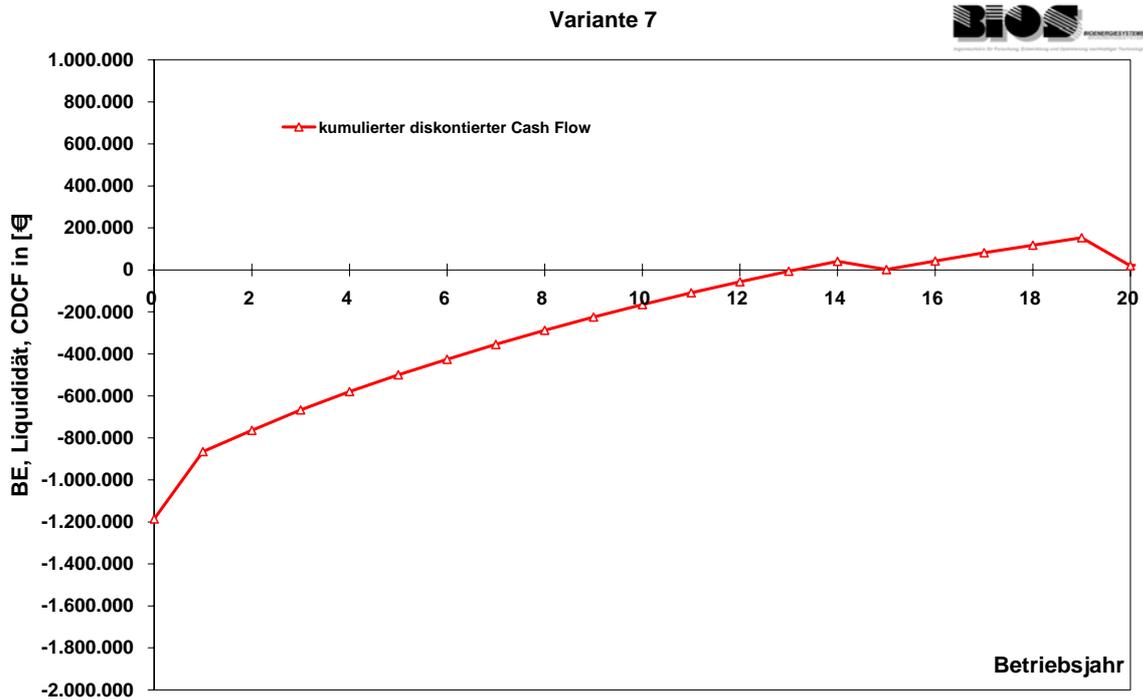


Abbildung 193: CDCF Variante 7

Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

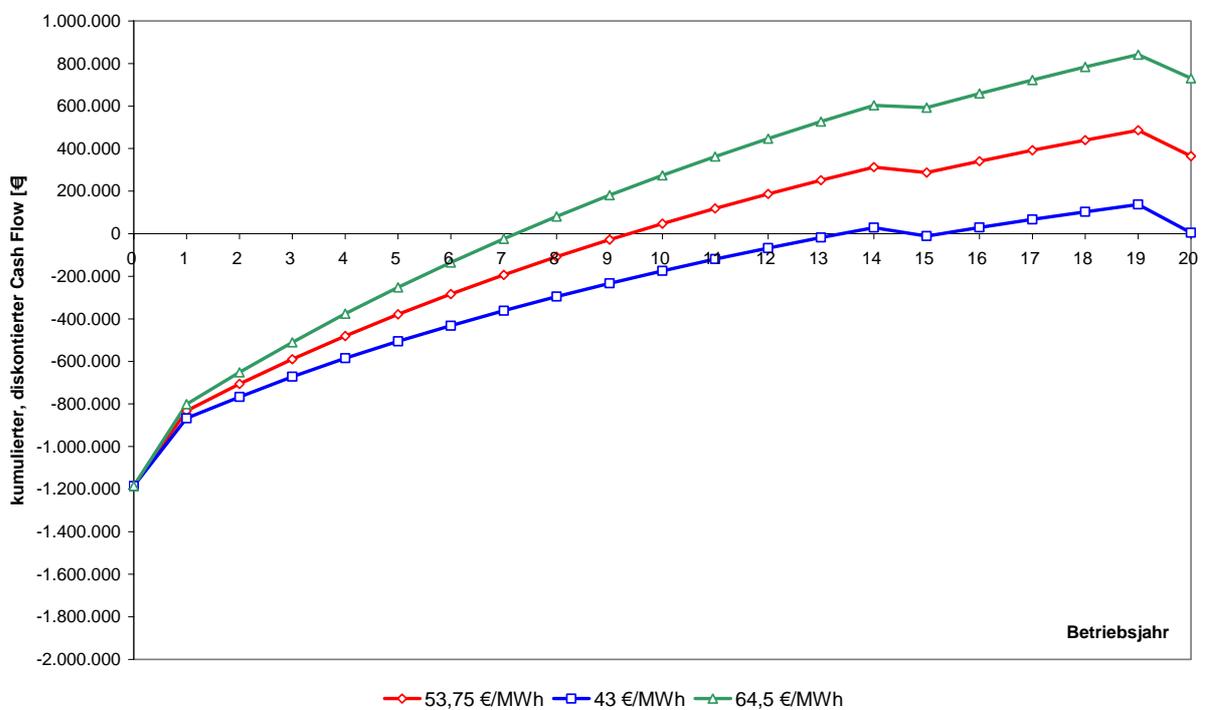


Abbildung 194: Sensitivität Wärmepreis Variante 7

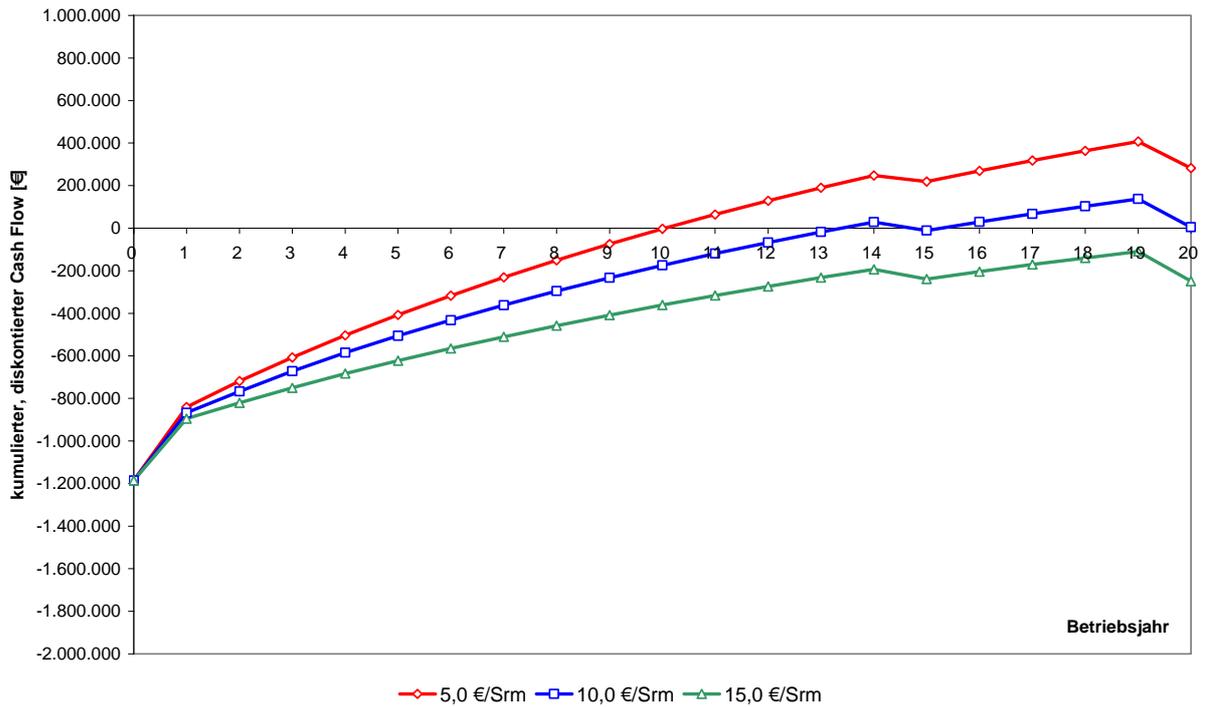


Abbildung 195: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 7

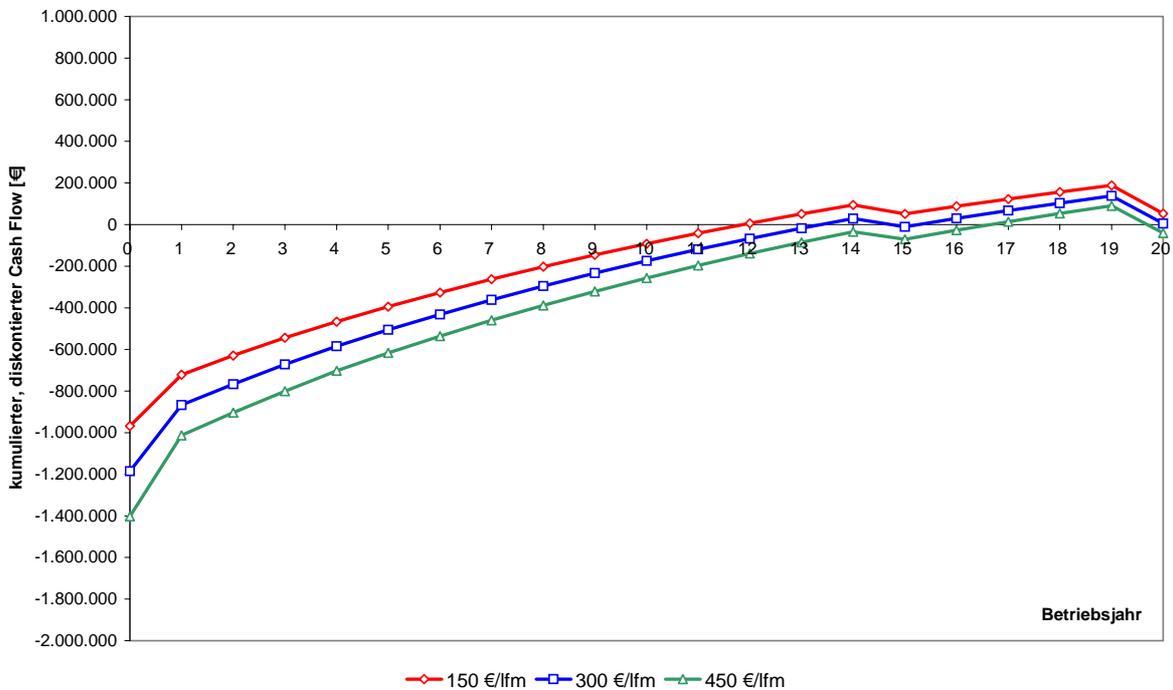


Abbildung 196: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 7

Wärmepreis und Förderquote wurden bei dieser Sensitivität entsprechend den geänderten Investitionskosten angepasst.

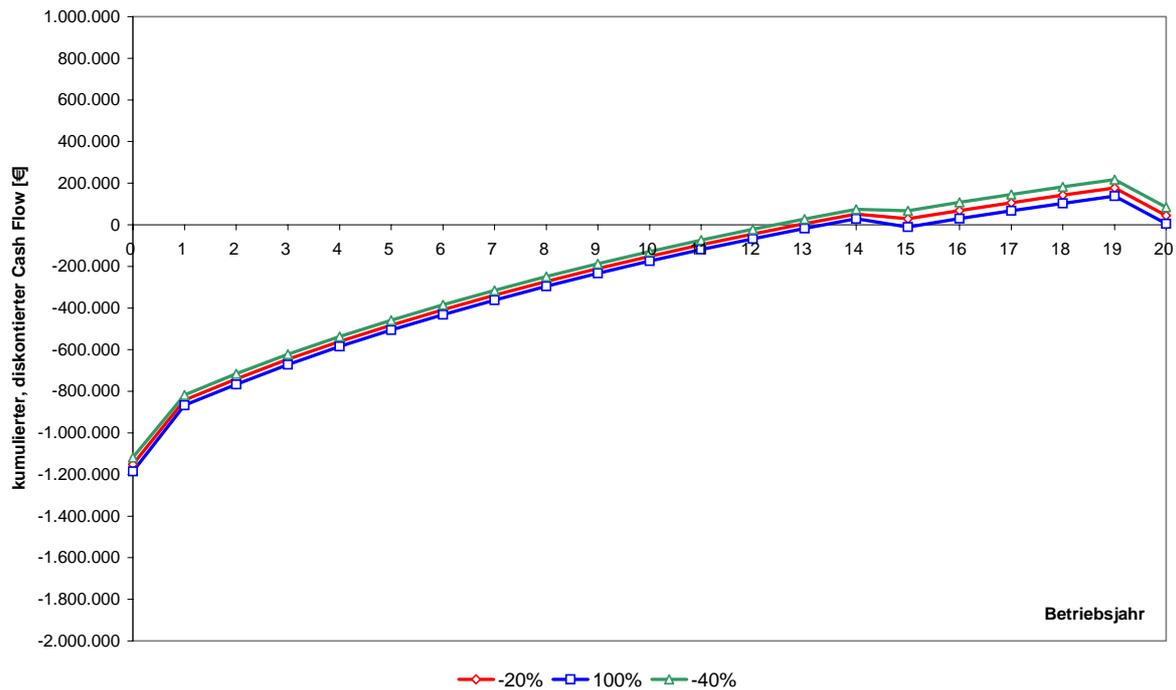


Abbildung 197: Sensitivität Investitionskosten KWK-Modul

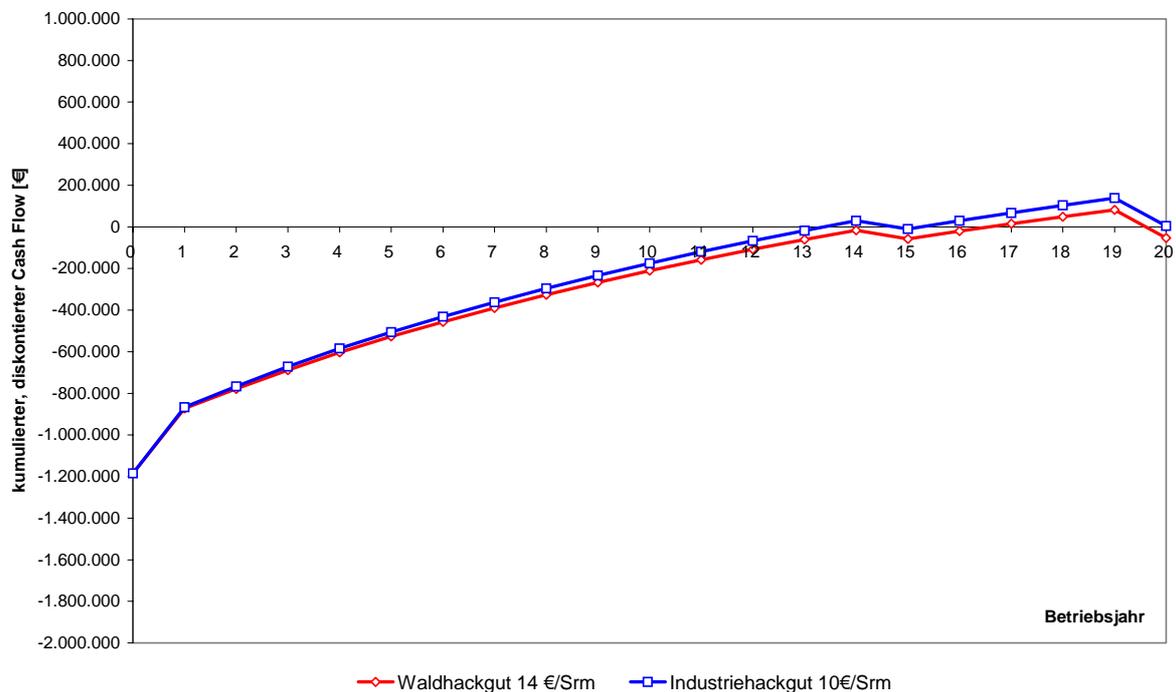


Abbildung 198: Sensitivität Brennstoffart

Der unterschiedliche Stromeinspeisetarife aufgrund des unterschiedlichen Brennstoffes wurde bei dieser Sensitivität mit berücksichtigt.

Variante 8 - reine Wärmeversorgung des Intersparmarktes und zusätzlicher externer Fern- und Prozesswärmeabnehmer – inkl. berücksichtigter Förderung

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung aus Variante 1 wurde ein fiktives Fernwärmenetz ab Heizwerk mit folgendem Abnahmeverhalten angesetzt:

$P_{\max} = 950 \text{ kW}$

$P_{\text{mittel}} = 475 \text{ kW}$ (=50% von P_{\max})

$P_{\min} = 285 \text{ kW}$ (=30% von P_{\max})

Energiebilanz

In Tabelle 107 sind die Energiemengen angeführt, die basierend auf der Jahresdauerlinie in Abbildung 199 der Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt wurden.

	Energiemenge		Anteil
Thermische Energie ab Kessel	4.254.742	kWh/a	86%
Elektrische Energie	0	kWh/a	0%
Konversionsverluste	692.632	kWh/a	14%
Brennstoffwärme	4.947.374	kWh/a	100%

Tabelle 107: Energiebilanz Variante 8

Diese Energiemengen berücksichtigen, im Gegensatz zur dargestellten Dauerlinie, bereits die Wärme- und Stromverluste aufgrund der Stillstandszeiten zur Reinigung der Wärmetauscherflächen des Stirling-Moduls.

	Energiemenge		Anteil
durch Biomasse bereitgestellt	4.254.742	kWh/a	89%
konventionell bereitgestellt	529.522	kWh/a	11%
Gesamtwärmebedarf	4.784.264	kWh/a	100%

Tabelle 108: Energiebedarf und Bereitstellung Variante 8

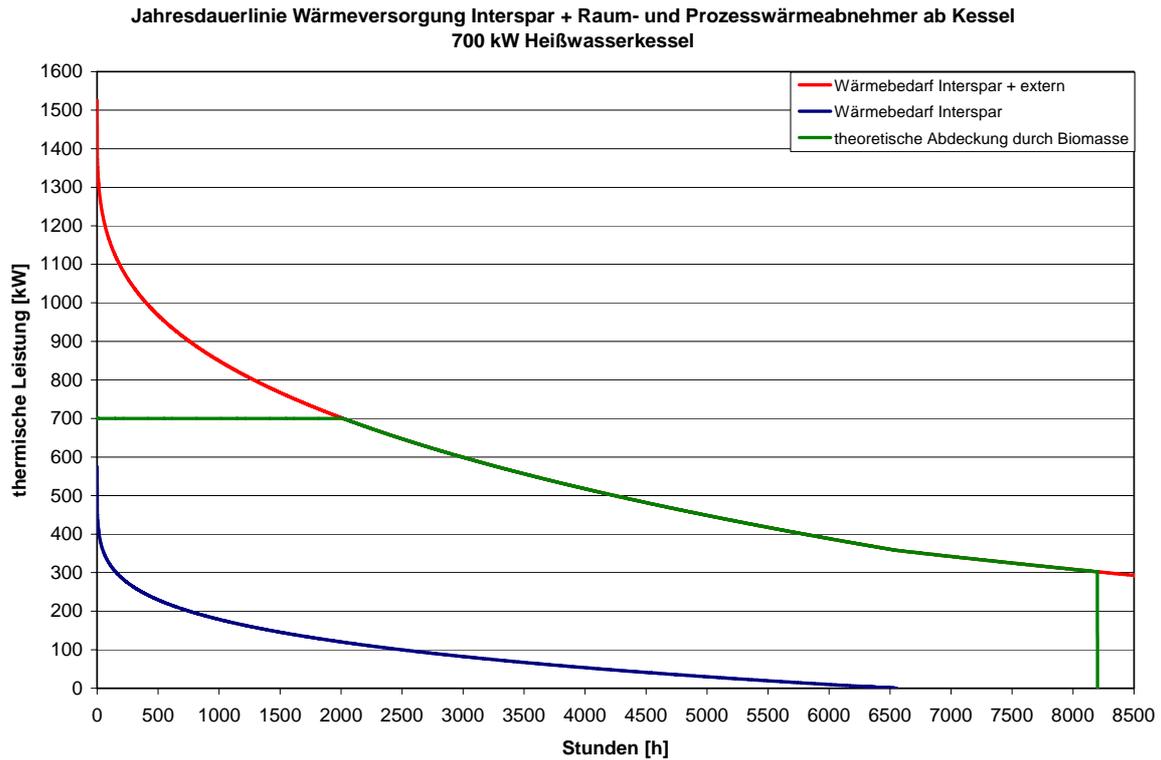


Abbildung 199: Jahresdauerlinie Variante 8

Die Versorgung ist durch die Verfügbarkeit der Biomassefeuerungsanlage (z.B. Stillstandszeiten durch Revisionen) begrenzt.

Kostenrechnung nach VDI 2067

Kostenrechnung laut VDI 2067

Variante 8



	Investitions- kosten €	kapitalgeb. Kosten € p.a.	Instand- setzungskosten € p.a.	verbrauchsgeb. Kosten € p.a.	betriebsgeb. Kosten € p.a.	Summe der Energiekosten € p.a.	spezifische Energiekosten €/ MWh verk.
Baukosten							
Heizhaus (Container)	60.000	3.287	600			3.887	0,91
Lager (Container)	40.000	2.191	400			2.591	0,61
Aussenanlage	10.000	548	100			648	0,15
Aufschließungskosten	10.000	548	100			648	0,15
Fernwärmenetz	384.750	21.647	3.848			25.494	5,99
Maschinenbauliche Investitionen							
Feuerung und Kessel	175.000	14.042	5.250			19.292	4,53
Rauchgasreinigung	13.000	1.043	260			1.303	0,31
Aschebehälter und -förderung	18.000	1.444	540			1.984	0,47
Wärmerückgewinnung	32.000	2.568	640			3.208	0,75
Brennstoffbeschickung	40.000	3.210	1.200			4.410	1,04
Absorptionskälteanlage	-	-	-			-	-
E-Installation	25.000	2.006	500			2.506	0,59
H-Installation	30.000	2.407	600			3.007	0,71
Stahlbau	-	-	-			-	-
zus. Spitzenlastabdeckung	17.000	1.364	170			1.534	0,36
KWK-Modul	-	-	-			-	-
Fahrzeuge	-	-	-			-	-
Planung	111.118	7.632				7.632	1,79
Sonstiges	50.000	4.012	1.000			5.012	1,18
Brennstoffkosten							
Biomasse				62.768		62.768	14,75
Öl / Gas / Sonstige				-		-	-
Weitere Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten							
Personalkosten					7.500	7.500	1,76
Personalkosten KWK					-	-	-
Strom				7.701		7.701	1,81
sonstige Kosten (Sachaufwand)					7.111	7.111	1,67
Zusätzliche Betriebskosten					2.483	2.483	0,58
Betriebsmittel KWK					-	-	-
Miete (Grundstück)					-	-	-
Summe der Kosten	1.015.868	67.949	15.208	70.469	17.094	170.720	40,12
Spezifische Energiekosten (ohne Förderung)		15,97	3,57	16,56	4,02		40,12
Spezifische Energiekosten (mit Förderung)		11,55	3,57	16,56	4,02		35,70

Spezifische Kosten und Erlöse

Wärmeverkaufserlös	43	€/MWh
Stromerlös	128	€/MWh
Gesamtenergieverkaufserlös	43,0	€/MWh

Energiemengen und Jahresvolllaststunden

verkaufte Wärmemenge	4.254.742	kWh/a	6.078 Volllaststunden
verkaufte Strommenge	-	kWh/a	0 Volllaststunden
verkaufte Energiemenge	4.254.742	kWh/a	

Tabelle 109: Kostenrechnung nach VDI 2067 Variante 8

Ergebnis der dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung

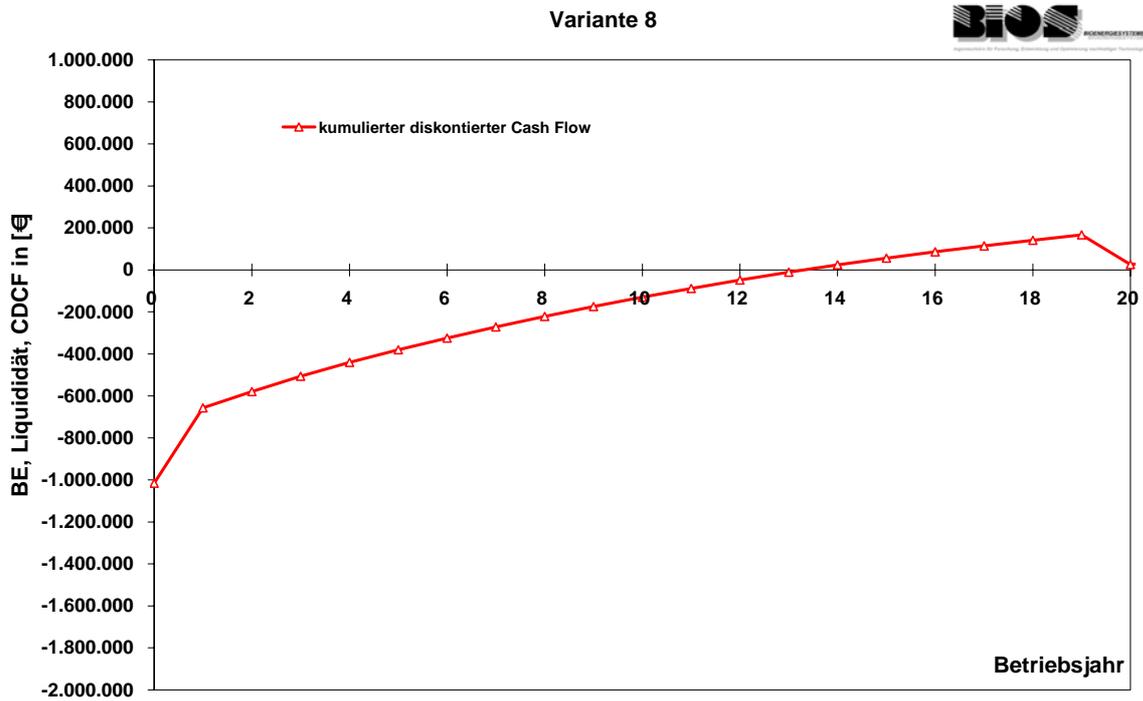


Abbildung 200: CDCF Variante 8

Ergebnis der Sensitivitätsanalysen

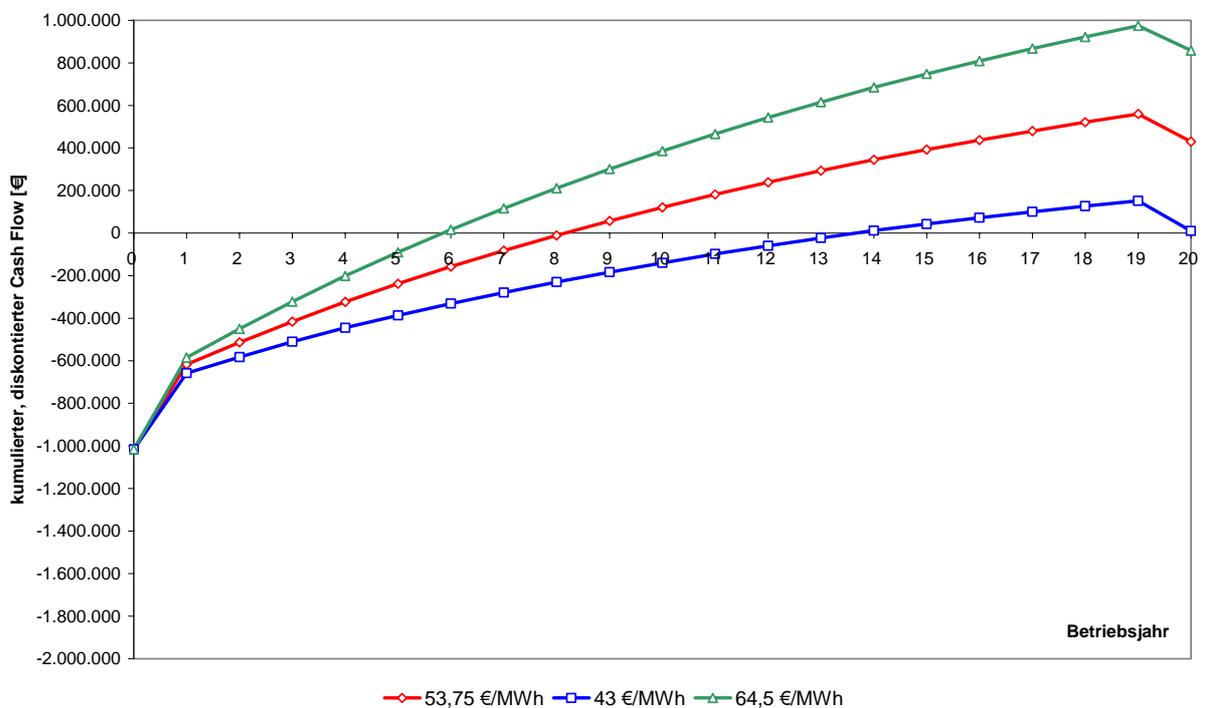


Abbildung 201: Sensitivität Wärmepreis Variante 8

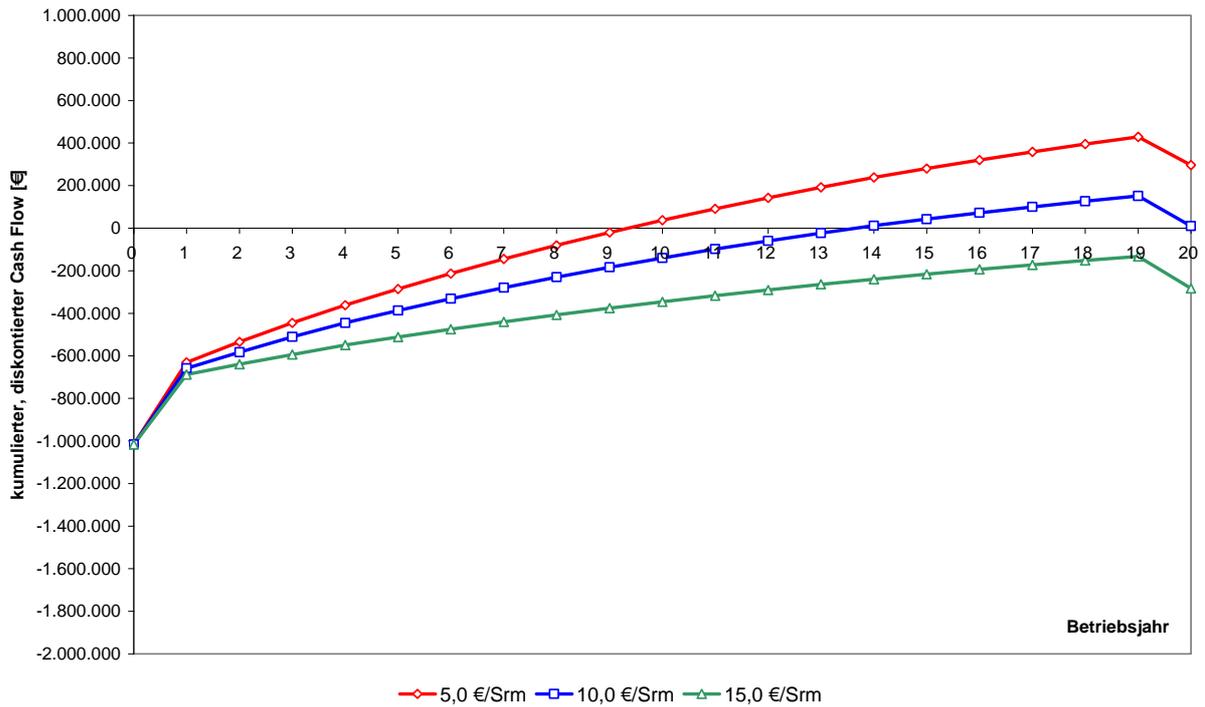


Abbildung 202: Sensitivität Brennstoffpreis Variante 8

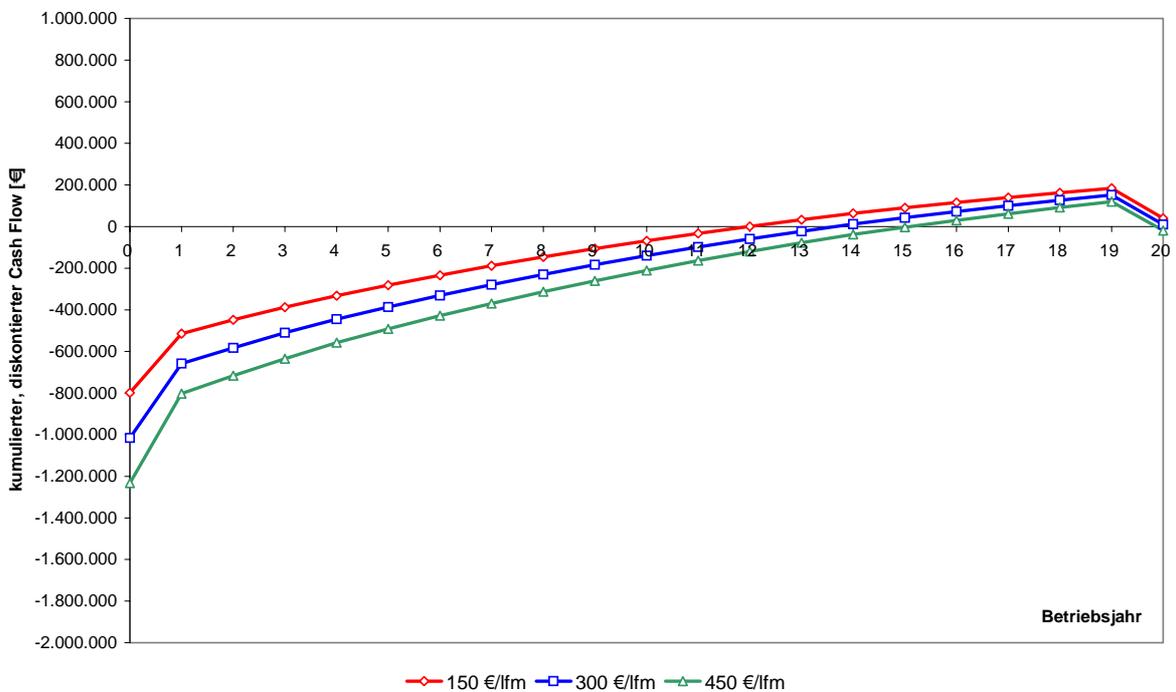


Abbildung 203: Sensitivität Investitionskosten Fernwärmenetz Variante 8

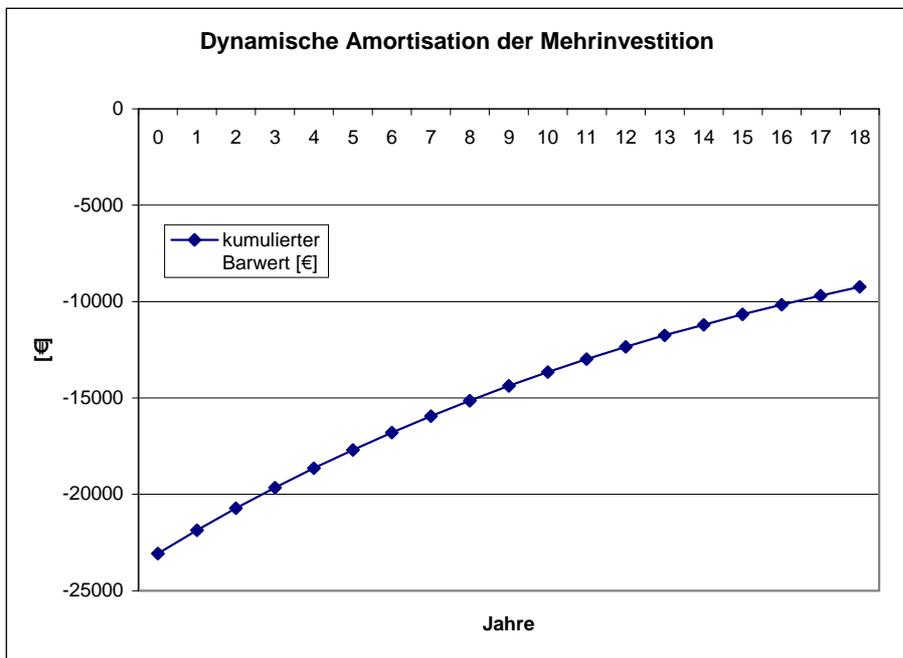
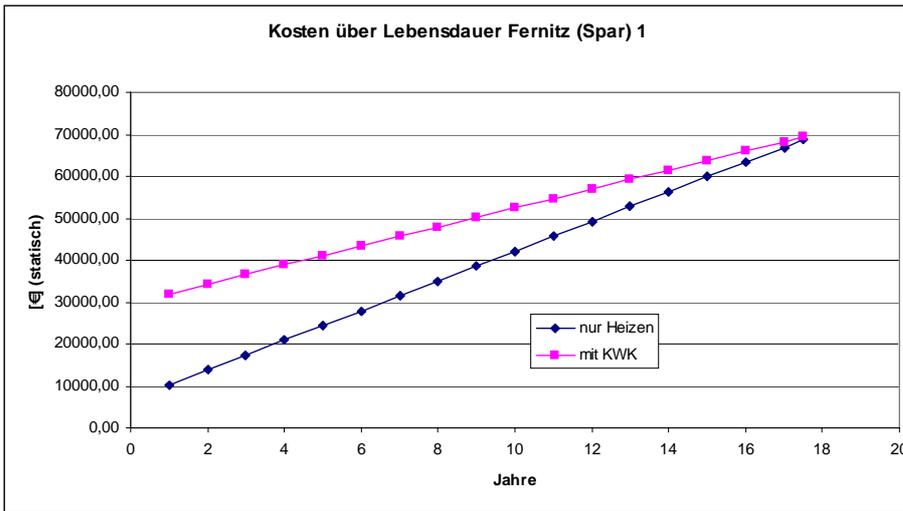
Wärmepreis und Förderquote wurden bei dieser Sensitivität entsprechend den geänderten Investitionskosten angepasst.

Daten Button Energy

Wirtschaftliche Machbarkeit für Markttyp Spar (Fernitz)

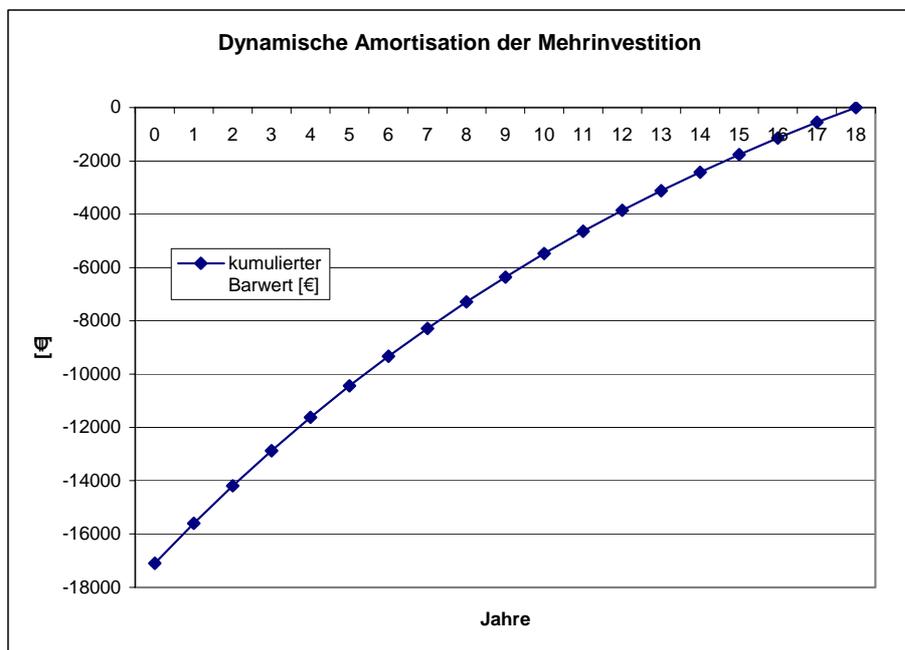
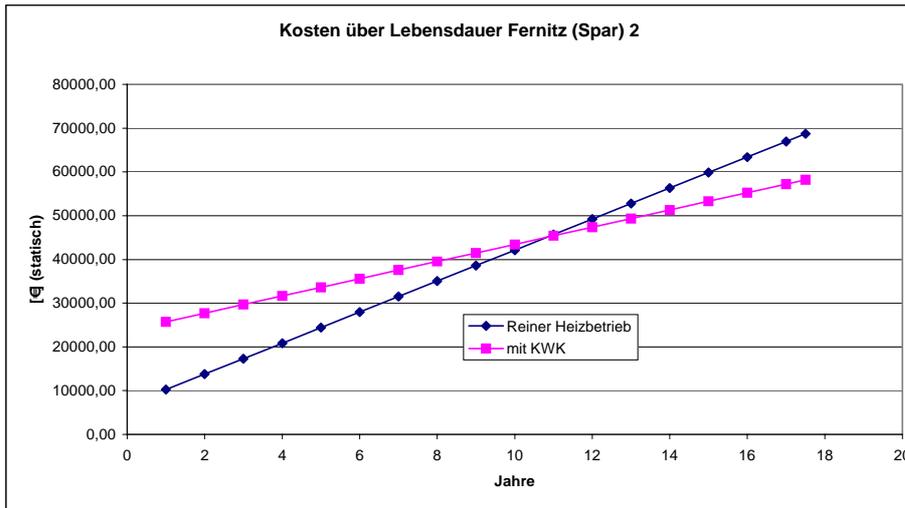
Konzept 1 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz			Konzept Suposs für Fernitz		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Hoval	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesstyp	Top Gas	[1]	Kesstyp	Turbomatik 28 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Kesselnenleistung	44,00	[kW]	Kesselnenleistung	28,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	9,60	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	9,00	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	15400,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-4620,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	69863,96	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK		
			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
			Type	Bison Plus	[1]
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
			Anschlusskosten	0,00	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselhersteller	Hoval	[1]
			Kesstyp	Top Gas	[1]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Kesselnenleistung	44,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	9,60	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]
			Anschlusskosten	2500,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	1175,96	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager		
			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	80246,39	[kWh]
			eingesetzte Biomasse	87224,34	[kWh]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Energieinhalt	3185,00	[kWh/srm]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	27,39	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
			Grundfläche Lagerraum	2,74	[m²]
			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
			Kosten Brennstofflager	794,19	[€]
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]	Summe Investitionskosten	29760,19	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	69863,96	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2634,62	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	1175,96	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	54,07	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	391,53	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3080,22	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Ascheseitigung / Reinigung GL-Kessel		
			wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]
			Stundenlohn	15,00	[€/h]
			Heizstunden Grundlastkessel	5336,00	[h]
			entspricht Heizwochen	34,21	[Woche]
			Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	0,87	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	847,55	[€]
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]	Variable Kosten pro Jahr	3927,77	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	1661,19	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2266,58	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	69425,26	[€]



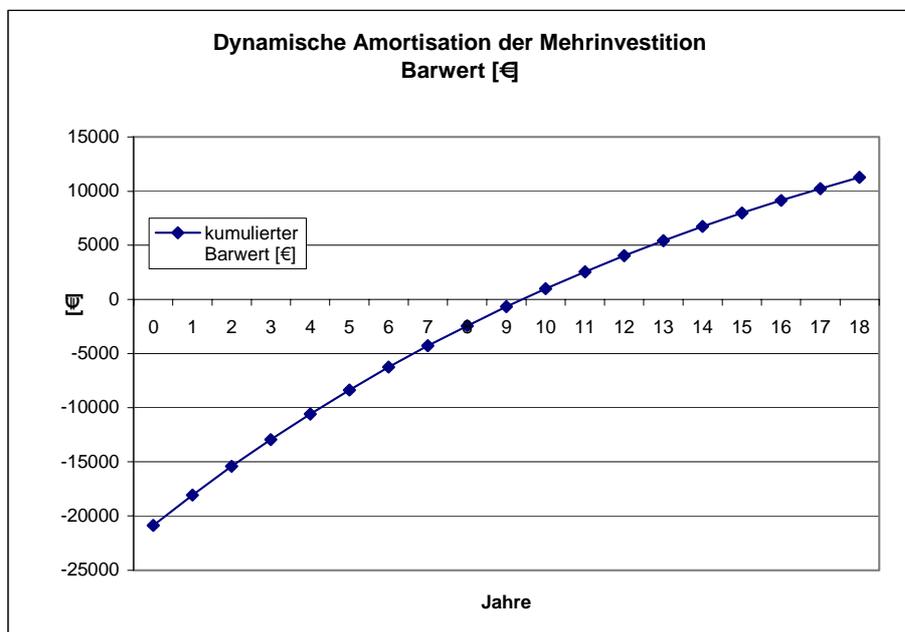
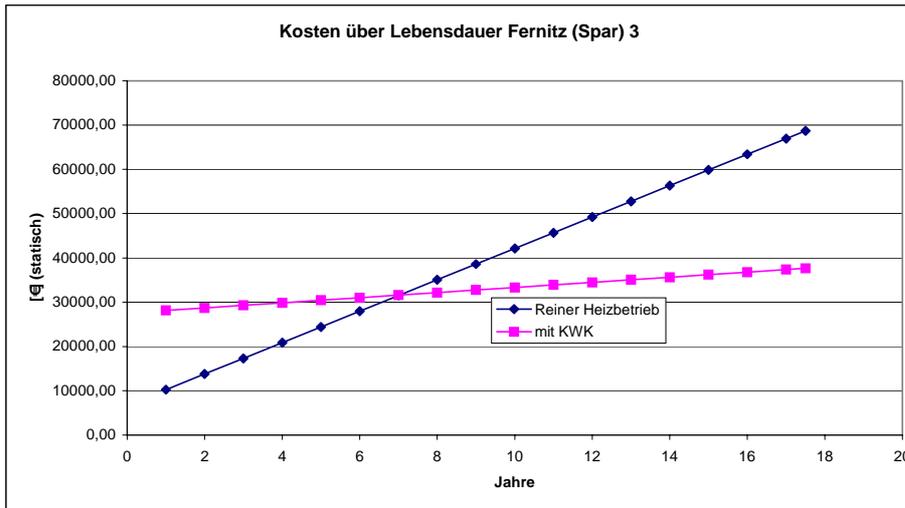
Konzept 2 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz			Konzept Suposs für Fernitz		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Kessel		
Kesselhersteller	Hoval	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Top Gas	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 48 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Kesselennleistung	44,00	[kW]	Kesselennleistung	48,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	9,60	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	12,00	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	16000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-4800,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Hersteller			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
Type			Type	Bison Plus	[1]
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
Brennstofflager			Brennstofflager		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	81547,85	[kWh]
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	88638,97	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Pellets	[1]
Energieinhalt			Energieinhalt	3185,00	[kWh/srm]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	27,83	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	3,00	[1]
Lagerraumhöhe			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
Grundfläche Lagerraum			Grundfläche Lagerraum	3,71	[m²]
Quadratmeterpreis			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	1076,10	[€]
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]	Summe Investitionskosten	23776,10	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]	Brennstoffkosten Heizen gesamt	2683,70	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	391,53	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3075,23	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel			Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel		
wöchentlicher Zeitaufwand			wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]
Stundenlohn			Stundenlohn	15,00	[€/h]
Heizstunden Grundlastkessel			Heizstunden Grundlastkessel	5336,00	[h]
entspricht Heizwochen			entspricht Heizwochen	34,21	[Wochen]
Reinigungskosten			Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]
Linator			Linator		
Wartungsintervall Linator			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Wartungen pro Jahr			Wartungen pro Jahr	0,87	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	552,55	[€]
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]	Variable Kosten pro Jahr	3627,78	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	1661,19	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-1966,59	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	58191,35	[€]



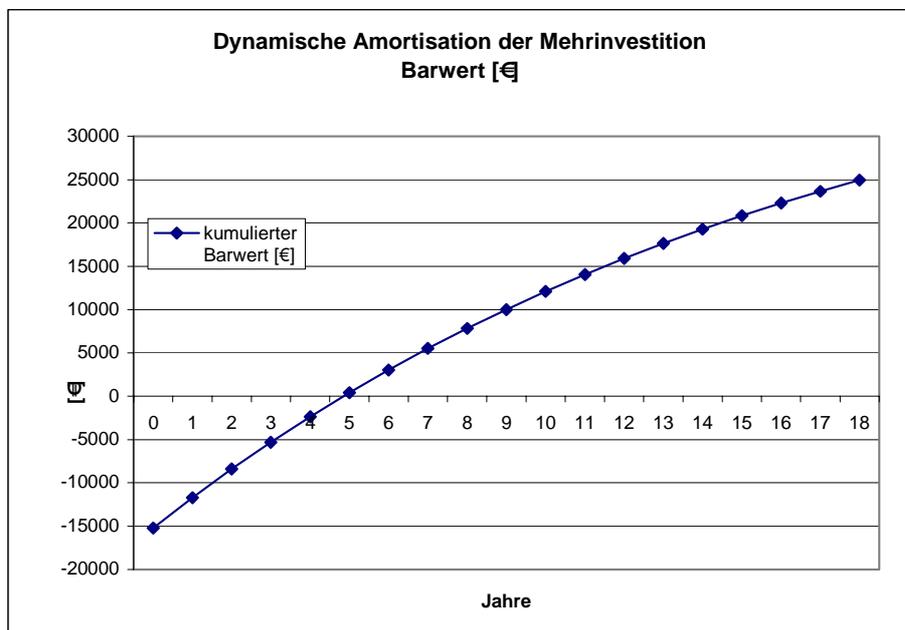
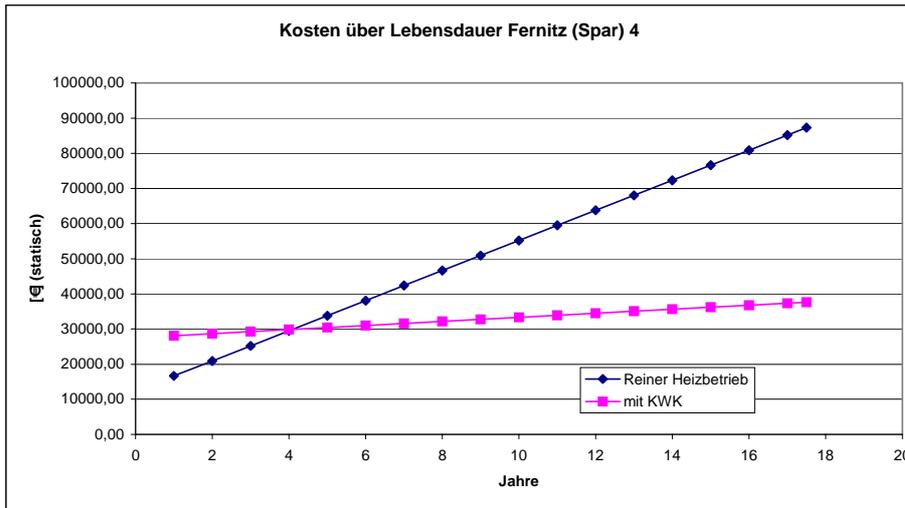
Konzept 3 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz				Konzept Suposs für Fernitz			
Lebensdauer	17,50	[Jahre]		Lebensdauer	17,50	[Jahre]	
Investitionskosten				Investitionskosten			
Kessel				Kessel			
Kesselhersteller	Hoval	[1]		Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesstyp	Top Gas	[1]		Kesstyp	Turbomatik 48 kW	[1]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
Kesselnennleistung	44,00	[kW]		Kesselnennleistung	48,00	[kW]	
Minimale moduliert darstellbare Leistung	9,60	[kW]		Minimale moduliert darstellbare Leistung	12,00	[kW]	
Wirkungsgrad	92,00	[%]		Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]		Listenpreis exkl. MwSt.	17900,00	[€]	
Anschlußkosten	2500,00	[€]		Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]		KWK-Förderung (30%)	-5370,00	[€]	
				erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]	
Kraftkomponente der KWK				Kraftkomponente der KWK			
Hersteller				Hersteller	Button Energy GmbH	[1]	
Type				Type	Bison Plus	[1]	
Nennleistung (elektrisch)				Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt.				Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]	
Anschlußkosten				Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte elektrische Energie				erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]	
entspricht Volllaststunden				entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]	
Brennstofflager				Brennstofflager			
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)				aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	81547,85	[kWh]	
eingesetzte Biomasse				eingesetzte Biomasse	88638,97	[kWh]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
Energieinhalt				Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]	
Brennstoffvolumen pro Jahr				Brennstoffvolumen pro Jahr	121,42	[m³]	
Brennstofflieferungen pro Jahr				Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]	
Lagerraumhöhe				Lagerraumhöhe	2,50	[m]	
Grundfläche Lagerraum				Grundfläche Lagerraum	12,14	[m²]	
Quadratmeterpreis				Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]	
Kosten Brennstofflager				Kosten Brennstofflager	3521,27	[€]	
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]		Summe Investitionskosten	27551,27	[€]	
Variable Kosten				Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten				Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]		erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]		Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]		Brennstoffkosten Heizen gesamt	1469,72	[€]	
				erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]	
				entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]	
				Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
				Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
				Brennstoffkosten Strom gesamt	214,42	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]		Summe Verbrauchsgebundene Kosten	1684,14	[€]	
Betriebsgebundene Kosten				Betriebsgebundene Kosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Wartungsintervall	8760	[h]		Wartungsintervall	8760,00	[h]	
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]		Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]		Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	
Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel				Aschebeseitigung / Reinigung GL-Kessel			
wöchentlicher Zeitaufwand				wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]	
Stundenlohn				Stundenlohn	15,00	[€/h]	
Heizstunden Grundlastkessel				Heizstunden Grundlastkessel	5336,00	[h]	
entspricht Heizwochen				entspricht Heizwochen	34,21	[Wochen]	
Reinigungskosten				Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]	
Linator				Linator			
Wartungsintervall Linator				Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]	
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung				Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung				Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Wartungen pro Jahr				Wartungen pro Jahr	0,87	[1]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]		Summe Betriebsgebundene Kosten	552,55	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]		Variable Kosten pro Jahr	2236,69	[1]	
Erträge				Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]		Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	0,00	[€]		Summe Erträge Strom	1661,19	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]		Jährliches Betriebsergebnis	-575,50	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]		Gesamtkosten über Lebensdauer	37622,46	[€]	



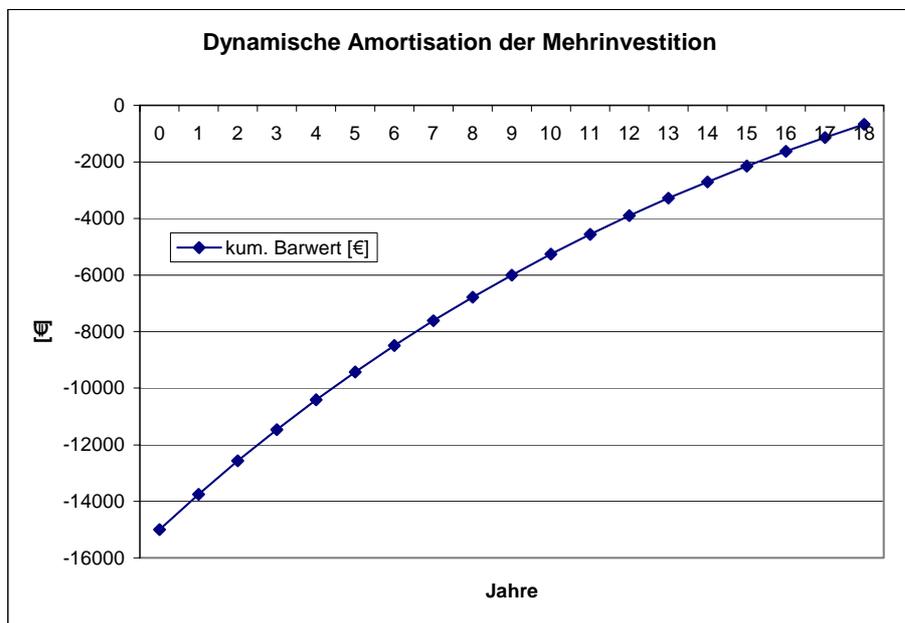
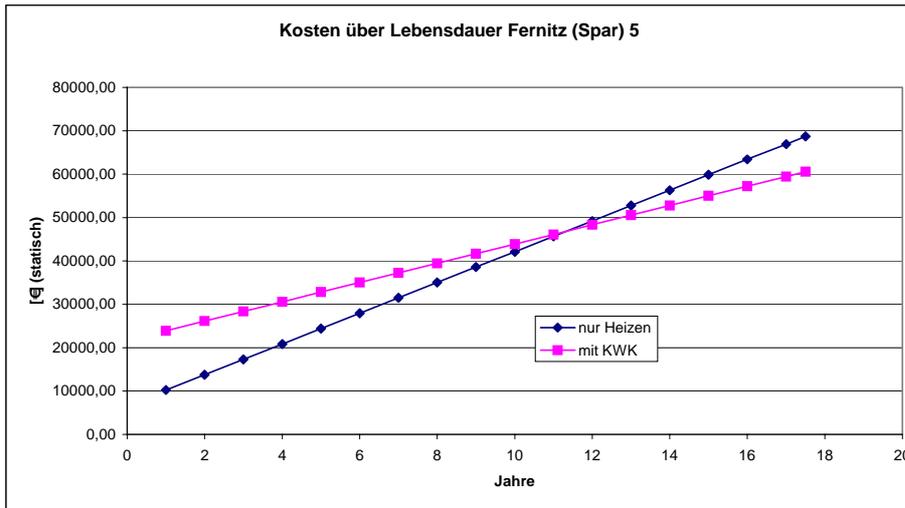
Konzept 4 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz			Konzept Suposs für Fernitz		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Kessel		
Kesselhersteller	Hoval	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesstyp	Euro 3	[1]	Kesstyp	Turbomatik 48 kW	[1]
Brennstoff	Heizöl EL	[1]	Brennstoff	Hackschnitzel	[1]
Kesselnennleistung	44,00	[kW]	Kesselnennleistung	48,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung		[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	12,00	[kW]
Wirkungsgrad	90,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	4500,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17900,00	[€]
Anschlußkosten	0,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5370,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstofflager			Kraftkomponente der KWK		
aus Heizöl EL erzeugte Energie	70683,00	[kWh]	Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
eingesetzte Brennstoffmenge Heizöl EL	78536,67	[kWh]	Type	Bison Plus	[1]
Brennstoff	Heizöl EL	[1]	Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Energieinhalt	9,97	[kWh/l]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
Brennstoffvolumen pro Jahr	7875,54	[l]	Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
Brennstofflieferungen pro Jahr	1,00	[1]	Anschlußkosten	0,00	[€]
Werittank 2500 l	3,00	[Stk.]	erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
Listenpreis 2500 l	1046,50	[€]	entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
Werittank 1650 l	1,00	[Stk.]			
Listenpreis 1650 l	659,00	[€]	Brennstofflager		
Amatouren Grundbausatz	1,00	[Stk.]	aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	81547,85	[kWh]
Listenpreis Amatouren Grundbausatz	135,30	[€]	eingesetzte Biomasse	88638,97	[kWh]
Amatouren Erweiterungsbausatz	3,00	[Stk.]	Brennstoff	Hackschnitzel	[1]
Listenpreis Amatouren Erweiterungsbausatz	122,50	[€]	Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
Kosten Tanks	4301,30	[€]	Brennstoffvolumen pro Jahr	121,42	[m³]
Lagerraumhöhe	2,50	[m]	Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
Grundfläche Lagerraum	11,00	[m²]	Lagerraumhöhe	2,50	[m]
Quadratmeterpreis	320,00	[€/m²]	Grundfläche Lagerraum	12,14	[m²]
Kosten Brennstofflager	3520,00	[€]	Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
			Kosten Brennstofflager	3521,27	[€]
Summe Investitionskosten	12321,30	[€]	Summe Investitionskosten	27551,27	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Heizöl EL	[1]	Brennstoff	Hackschnitzel	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,05	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3986,60	[€]	Brennstoffkosten Heizen gesamt	1469,72	[€]
			erzeugte elektrische Energie	10382,44	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	3460,81	[h]
			Brennstoff	Hackschnitzel	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	214,42	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3986,60	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	1684,14	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	200,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Ascheseitigung / Reinigung GL-Kessel		
			wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]
			Stundenlohn	15,00	[€/h]
			Heizstunden Grundlastkessel	5336,00	[h]
			entspricht Heizwochen	34,21	[Wochen]
			Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	0,87	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	300,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	552,55	[€]
Variable Kosten pro Jahr	4286,60	[1]	Variable Kosten pro Jahr	2236,69	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	1661,19	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-4286,60	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-575,50	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	87336,80	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	37622,46	[€]



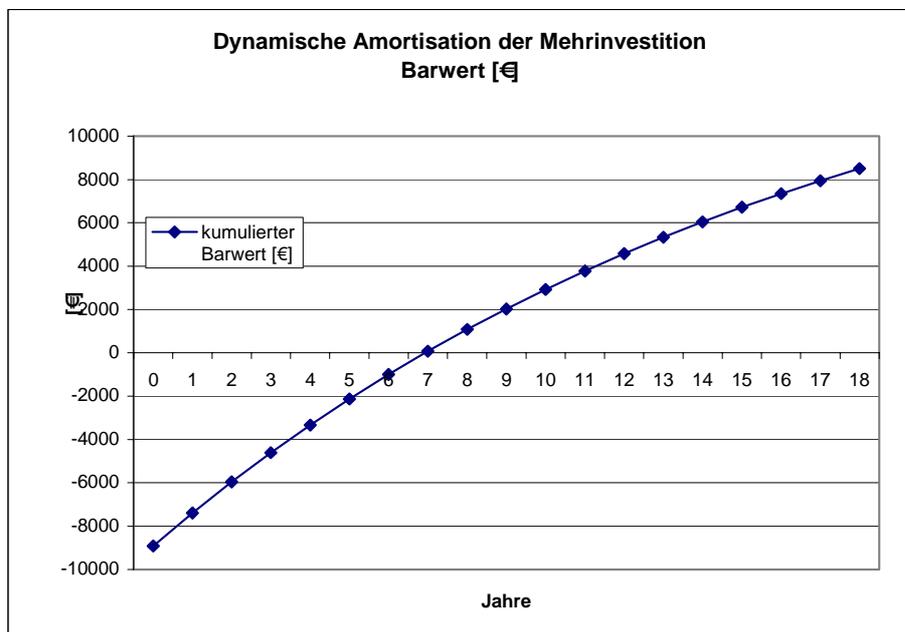
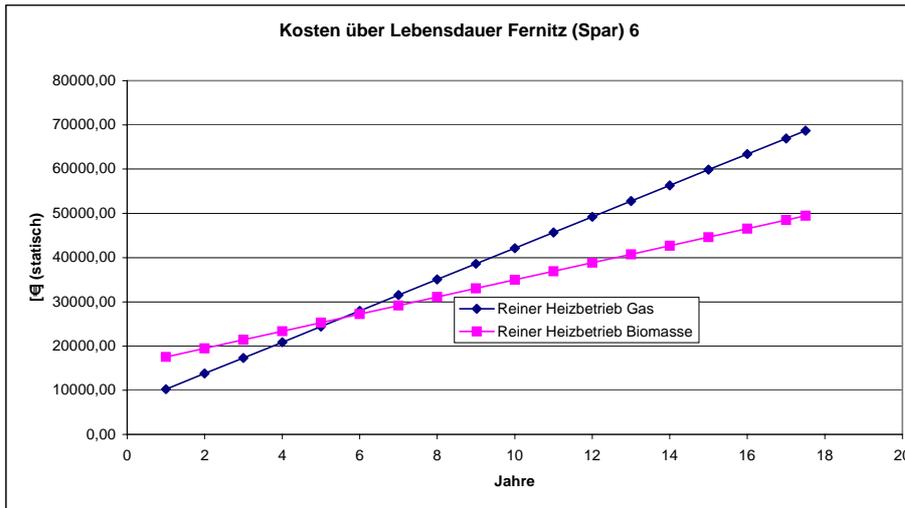
Konzept 5 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz			Konzept Suposs für Fernitz		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlast motorische KWK		
Kesselhersteller	Hoval	[1]	Hersteller	Senertec	[1]
Kesseltyp	Top Gas	[1]	Fabrikat	Dachs HKA G 5,5	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Gas	[1]
Kesselnennleistung	44,00	[kW]	thermische Nennleistung	12,50	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	9,60	[kW]	minimal moduliert darstellbare therm. Leistung	nicht modulierbar	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Nennleistung (elektrisch)	5,50	[kW]
			minimal moduliert darstellbare elektr. Leistung	nicht modulierbar	[kW]
			Wirkungsgrad elektrisch	27,00	[%]
			Wirkungsgrad thermisch	61,00	[%]
			Gesamtwirkungsgrad (Brennstoffausnutzung)	88,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	15000,00	[€]
Anschlußkosten Gas	2500,00	[€]	Anschlußkosten Senertec Dachs HKA G 5,5	3000,00	[€]
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	Anschlußkosten Gas	2500,00	[€]
			KWK-Förderung (Kommunalkredit)	-3000,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	62222,48	[kWh/Jahr]
			erzeugte elektrische Energie	27377,89	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	4977,80	[h]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselhersteller	Hoval	[1]
			Kesseltyp	Top Gas	[1]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Kesselnennleistung	44,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	9,60	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]
			Anschlußkosten	0,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	8942,27	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]	Summe Investitionskosten	21686,00	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	62222,48	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Gas	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2863,65	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	8942,27	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	393,65	[€]
			erzeugte elektrische Energie	27377,89	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	4977,80	[h]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffmenge für Stromerzeugung	31111,24	[kWh/Jahr]
			Energieinhalt Norm m³ Erdgas	10,50	[kWh/Nm³]
			Brennstoffvolumen	2962,98	[Nm³/Jahr]
			Erdgasabgabe (KWK)	0,0436	[€/Nm³]
			Erdgasabgabe pro Jahr (KWK)	129,20	[€]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	1130,81	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	4388,11	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlast motorische KWK		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	3500,00	[h]
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag pro Jahr	350,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile (für Reparatur) pro Jahr	200,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	1,42	[1]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	845,00	[€]
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]	Variable Kosten pro Jahr	5233,11	[1]
Erträge			Kostenersparnis		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis elektrischer Strom (Einkauf)	0,11	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Kostenersparnis durch selbst produzierten Strom	3011,57	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2221,54	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	60563,00	[€]



Konzept 6 – Spar (Fernitz)

Bestehende Anlage für Fernitz				Konzept Suposs für Fernitz			
Lebensdauer	17,50	[Jahre]		Lebensdauer	17,50	[Jahre]	
Investitionskosten				Investitionskosten			
Kessel				Kessel			
Kesselhersteller	Hoval	[1]		Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesseltyp	Top Gas	[1]		Kesseltyp	Turbomatik 48 kW	[1]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
Kesselnennleistung	44,00	[kW]		Kesselnennleistung	48,00	[kW]	
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	9,60	[kW]		Minimale moduliert darstellbare Leistung	12,00	[kW]	
Wirkungsgrad	92,00	[%]		Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.	4186,00	[€]		Listenpreis exkl. MwSt.	17900,00	[€]	
Anschlußkosten	2500,00	[€]		Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]		KWK-Förderung (30%)	-5370,00	[€]	
				erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]	
				Brennstofflager			
				aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen)	71165,42	[kWh]	
				eingesetzte Biomasse	77353,71	[kWh]	
				Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
				Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]	
				Brennstoffvolumen pro Jahr	105,96	[m ³]	
				Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]	
				Lagerraumhöhe	2,50	[m]	
				Grundfläche Lagerraum	10,60	[m ²]	
				Quadratmeterpreis	290,00	[€/m ²]	
				Kosten Brennstofflager	3072,96	[€]	
Summe Investitionskosten	6686,00	[€]		Summe Investitionskosten	15602,96	[€]	
Variable Kosten				Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten				Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie	70683,00	[kWh/Jahr]		erzeugte Heizenergie	71165,42	[kWh/Jahr]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackschnitzel	[1]	
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]		Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten gesamt	3249,88	[€]		Brennstoffkosten Heizen gesamt	1469,72	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3249,88	[€]		Summe Verbrauchsgebundene Kosten	1469,72	[€]	
Betriebsgebundene Kosten				Betriebsgebundene Kosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Wartungsintervall	8760	[h]		Wartungsintervall	8760,00	[h]	
Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]		Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]		Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	
				Ascheseitigung / Reinigung GL-Kessel			
				wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]	
				Stundenlohn	15,00	[€/h]	
				Heizstunden Grundlastkessel	5336,00	[h]	
				entspricht Heizwochen	34,21	[Wochen]	
				Reinigungskosten	171,03	[€/Jahr]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	295,00	[€]		Summe Betriebsgebundene Kosten	466,03	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	3544,88	[1]		Variable Kosten pro Jahr	1935,75	[1]	
Erträge				Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]		Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	0,00	[€]		Summe Erträge Strom	0,00	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-3544,88	[€]		Jährliches Betriebsergebnis	-1935,75	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	68721,42	[€]		Gesamtkosten über Lebensdauer	49478,51	[€]	

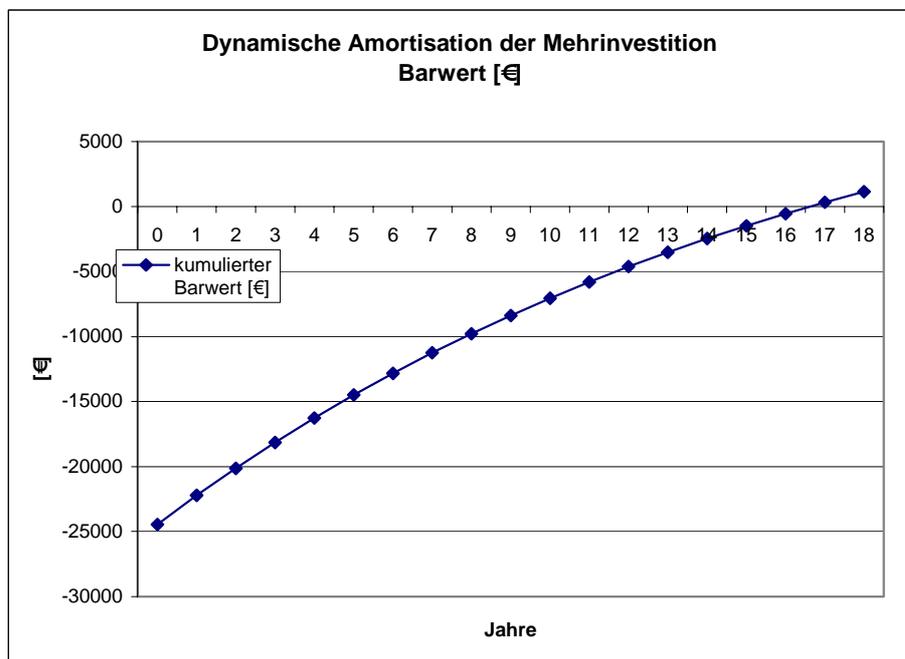
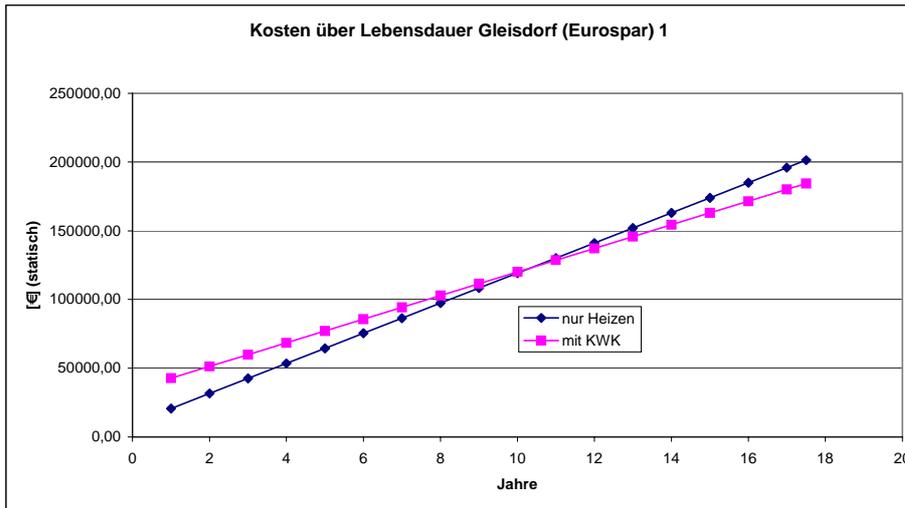


Wirtschaftliche Machbarkeit für Markttyp Eurospar (Gleisdorf)

Nachfolgend sind alle 10 Konzepte für den Markttyp Eurospar (Gleisdorf) in vollem Detailgrad angeführt

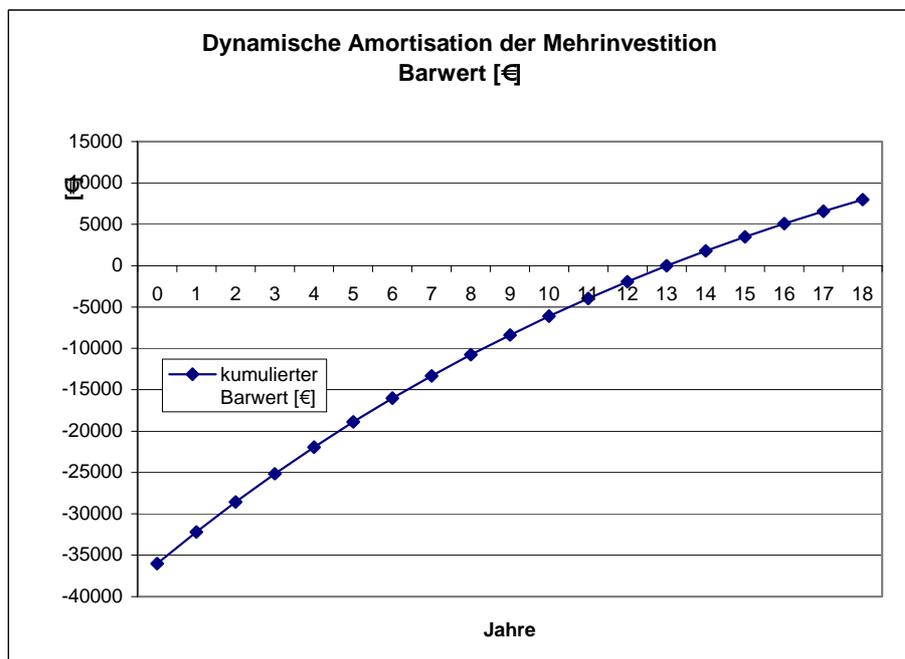
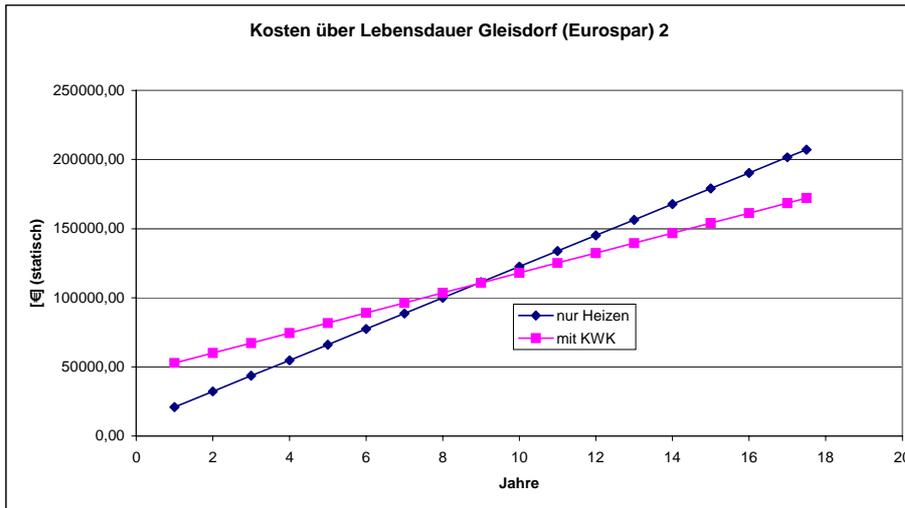
Konzept 1 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (1)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kesselnennleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	16360,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-4908,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	205485,98	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK		
			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
			Type	Bison Plus	[1]
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
			Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]
			Anschlusskosten	0,00	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	221525,49	[kWh]
			eingesetzte Biomasse	240788,58	[kWh]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Energieinhalt	3185,00	[kWh/srm]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	75,60	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
			Grundfläche Lagerraum	7,56	[m²]
			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
			Kosten Brennstofflager	2192,42	[€]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselhersteller		[1]
			Kesseltyp	Gas	[1]
			Brennstoff		[1]
			Kesselnennleistung	110,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	11,00	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			Listenpreis exkl. MwSt.	6500,00	[€]
			Anschlusskosten	2500,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	36242,23	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	34144,42	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	205485,98	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10242,75	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	7749,03	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	36242,23	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	1595,45	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	604,86	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10242,75	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	9949,34	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Ascheseitigung / Reinigung GL-Kessel		
			wöchentlicher Zeitaufwand	20,00	[min]
			Stundenlohn	15,00	[€/h]
			Heizstunden Grundlastkessel	5454,00	[h]
			entspricht Heizwochen	34,96	[Wochen]
			Reinigungskosten	174,81	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	400,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	200,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	1,34	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1203,47	[€]
Variable Kosten pro Jahr	10952,75	[1]	Variable Kosten pro Jahr	11152,81	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2566,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-10952,75	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-8586,48	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	201353,07	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	184407,88	[€]



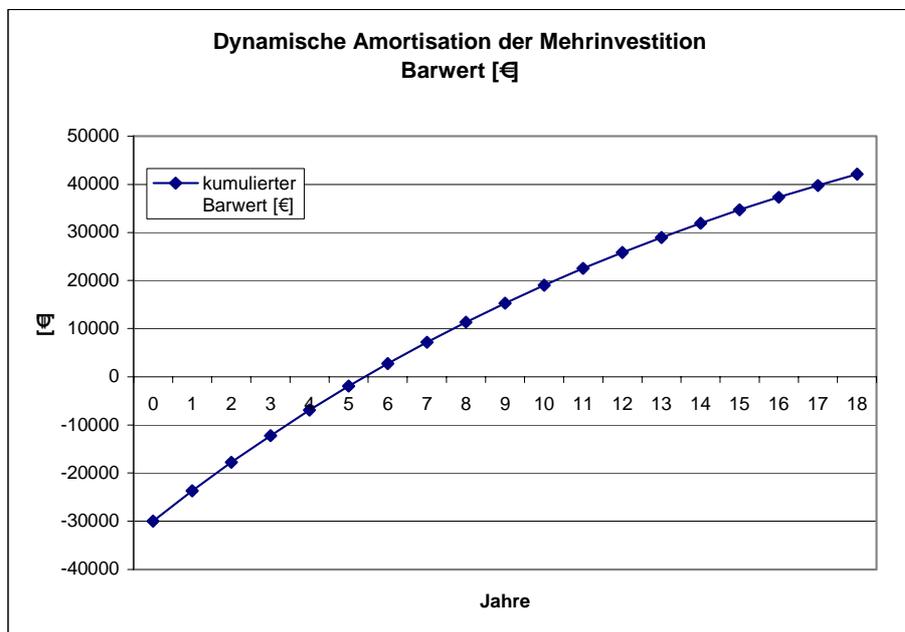
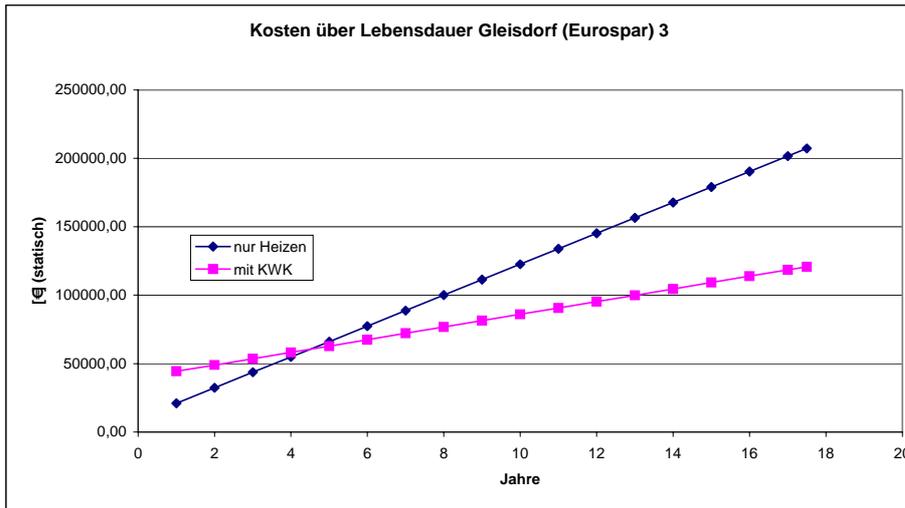
Konzept 2 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (2)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Kesselennleistung	160,00	[kW]	Kesselennleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale modulierte darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	16360,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-4908,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	200172,54	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Hersteller			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
Type			Type	Bison Plus	[1]
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Minimale modulierte darstellbare Leistung			Minimale modulierte darstellbare Leistung	0,50	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt. je Modul			Listenpreis exkl. MwSt. je Modul	11500,00	[€]
Anzahl Linatoren			Anzahl Linatoren	2,00	[1]
Gesamtpreis exkl. MwSt.			Gesamtpreis exkl. MwSt.	23000,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte elektrischen Energie			erzeugte elektrischen Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
Brennstofflager Grundlastkessel			Brennstofflager Grundlastkessel		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	226893,28	[kWh]
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	246623,13	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Pellets	[1]
Energieinhalt			Energieinhalt	3185,00	[kWh/srm]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	77,43	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	4,00	[1]
Lagerraumhöhe			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
Grundfläche Lagerraum			Grundfläche Lagerraum	7,74	[m²]
Quadratmeterpreis			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	2245,55	[€]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Kesselhersteller			Kesselhersteller		[1]
Kesseltyp			Kesseltyp		[1]
Brennstoff			Brennstoff	Gas	[1]
Kesselennleistung			Kesselennleistung	110,00	[kW]
Minimale modulierte darstellbare Leistung			Minimale modulierte darstellbare Leistung	11,00	[kW]
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	6500,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	2500,00	[€]
erzeugte Heizenergie			erzeugte Heizenergie	41535,15	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	45697,55	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	200172,54	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Pellets	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	7548,65	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	41535,15	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	1828,45	[€]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
			Brennstoff	Pellets	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,03	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	1007,66	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10384,76	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Wartungsintervall			Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag			Wartungsvertrag	400,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile			Kosten Ersatzteile	200,00	[€/Jahr]
Linator			Linator		
Wartungsintervall Linator			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Wartungen pro Jahr			Wartungen pro Jahr	2,23	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1117,67	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	11502,44	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	4275,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-7227,12	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	172172,10	[€]



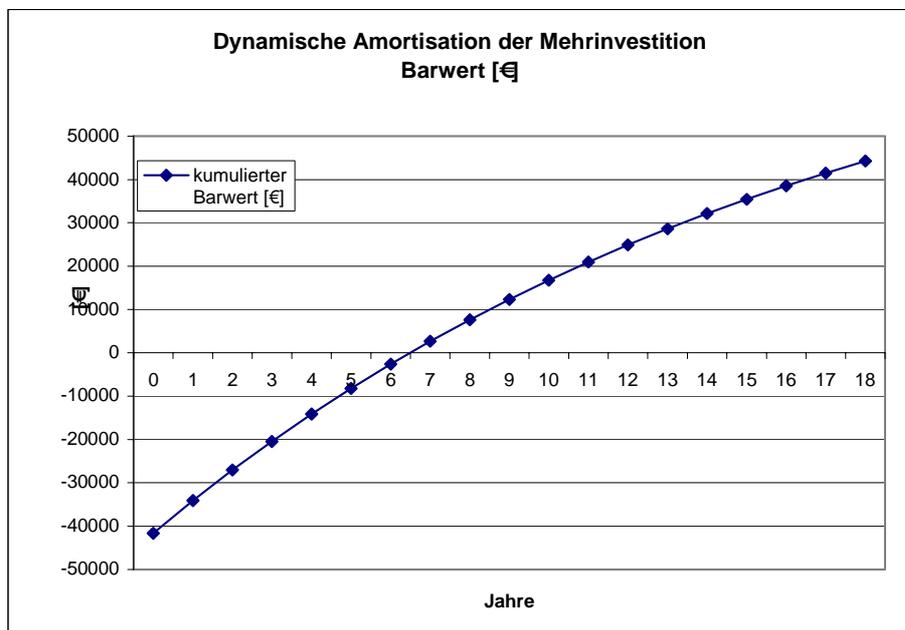
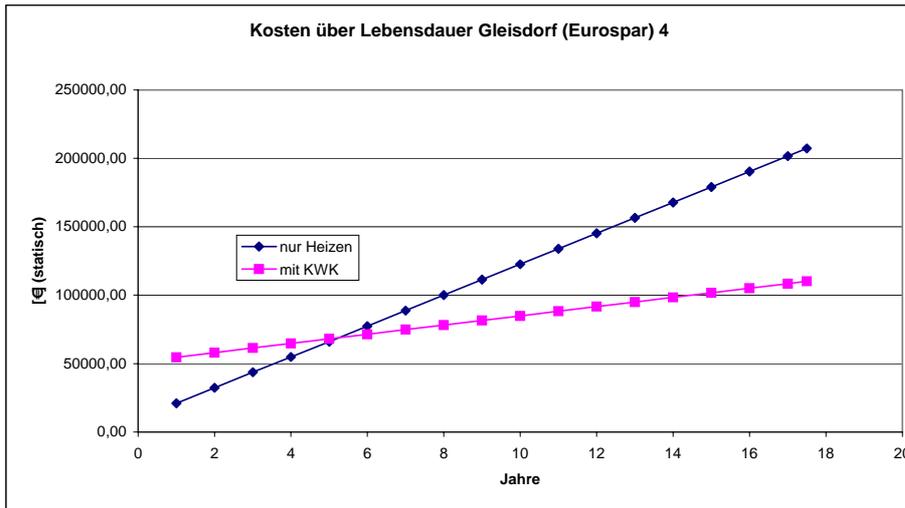
Konzept 3 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (3)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselnenleistung	160,00	[kW]	Kesselnenleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	205485,98	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten			Summe Investitionskosten		
	9680,00	[€]		39673,05	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	205485,98	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4243,73	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	36242,23	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	1595,45	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	331,25	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	6170,43	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	400,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	200,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	1,34	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1028,66	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	7199,09	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2566,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-4632,77	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	120746,51	[€]



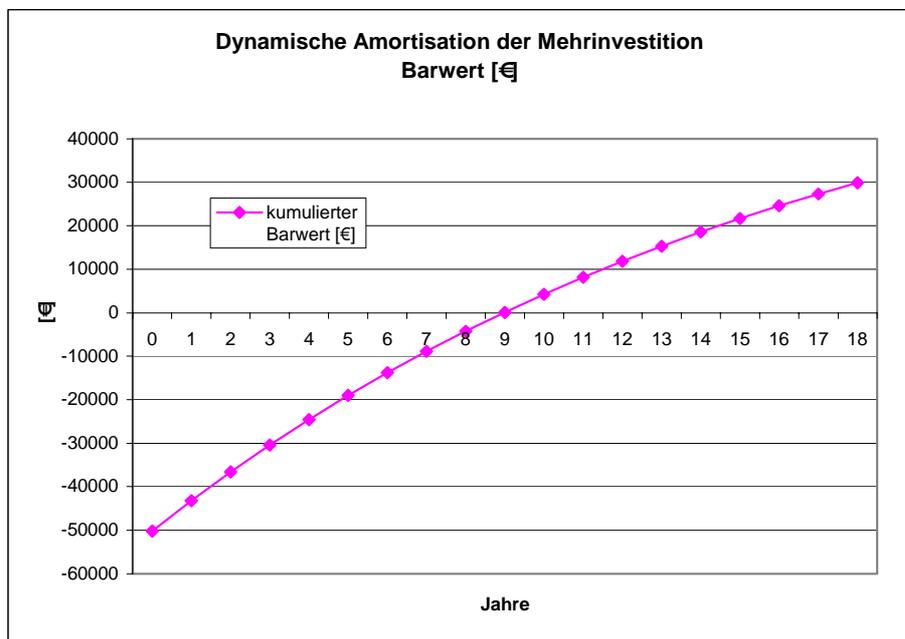
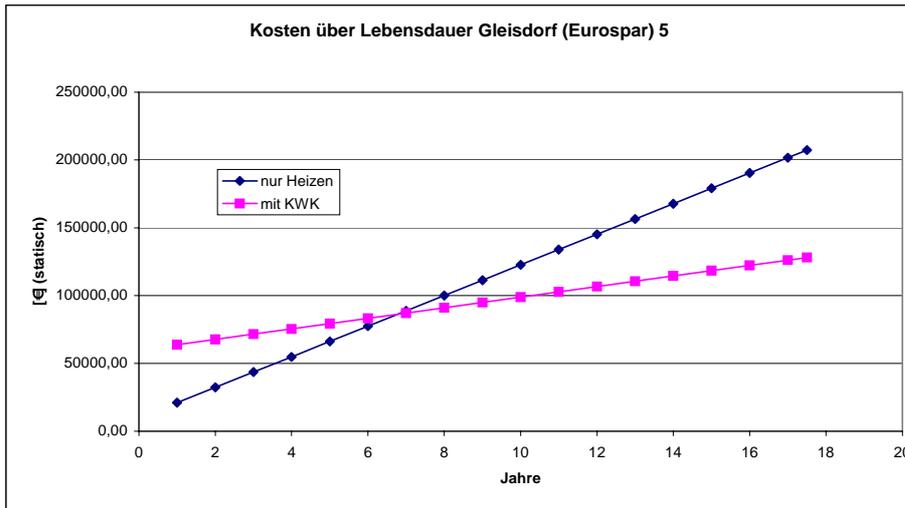
Konzept 4 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (4)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselennleistung	160,00	[kW]	Kesselennleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	200172,54	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Hersteller			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
Type			Type	Bison Plus	[1]
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt. je Modul			Listenpreis exkl. MwSt. je Modul	11500,00	[€]
Anzahl Linatoren			Anzahl Linatoren	2,00	[1]
Gesamtpreis exkl. MwSt.			Gesamtpreis exkl. MwSt.	23000,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
Brennstofflager Grundlastkessel			Brennstofflager Grundlastkessel		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	226893,28	[kWh]
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	246623,13	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Energieinhalt			Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	337,84	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	6,00	[1]
Lagerraumhöhe			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
Grundfläche Lagerraum			Grundfläche Lagerraum	22,52	[m²]
Quadratmeterpreis			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	6531,57	[€]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Kesselhersteller			Kesselhersteller		[1]
Kesseltyp			Kesseltyp		[1]
Brennstoff			Brennstoff	Gas	[1]
Kesselennleistung			Kesselennleistung	110,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	11,00	[kW]
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	6500,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	2500,00	[€]
erzeugte Heizenergie			erzeugte Heizenergie	41535,15	[kWh/Jahr]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	51327,57	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	200172,54	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4134,00	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	41535,15	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Gas	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	1828,45	[€]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	551,84	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	6514,29	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	400,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	200,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	2,23	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1117,67	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	7631,96	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	4275,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-3356,64	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	110068,84	[€]



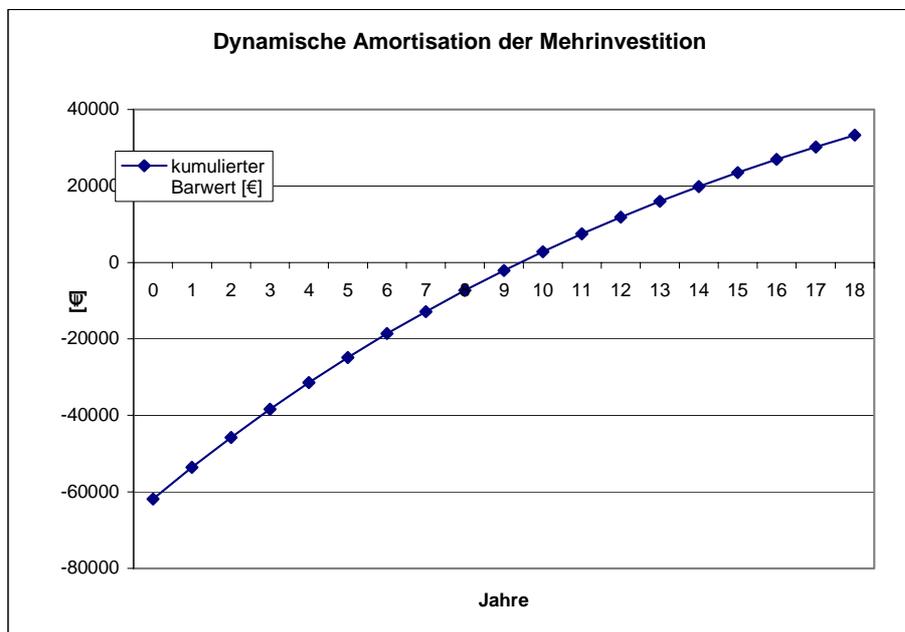
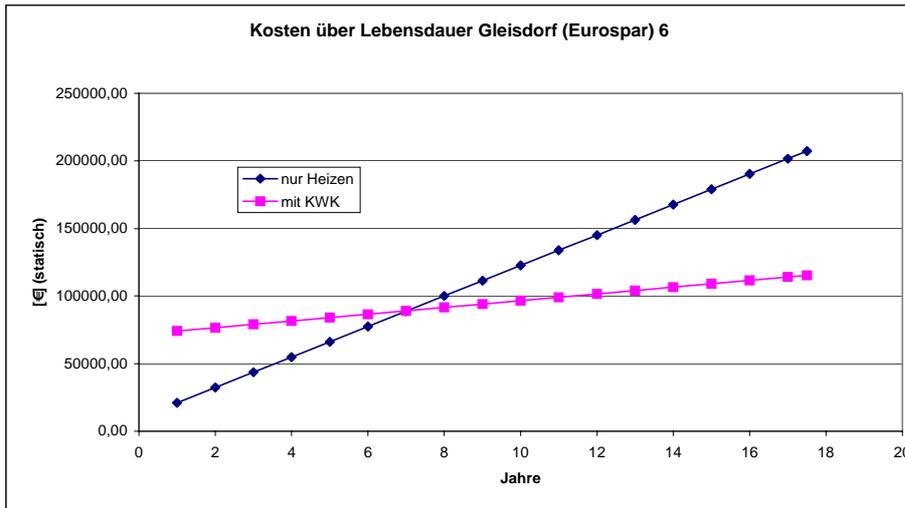
Konzept 5 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf				Konzept Suposs für Gleisdorf (5)			
Lebensdauer	17,50	[Jahre]		Lebensdauer	17,50	[Jahre]	
Investitionskosten				Investitionskosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]		Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesseltyp	Gas 210	[1]		Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackgut	[1]	
Kesselnenleistung	160,00	[kW]		Kesselnenleistung	55,00	[kW]	
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]		Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]	
Wirkungsgrad	92,00	[%]		Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]		Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]	
Anschlußkosten	2500,00	[€]		Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]		KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]	
				erzeugte Heizenergie	205485,98	[kWh/Jahr]	
Kraftkomponente der KWK				Kraftkomponente der KWK			
Hersteller				Hersteller	Button Energy GmbH	[1]	
Type				Type	Bison Plus	[1]	
Nennleistung (elektrisch)				Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]	
Minimale moduliert darstellbare Leistung				Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt.				Listenpreis exkl. MwSt.	11500,00	[€]	
Anschlußkosten				Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte elektrische Energie				erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]	
entspricht Volllaststunden				entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]	
Spitzenlastkessel				Spitzenlastkessel			
Kesselhersteller				Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesseltyp				Kesseltyp	Turbomatik 110 kW	[1]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Kesselnenleistung				Kesselnenleistung	110,00	[kW]	
Minimale moduliert darstellbare Leistung				Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]	
Wirkungsgrad				Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.				Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]	
Anschlußkosten				Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie				erzeugte Heizenergie	36242,23	[kWh/Jahr]	
Brennstofflager Grundlastkessel				Brennstofflager Grundlastkessel			
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)				aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	257767,72	[kWh]	
eingesetzte Biomasse				eingesetzte Biomasse	280182,31	[kWh]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Energieinhalt				Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]	
Brennstoffvolumen pro Jahr				Brennstoffvolumen pro Jahr	383,81	[m³]	
Brennstofflieferungen pro Jahr				Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]	
Lagerraumhöhe				Lagerraumhöhe	2,50	[m]	
Grundfläche Lagerraum				Grundfläche Lagerraum	19,19	[m²]	
Quadratmeterpreis				Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]	
Kosten Brennstofflager				Kosten Brennstofflager	5565,27	[€]	
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]		Summe Investitionskosten	59861,27	[€]	
Variable Kosten				Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten				Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]		erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	205485,98	[kWh/Jahr]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackgut	[1]	
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]		Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]		Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4243,73	[€]	
				erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	36242,23	[kWh/Jahr]	
				Brennstoff	Hackgut	[1]	
				Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
				Brennstoffkosten Spitze gesamt	748,48	[€]	
				erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]	
				entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]	
				Brennstoff	Hackgut	[1]	
				Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
				Brennstoffkosten Strom gesamt	331,25	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]		Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5323,46	[€]	
Betriebsgebundene Kosten				Betriebsgebundene Kosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Wartungsintervall	8760	[h]		Wartungsintervall	8760,00	[h]	
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]		Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]		Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	
				Spitzenlastkessel			
				Wartungsintervall	8760,00	[h]	
				Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	
				Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	
				Linator			
				Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]	
				Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
				Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
				Wartungen pro Jahr	1,34	[1]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]		Summe Betriebsgebundene Kosten	1138,66	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]		Variable Kosten pro Jahr	6462,13	[1]	
Erträge				Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]		Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	0,00	[€]		Summe Erträge Strom	2566,32	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]		Jährliches Betriebsergebnis	-3895,80	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]		Gesamtkosten über Lebensdauer	128037,83	[€]	



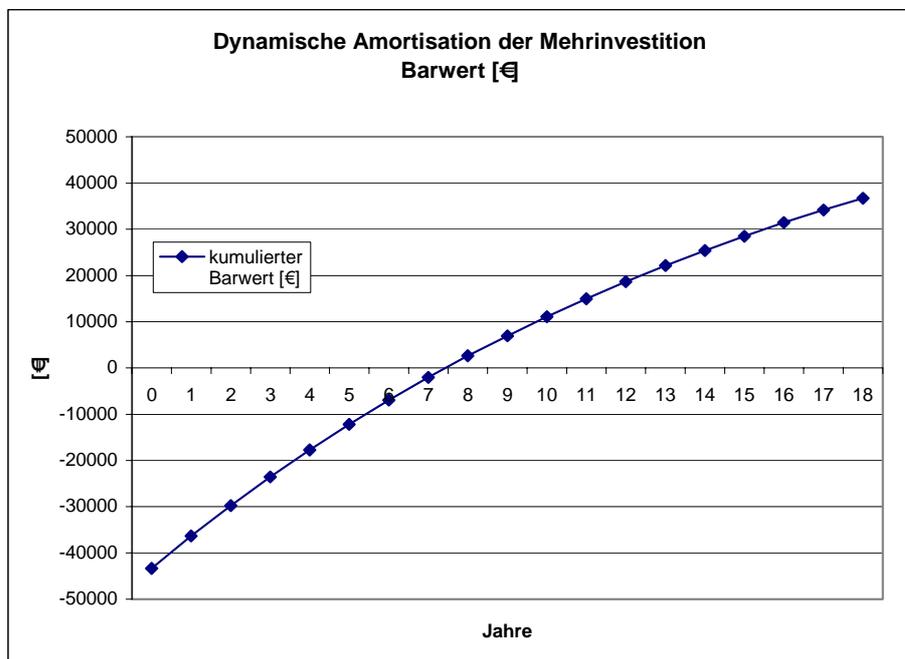
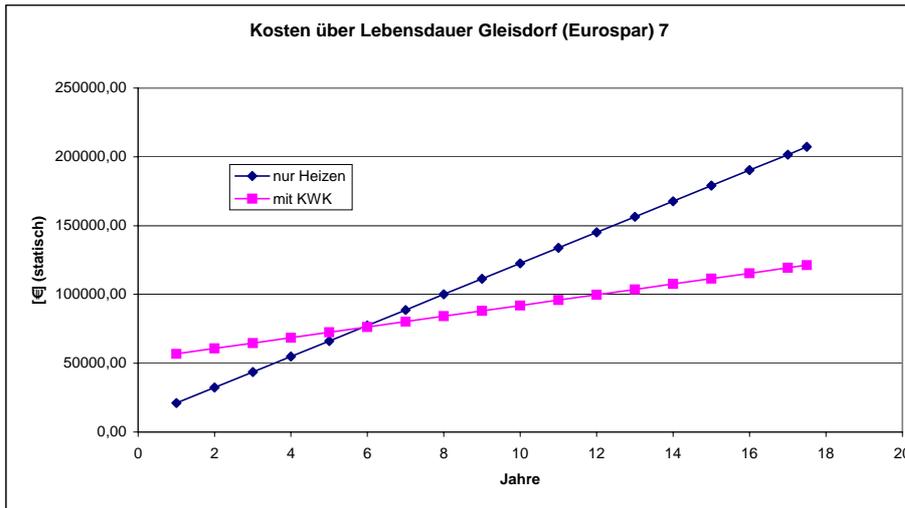
Konzept 6 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf				Konzept Suposs für Gleisdorf (6)			
Lebensdauer	17,50	[Jahre]		Lebensdauer	17,50	[Jahre]	
Investitionskosten				Investitionskosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]		Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesseltyp	Gas 210	[1]		Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackgut	[1]	
Kesselennleistung	160,00	[kW]		Kesselennleistung	55,00	[kW]	
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]		Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]	
Wirkungsgrad	92,00	[%]		Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]		Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]	
Anschlußkosten	2500,00	[€]		Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]		KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]	
				erzeugte Heizenergie	200172,54	[kWh/Jahr]	
Kraftkomponente der KWK				Kraftkomponente der KWK			
Hersteller				Hersteller	Button Energy GmbH	[1]	
Type				Type	Bison Plus	[1]	
Nennleistung (elektrisch) je Linator				Nennleistung (elektrisch) je Linator	3,00	[kW]	
Minimale moduliert darstellbare Leistung				Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]	
Listenpreis exkl. MwSt. je Modul				Listenpreis exkl. MwSt. je Modul	11500,00	[€]	
Anzahl Linatoren				Anzahl Linatoren	2,00	[1]	
Gesamtpreis exkl. MwSt.				Gesamtpreis exkl. MwSt.	23000,00	[€]	
Anschlußkosten				Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte elektrische Energie				erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]	
entspricht Volllaststunden				entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]	
Spitzenlastkessel				Spitzenlastkessel			
Kesselhersteller				Kesselhersteller	Fröling	[1]	
Kesseltyp				Kesseltyp	Turbomatik 110 kW	[1]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Kesselennleistung				Kesselennleistung	110,00	[kW]	
Minimale moduliert darstellbare Leistung				Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]	
Wirkungsgrad				Wirkungsgrad	92,00	[%]	
Listenpreis exkl. MwSt.				Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]	
Anschlußkosten				Anschlußkosten	0,00	[€]	
erzeugte Heizenergie				erzeugte Heizenergie	41535,15	[kWh/Jahr]	
Brennstofflager Grundlastkessel				Brennstofflager Grundlastkessel			
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)				aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	268428,43	[kWh]	
eingesetzte Biomasse				eingesetzte Biomasse	291770,04	[kWh]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Energieinhalt				Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]	
Brennstoffvolumen pro Jahr				Brennstoffvolumen pro Jahr	399,68	[m³]	
Brennstofflieferungen pro Jahr				Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]	
Lagerraumhöhe				Lagerraumhöhe	2,50	[m]	
Grundfläche Lagerraum				Grundfläche Lagerraum	19,98	[m²]	
Quadratmeterpreis				Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]	
Kosten Brennstofflager				Kosten Brennstofflager	5795,43	[€]	
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]		Summe Investitionskosten	71591,43	[€]	
Variable Kosten				Variable Kosten			
Verbrauchsgebundene Kosten				Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]		erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	200172,54	[kWh/Jahr]	
Brennstoff	Gas	[1]		Brennstoff	Hackgut	[1]	
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]		Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]		Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4134,00	[€]	
Verbrauchsgebundene Kosten				Verbrauchsgebundene Kosten			
erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel				erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	41535,15	[kWh/Jahr]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Brennstoffkosten / kWh				Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten Spitze gesamt				Brennstoffkosten Spitze gesamt	857,79	[€]	
erzeugte elektrische Energie				erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]	
entspricht Volllaststunden				entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]	
Brennstoff				Brennstoff	Hackgut	[1]	
Brennstoffkosten / kWh				Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]	
Brennstoffkosten Strom gesamt				Brennstoffkosten Strom gesamt	551,84	[€]	
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]		Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5543,63	[€]	
Betriebsgebundene Kosten				Betriebsgebundene Kosten			
Kessel				Grundlastkessel			
Wartungsintervall	8760	[h]		Wartungsintervall	8760,00	[h]	
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]		Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]		Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]	
Spitzenlastkessel				Spitzenlastkessel			
Wartungsintervall				Wartungsintervall	8760,00	[h]	
Wartungsvertrag				Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile				Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	
Linator				Linator			
Wartungsintervall Linator				Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]	
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung				Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung				Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]	
Wartungen pro Jahr				Wartungen pro Jahr	2,23	[1]	
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]		Summe Betriebsgebundene Kosten	1227,67	[€]	
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]		Variable Kosten pro Jahr	6771,30	[1]	
Erträge				Erträge			
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]		Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]	
Summe Erträge Strom	0,00	[€]		Summe Erträge Strom	4275,32	[€]	
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]		Jährliches Betriebsergebnis	-2495,99	[€]	
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]		Gesamtkosten über Lebensdauer	115271,18	[€]	



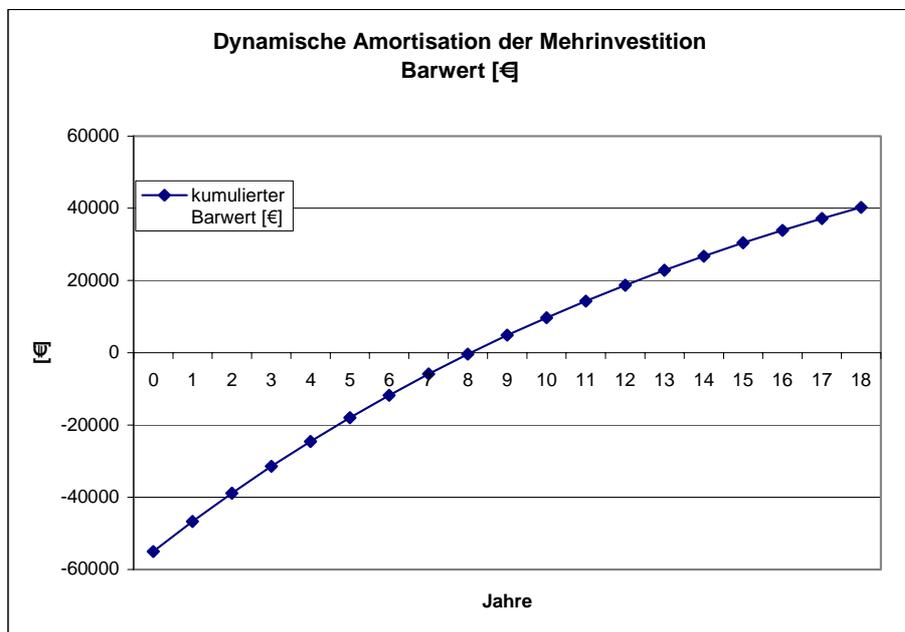
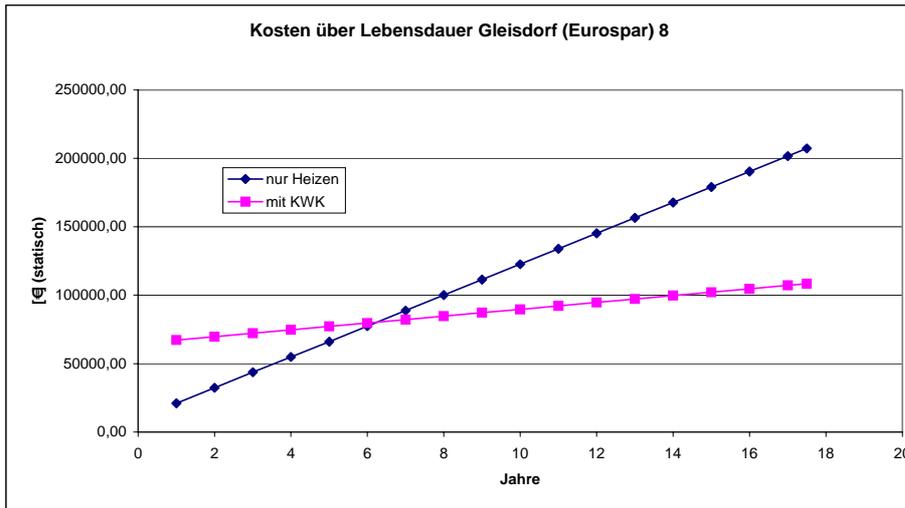
Konzept 7 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (7)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-2550,00	[€]
Kesselnenleistung	160,00	[kW]	Kessel der KWK (Bison Integral)		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 28 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Kesselnenleistung	28,00	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	5,00	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			erzeugte Heizenergie	130425,49	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
			Type	Bison Integral	[1]
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselhersteller		[1]
			Kesseltyp		[1]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Kesselnenleistung	130,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			Listenpreis exkl. MwSt.	33000,00	[€]
			Anschlußkosten	0,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	111311,04	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	257776,05	[kWh]
			eingesetzte Biomasse	280191,36	[kWh]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	383,82	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
			Grundfläche Lagerraum	19,19	[m²]
			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
			Kosten Brennstofflager	5565,44	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	53015,44	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	130425,49	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2693,57	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	111311,04	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	2298,81	[€]
			erzeugte elektrische Energie	16039,52	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	5346,51	[h]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	331,25	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5323,64	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel (Bison Integral)		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator (Bison Integral)		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	1,34	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1138,66	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6462,30	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2566,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-3895,98	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	121195,02	[€]



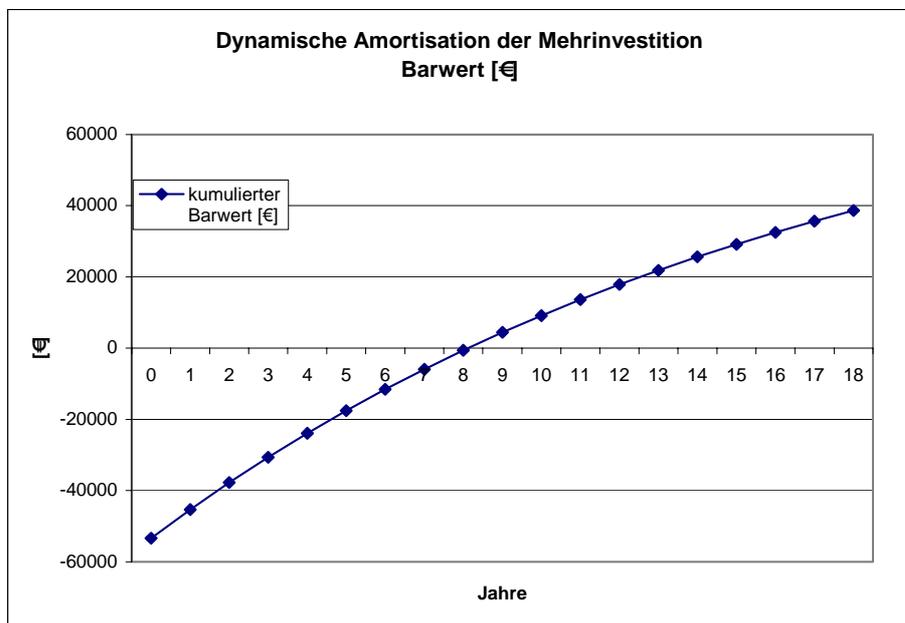
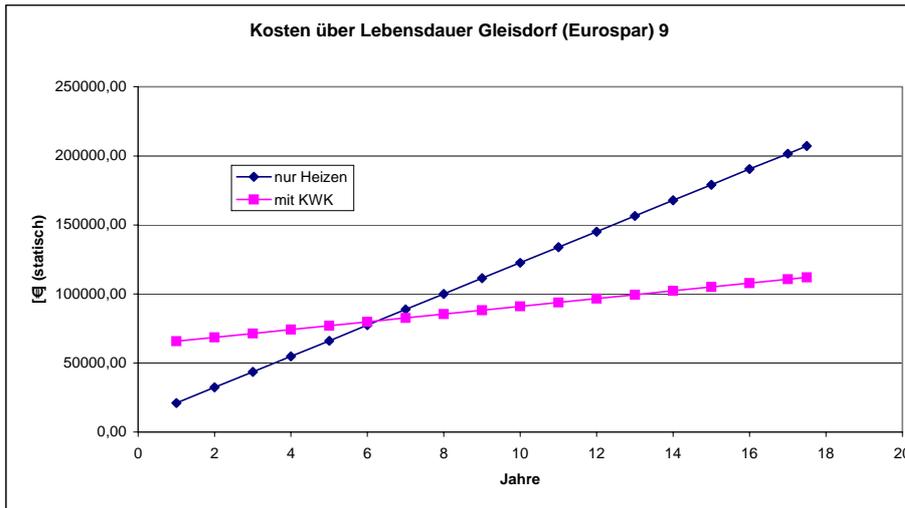
Konzept 8 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (8)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt. (je Bison Integral)	17000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anzahl Aggregate	2,00	[1]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	Listenpreis exkl. MwSt. gesamt	34000,00	[€]
Kesselnenleistung	160,00	[kW]	Anschlußkosten	0,00	[€]
			KWK-Förderung (30%)	-5100,00	[€]
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kessel der KWK (Bison Integral)		
Kesstyp	Gas 210	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Kesstyp	Turbomatik 28 kW	[1]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
Minimale moduliert darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Kesselnenleistung	56,00	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	14,00	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			erzeugte Heizenergie	211653,85	[kWh/Jahr]
			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
			Type	Bison Integral	[1]
			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
			Spitzenlastkessel		
			Kesselhersteller	Fröling	[1]
			Kesstyp	Turbomatik 110 kW	[1]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Kesselnenleistung	110,00	[kW]
			Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]
			Wirkungsgrad	92,00	[%]
			Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
			Anschlußkosten	0,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	30037,81	[kWh/Jahr]
			Brennstofflager Grundlastkessel		
			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	268412,40	[kWh]
			eingesetzte Biomasse	291752,61	[kWh]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
			Brennstoffvolumen pro Jahr	399,66	[m³]
			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
			Grundfläche Lagerraum	19,98	[m²]
			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
			Kosten Brennstofflager	5795,09	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	64695,09	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	211653,85	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4371,11	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	30037,81	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	620,35	[€]
			erzeugte elektrische Energie	26720,74	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	8906,91	[h]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	551,84	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5543,30	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
			Linator		
			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
			Wartungen pro Jahr	2,23	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1227,67	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6770,97	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	4275,32	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2495,65	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	108369,04	[€]



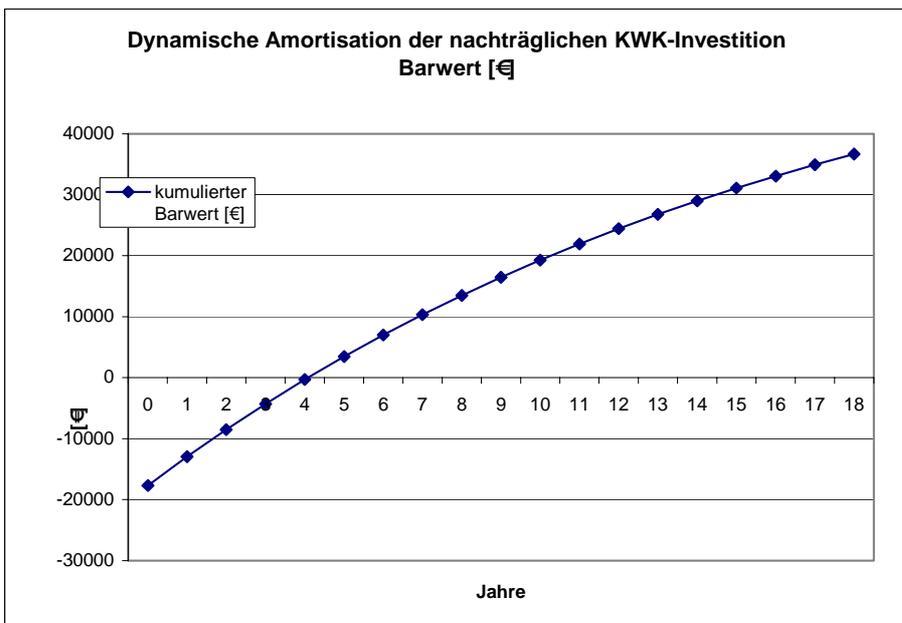
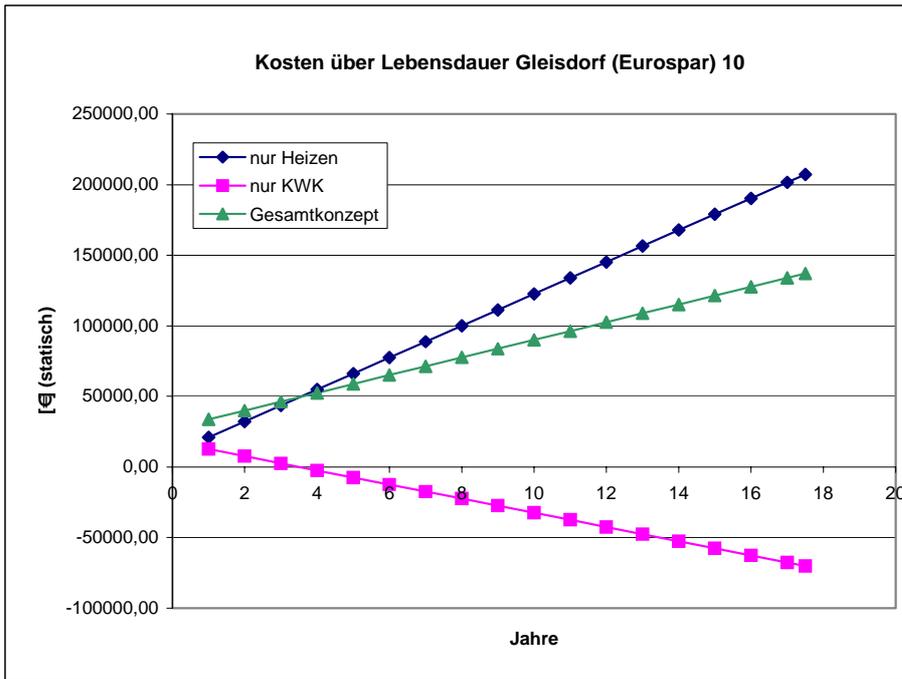
Konzept 9 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (9)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselennleistung	160,00	[kW]	Kesselennleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlusskosten	2500,00	[€]	Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	202013,68	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK			Kraftkomponente der KWK		
Hersteller			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
Type			Type	Bison Plus	[1]
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	5,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	14500,00	[€]
Anschlusskosten			Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	23823,67	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	4764,73	[h]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Kesselhersteller			Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp			Kesseltyp	Turbomatik 110 kW	[1]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselennleistung			Kesselennleistung	110,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
Anschlusskosten			Anschlusskosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie			erzeugte Heizenergie	39701,60	[kWh/Jahr]
Brennstofflager Grundlastkessel			Brennstofflager Grundlastkessel		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	265538,95	[kWh]
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	288629,29	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Energieinhalt			Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	395,38	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
Lagerraumhöhe			Lagerraumhöhe	2,50	[m]
Grundfläche Lagerraum			Grundfläche Lagerraum	19,77	[m²]
Quadratmeterpreis			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	5733,05	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	63029,05	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	202013,68	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4172,02	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	39701,60	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	819,92	[€]
			erzeugte elektrische Energie	23823,67	[kWh/Jahr]
			entspricht Volllaststunden	4764,73	[h]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Strom gesamt	492,01	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	5483,96	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Wartungsintervall			Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
Linator			Linator		
Wartungsintervall Linator			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Wartungen pro Jahr			Wartungen pro Jahr	1,19	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1124,12	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	6608,07	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	3811,79	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-2796,29	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	111964,08	[€]



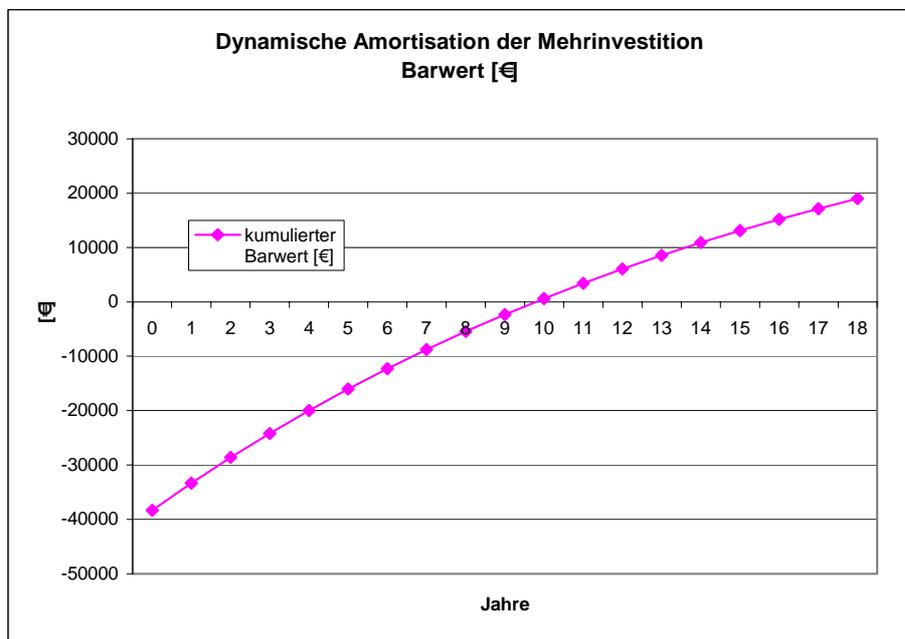
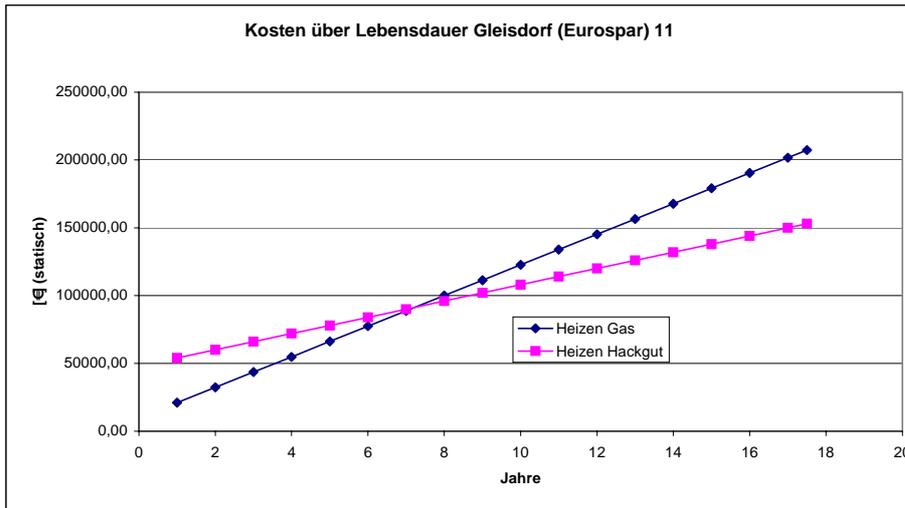
Konzept 10 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (10)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			BISON INTEGRAL		
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	17000,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
			KWK-Förderung (30%)	-2550,00	[€]
Kessel der KWK (Bison Integral)			Kessel der KWK (Bison Integral)		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 28 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kesselnennleistung	28,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	5,00	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie	134728,28	[kWh/Jahr]
Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)			Kraftkomponente der KWK (Bison Integral)		
Hersteller			Hersteller	Button Energy GmbH	[1]
Type			Type	Bison Integral	[1]
Nennleistung (elektrisch)			Nennleistung (elektrisch)	3,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	0,50	[kW]
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	16574,05	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	5524,68	[h]
Brennstofflager für BISON INTEGRAL			Brennstofflager für BISON INTEGRAL		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)	151302,33	[kWh]
eingesetzte Biomasse			eingesetzte Biomasse	164459,05	[kWh]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Energieinhalt			Energieinhalt	730,00	[kWh/srm]
Brennstoffvolumen pro Jahr			Brennstoffvolumen pro Jahr	225,29	[m³]
Brennstofflieferungen pro Jahr			Brennstofflieferungen pro Jahr	8,00	[1]
Lageraumhöhe			Lageraumhöhe	2,50	[m]
Grundfläche Lagerraum			Grundfläche Lagerraum	11,26	[m²]
Quadratmeterpreis			Quadratmeterpreis	290,00	[€/m²]
Kosten Brennstofflager			Kosten Brennstofflager	3266,65	[€]
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	17716,65	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	134728,28	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	2782,43	[€]
Grundlastkessel (Bison Integral)			Grundlastkessel (Bison Integral)		
erzeugte elektrische Energie			erzeugte elektrische Energie	16574,05	[kWh/Jahr]
entspricht Volllaststunden			entspricht Volllaststunden	5524,68	[h]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten Strom gesamt	342,29	[€]	Brennstoffkosten Strom gesamt	342,29	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	3124,72	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel (Bison Integral)		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
Linator (Bison Integral)			Linator (Bison Integral)		
Wartungsintervall Linator			Wartungsintervall Linator	4000,00	[h]
Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung			Kosten Wartung u. Reinigung / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung			Kosten Ersatzteile u. Reparaturen / Wartung	50,00	[€/Jahr]
Wartungen pro Jahr			Wartungen pro Jahr	1,38	[1]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	433,12	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	3557,84	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,16	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	2651,85	[€]
eingesparte Heizenergie (Gaskessel)			eingesparte Heizenergie (Gaskessel)		
eingesparte Heizenergie (Gaskessel)			eingesparte Heizenergie (Gaskessel)	134728,28	[kWh/Jahr]
Brennstoff			Brennstoff	Gas	[1]
Brennstoffkosten / kWh			Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]
Wirkungsgrad (Gaskessel)			Wirkungsgrad (Gaskessel)	92,00	[%]
ersparte eingesetzte Brennstoffmenge (Gaskessel)			ersparte eingesetzte Brennstoffmenge (Gaskessel)	146443,79	[kWh/Jahr]
eingesparte Heizkosten (Gaskessel)	5930,97	[€]	eingesparte Heizkosten (Gaskessel)	5930,97	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	5024,98	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	-70220,53	[€]



Konzept 11 – Eurospar (Gleisdorf)

Bestehende Anlage für Gleisdorf			Konzept Suposs für Gleisdorf (5)		
Lebensdauer	17,50	[Jahre]	Lebensdauer	17,50	[Jahre]
Investitionskosten			Investitionskosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Kesselhersteller	Heizbösch	[1]	Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp	Gas 210	[1]	Kesseltyp	Turbomatik 55 kW	[1]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselnennleistung	160,00	[kW]	Kesselnennleistung	55,00	[kW]
Minimale modulierbar darstellbare Leistung	16,00	[kW]	Minimale moduliert darstellbare Leistung	13,75	[kW]
Wirkungsgrad	92,00	[%]	Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.	7180,00	[€]	Listenpreis exkl. MwSt.	18280,00	[€]
Anschlußkosten	2500,00	[€]	Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	KWK-Förderung (30%)	-5484,00	[€]
			erzeugte Heizenergie	205485,98	[kWh/Jahr]
Spitzenlastkessel			Spitzenlastkessel		
Kesselhersteller			Kesselhersteller	Fröling	[1]
Kesseltyp			Kesseltyp	Turbomatik 110 kW	[1]
Brennstoff			Brennstoff	Hackgut	[1]
Kesselnennleistung			Kesselnennleistung	110,00	[kW]
Minimale moduliert darstellbare Leistung			Minimale moduliert darstellbare Leistung	27,50	[kW]
Wirkungsgrad			Wirkungsgrad	92,00	[%]
Listenpreis exkl. MwSt.			Listenpreis exkl. MwSt.	30000,00	[€]
Anschlußkosten			Anschlußkosten	0,00	[€]
erzeugte Heizenergie			erzeugte Heizenergie	36242,23	[kWh/Jahr]
Brennstofflager Grund- u. Spitzenlastkessel			Brennstofflager Grund- u. Spitzenlastkessel		
aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)			aus Biomasse erzeugte Energie (Heizen/elektrisch)		
			eingesetzte Biomasse		
			Brennstoff		
			Hackgut		
			Energieinhalt		
			Brennstoffvolumen pro Jahr		
			Brennstofflieferungen pro Jahr		
			Lagerraumhöhe		
			Grundfläche Lagerraum		
			Quadratmeterpreis		
			Kosten Brennstofflager		
Summe Investitionskosten	9680,00	[€]	Summe Investitionskosten	48014,97	[€]
Variable Kosten			Variable Kosten		
Verbrauchsgebundene Kosten			Verbrauchsgebundene Kosten		
erzeugte Heizenergie	240391,00	[kWh/Jahr]	erzeugte Heizenergie Grundlastkessel	205485,98	[kWh/Jahr]
Brennstoff	Gas	[1]	Brennstoff	Hackgut	[1]
Brennstoffkosten / kWh	0,04	[€/kWh]	Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
Brennstoffkosten gesamt	10582,43	[€]	Brennstoffkosten Grundlast gesamt	4243,73	[€]
			erzeugte Heizenergie Spitzenlastkessel	36242,23	[kWh/Jahr]
			Brennstoff	Hackgut	[1]
			Brennstoffkosten / kWh	0,02	[€/kWh]
			Brennstoffkosten Spitze gesamt	748,48	[€]
Summe Verbrauchsgebundene Kosten	10582,43	[€]	Summe Verbrauchsgebundene Kosten	4992,21	[€]
Betriebsgebundene Kosten			Betriebsgebundene Kosten		
Kessel			Grundlastkessel		
Wartungsintervall	8760	[h]	Wartungsintervall	8760,00	[h]
Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]	Wartungsvertrag	195,00	[€/Jahr]
Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]	Kosten Ersatzteile	100,00	[€/Jahr]
			Spitzenlastkessel		
			Wartungsintervall	8760,00	[h]
			Wartungsvertrag	460,00	[€/Jahr]
			Kosten Ersatzteile	250,00	[€/Jahr]
Summe Betriebsgebundene Kosten	710,00	[€]	Summe Betriebsgebundene Kosten	1005,00	[€]
Variable Kosten pro Jahr	11292,43	[1]	Variable Kosten pro Jahr	5997,21	[1]
Erträge			Erträge		
Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]	Preis rückgespeicher Strom	0,00	[€/kWh]
Summe Erträge Strom	0,00	[€]	Summe Erträge Strom	0,00	[€]
Jährliches Betriebsergebnis	-11292,43	[€]	Jährliches Betriebsergebnis	-5997,21	[€]
Gesamtkosten über Lebensdauer	207297,52	[€]	Gesamtkosten über Lebensdauer	152966,19	[€]



Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 8 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 3-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 16 kVA, 400V, 50 Hz	2,7 bis 7,8
Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 13 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 4-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 16 kVA, 400V, 50 Hz	4,6 bis 13
Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 20 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 4-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 25 kVA, 400V, 50 Hz	7 bis 20
Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 27 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 4-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 35 kVA, 400V, 50 Hz	9,5 bis 27
Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 41 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 6-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 60 kVA, 400V, 50 Hz	14,5 bis 41
Hubert Tippkötter GmbH	Öko Vario 50 N	www.tippkoetter.de	Yanmar 6-Zylinder Motor	x																Synchronegenerator, 70 kVA, 400V, 50 Hz	20 bis 50
Buderus Heiztechnik	Loganova	www.heiztechnik.buderus.de	4-Zylinder-Gas-Otto-Motor																	Synchronegenerator 400V, 50 Hz	18
Buderus Heiztechnik	Loganova	www.heiztechnik.buderus.de	4-Zylinder-Gas-Otto-Motor																	Synchronegenerator 400V, 50 Hz	50

Technologieroadmaps



Projekt SUPOSS ENERGIE

Datenbasis: IM 02 Heizleistung 375 kW
 Fluss-Kühllastung ca. 142 kW
 Massiv-Kühllastung ca. 63 kW
 Kühllastung rd. 105 kW
 Stromleistung 1.450.000 kWh/a
 Gasleistung 750.000 kWh/a
 Stromkosten 0,096 €/kWh
 Gaskosten 0,036 €/kWh

	Kurzfristig technisch realisierbar	Mittelfristig realisierbar	Langfristig realisierbar
Biomasse – basierte Systeme	<p>IM - B 02: Biomasse befeuerte BHKW mit 35 kW Stirling-Motor (BIOG Variante 1)</p> <p>IM - B 01: Biomasse befeuerte Holzheizkessel zur 100%igen Eigenversorgung mit Raumwärme aus Solar-Biomasse</p> <p>IM - B 04: Biomasse befeuerte BHKW mit 70 kW Stirling-Motor und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung (BIOG Variante 7)</p> <p>IM - B 03: Biomasse befeuerte Holzheizkessel und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung (BIOG Variante 6)</p>	<p>IM - B 05: Biomasse befeuerte BHKW mit 100 kW OTC-Anlage und Nahwärmenetz zur Versorgung der Umgebung</p> <p>IM - B 06: Biomasse befeuerte Raumheizung mit thermisch angepasster LBT-Absorptionstechnologie ab 15kW, (Nahwärmtemperatur <math>90^{\circ}\text{C}</math>, COP <math>0,85</math>)</p>	<p>IM - B 08: Biomasse getriebene Kraft-Wärme-Kälteanlage mit ORC-Prozess und Nahwärme-Netzwerk zur Versorgung der Umgebung (BIOG)</p> <p>IM - B 07: Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kälteanlage mit ORC-Prozess und Nahwärme-Netzwerk zur Versorgung der Umgebung (BIOG)</p>
Einfache solare Systeme	<p>IM - S05: Photovoltaik-Anlage (Dach, Fassade, Vertikal)</p> <p>IM - S04: Raumheizung / Kühlung mit Wärmepumpen über Fotovoltaik-Flächenheizung (Solarair)</p> <p>IM - S03: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Luftströme</p> <p>IM - S02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Entlüftblechen</p> <p>IM - S01: Veränderungen im Gebäudekonzept als Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>IM - S03: Biomasse-, Thermosolare und Solar-ventilator-Biomasse angelegte Double-effect Ammoniakabsorber-Anlage für Plakette ab 40 kW</p> <p>IM - S02: Raumwärme mit Biomasse und Kühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p> <p>IM - S01: Raumwärme mit Biomasse und Raumkühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p>	<p>IM - S05: Solar- und Biomasse betriebene - Triple-effect Ammoniakabsorber für integrierte Systeme Raumkühlung / Gebäudekühlung mit Photovoltaik/VRV als solare Anlage</p> <p>IM - S04: Solar- und Biomasse befeuerte Raumdecksanierung und Gebäudekühlung mit Compound-Technologie</p>
Kombinierte Biomasse und solare Systeme	<p>IM - S03: Biomasse-, Thermosolare und Solar-ventilator-Biomasse angelegte Double-effect Ammoniakabsorber-Anlage für Plakette ab 40 kW</p> <p>IM - S02: Raumwärme mit Biomasse und Kühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p> <p>IM - S01: Raumwärme mit Biomasse und Raumkühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p>	<p>IM - S03: Biomasse-, Thermosolare und Solar-ventilator-Biomasse angelegte Double-effect Ammoniakabsorber-Anlage für Plakette ab 40 kW</p> <p>IM - S02: Raumwärme mit Biomasse und Kühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p> <p>IM - S01: Raumwärme mit Biomasse und Raumkühlung mit thermisch (oder unidirektional Biomasse) angepasster LBT-Absorptionstechnologie</p>	<p>IM - S05: Solar- und Biomasse betriebene - Triple-effect Ammoniakabsorber für integrierte Systeme Raumkühlung / Gebäudekühlung mit Photovoltaik/VRV als solare Anlage</p> <p>IM - S04: Solar- und Biomasse befeuerte Raumdecksanierung und Gebäudekühlung mit Compound-Technologie</p>
Kombinierte Biomasse und solare Systeme	<p>IM - KS 02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Fassaden-Luftströme, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p> <p>IM - KS 01: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Entlüftblechen, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p>	<p>IM - KS 02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Fassaden-Luftströme, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p> <p>IM - KS 01: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Entlüftblechen, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p>	<p>IM - KS 02: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Fassaden-Luftströme, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p> <p>IM - KS 01: Mechanische Be- und Entlüftung mit Verdünnung oder Verdrängung über Entlüftblechen, Raumwärme-Kühlung durch Wärmepumpe</p>

Datenbasis: 335, 672, 313 Heizleistung 120-160 kW Plus-Kälteleistung ca. 60-80 kW Minus-Kälteleistung ca. 20-40 kW Kühlleistung lt. 80 kW Strombezug 650 – 950.000 kWh/a Gasbezug 75 – 250.000 kWh/a

	Kurzfristig technisch realisierbar	Mittelfristig	Langfristig
Biomasse – basierte Systeme	<p>ES - B02 Biomasse befeuerte Hochdruck- und Niedrldruck zur Versorgung der Umgebungs</p> <p>ES - B04 Biomasse befeuerte Mikro-ORC und Mikro-Niedrldruck zur Versorgung der Umgebungs</p> <p>ES - B01 Biomasse befeuerte Hochdruck zur Versorgung mit Raumwärme aus fester Biomasse</p> <p>ES - B03 Biomasse befeuerte KWK-Anlage (BE)</p>	<p>ES - B05 Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Dampfheiz- und Nebenstrom-Mikro-ORC (BE)</p>	<p>ES - B06 Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Dampfheiz- und Nebenstrom-Mikro-ORC (BE)</p>
Kombinierte Biomasse und solare Systeme	<p>ES - S55 Photovoltaik-Anlage (Dach, Fassade, Vordach)</p> <p>ES - S04 Raumheiz- / Kühlen mit Wärmepumpen über Fußbodenheizung</p> <p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S02 Raumwärme mit Biomasse und Kühlung mit thermisch (solar und/oder Biomasse) angetriebener Adsorptionsmaschine</p> <p>ES - S011 Raumwärme mit Biomasse und Raumkühlung mit thermisch (solar und/oder Biomasse) angetriebener Adsorptionsmaschine</p> <p>ES - S03 Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorwärmung über Lüftungsstrom</p> <p>ES - S02 Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorwärmung über Erdbeheizungen</p> <p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S05 Solar- und Biomasse betriebene Trieb-effect Atmosphärenkühler für integrierte Systeme (Raumkühlung / Gewächshäuser mit Produktionszweck) als solare Antrieb</p> <p>ES - S05 Solar- und Biomasse betriebene Raumkühlung mit Biomasse angetriebener LiBr-Absorptionsmaschine ab 15kW</p> <p>ES - S04 Raumkühlung mit CEC-Anlage und solarom bzw Biomasse befeuertem Antrieb</p> <p>ES - S03 Raumheiz- / Kühlen mit Adsorptions-Wärmepumpen über Fußbodenheizung</p>
Einfache solare Systeme	<p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S02 Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorwärmung über Fußbodenheizung</p> <p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S03 Raumheiz- / Kühlen mit Adsorptions-Wärmepumpen über Fußbodenheizung</p>
Kombinierte Biomasse und solare Systeme	<p>ES - S02 Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorwärmung über Erdbeheizungen</p> <p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S02 Mechanische Be- und Entlüftung mit Vorwärmung oder Vorwärmung über Erdbeheizungen</p> <p>ES - S01 Verankerungen am Gebäudekonzept die Voraussetzung für solare Energiebereitstellung</p>	<p>ES - S03 Raumheiz- / Kühlen mit Adsorptions-Wärmepumpen über Fußbodenheizung</p>
Biomasse – basierte Systeme		<p>ES - B05 Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Dampfheiz- und Nebenstrom-Mikro-ORC (BE)</p>	<p>ES - B06 Biomasse befeuerte Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem Dampfheiz- und Nebenstrom-Mikro-ORC (BE)</p>
Kombinierte Biomasse und solare Systeme		<p>ES - S05 Solar- und Biomasse betriebene Trieb-effect Atmosphärenkühler für integrierte Systeme (Raumkühlung / Gewächshäuser mit Produktionszweck) als solare Antrieb</p> <p>ES - S05 Solar- und Biomasse betriebene Raumkühlung mit Biomasse angetriebener LiBr-Absorptionsmaschine ab 15kW</p> <p>ES - S04 Raumkühlung mit CEC-Anlage und solarom bzw Biomasse befeuertem Antrieb</p>	<p>ES - S05 Kombinierte Solar- und Biomasse angetriebene Kraft-Wärme-Kältekopplung mit integriertem LiBr-Absorptionsgenerator (15 kW) und solare Kühlung mittels Dampfheiztechnologie</p> <p>ES - S04 Solar- und Biomasse befeuerte Raumwärmebereitstellung und Gebäudekühlung mit Dampfheiztechnologie</p> <p>ES - S03 Flüssige Sorptionsysteme</p>

www.NachhaltigWirtschaften.at