

Produzieren mit Sonnenenergie

Potenzialstudie zur thermischen Solarenergienutzung in
österreichischen Gewerbe- und Industriebetrieben

T. Müller, W. Weiß,
H. Schnitzer, C. Brunner, U. Begander, O. Themel

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

1/2004

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
Nedergasse 23, 1190 Wien
E-Mail: versand@projektfabrik.at

Produzieren mit Sonnenenergie

Potenzialstudie zur thermischen Solarenergienutzung in
österreichischen Gewerbe- und Industriebetrieben

Projektleiter:

DI Thomas Müller, Ing. Werner Weiß
AEE INTEC

Projektpartner:

Univ. Prof. Dr. Hans Schnitzer, DI Christoph Brunner,
Uwe Begander, Oliver Themel
JOINTS

Gleisdorf, Jänner 2004

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassungen und Einleitung	5
1.1	Kurzfassung – Deutsch	5
1.2	Project abstract	10
1.3	Einleitung	13
2	Identifizierung von Produktionsprozessen und Branchen, die für thermische Solarenergienutzung in Frage kommen	15
2.1	Branchenunterteilung nach ÖNACE 1995	16
2.2	Ergebnisse der Recherchen im nationalen Bereich	17
2.3	Ergebnisse der Recherchen im internationalen Bereich	24
2.4	Auswahl jener Branchen, die prinzipiell für den Einsatz solarer Prozesswärme geeignet erscheinen	33
2.5	Generelle Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Sachgütererzeugung	36
3	Stand der Technik - Solarthermische Systeme zur Generierung von Prozesswärme	42
3.1	Kollektortechnologie	42
3.2	Systemkonzepte für solar unterstützte Prozesswärme	46
3.3	Systemkonzepte für solar unterstützte Hallenheizung	54
4	Branchenbeschreibungen und Solarpotenziale der relevanten Sektoren der österreichischen Sachgüterproduktion	59
4.1	Milchverarbeitung - NACE 155	61
4.2	Herstellung von Bier - NACE 1596	78
4.3	Schlachthäuser und Fleischverarbeitung - NACE 151	107
4.4	Herstellung von Textilien und Textilwaren - NACE 17	109
4.5	Herstellung von Kunststoffwaren - NACE 252	123
4.6	Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips - NACE 266	136
5	Potenzialanalyse	145
5.1	Ausgangslage – Endenergieverbrauch im produzierenden Bereich für Österreich	145
5.2	Solarthermisches Potenzial für Industrie und Gewerbe Österreichs	148
5.3	Ergebnisse aus Recherchen im internationalen Bereich – Vergleich mit Untersuchungen in anderen Staaten	153
6	Dokumentation bestehender Anlagen	155
7	Fallstudien	161
7.1	Vorgehensweise zur Erstellung der Fallstudien	162
7.2	Wesentliche Ergebnisse aus den Fallstudien	163
7.3	Fallstudie Solaranlage Körner - Wies	167
7.4	Fallstudie Solaranlage Autowaschboxen Janko - Köflach	182
7.5	Fallstudie Solaranlage S&W Umwelttechnik - Klagenfurt	195
7.6	Fallstudie Solaranlage Beerenfrost - Lieboch	207
7.7	Fallstudie Solaranlage Berglandmilch – Voitsberg	215
7.8	Fallstudie Solaranlage Bramac - Gaspoltshofen	235

8	Workshop – „PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie“	250
9	Abschlussbetrachtungen.....	251
9.1	Beitrag des Projektes zu „Fabrik der Zukunft“	251
9.2	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	252
9.3	Ausblick und Empfehlungen	252
10	Verzeichnisse.....	255
10.1	Literaturverzeichnis	255
10.2	Abbildungsverzeichnis	260
10.3	Tabellenverzeichnis	263
11	Anhang	265
11.1	Fragebogen „Produzieren mit Sonnenenergie“	265
11.2	Anlagenübersicht	270
11.3	Workshop – Teilnehmerliste und Programm	302

1 Kurzfassungen und Einleitung

1.1 Kurzfassung – Deutsch

Die breite Anwendung von solarthermischen Anlagen konzentrierte sich bisher nahezu ausschließlich auf den Bereich der Ein- und Mehrfamilienhäuser. Obwohl die österreichische Industrie mit 264 PJ den Sektor mit dem größten Energieverbrauch darstellt und der Großteil der benötigten Energie Niedertemperaturwärme ist, wurde dieser Anwendungsbereich für die Nutzung von Solarenergie noch nicht erschlossen und systematisch untersucht.

Inhalt und Ziele des Projektes

Ziel des Projektes war es, die unternehmerischen Entscheidungsgrundlagen für Betriebe zu schaffen, die eine Nutzung von solarthermischen Anlagen in Industrie- und Gewerbebetrieben ermöglichen und so eine Entwicklung hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise unterstützen. Um diese Ziele zu erreichen, wurden im Rahmen des Projektes die folgenden Arbeiten durchgeführt:

Die Dokumentation erfolgreicher Beispiele des Einsatzes von solarthermischen Anlagen in Industrie und Gewerbe

Systemanalysen für eine Prozessintegration von Solarwärme in Produktionsprozesse

Die Erstellung von Systemkonzepten für die solare Raumwärmebereitung für Produktionshallen

Die Erhebung und Darstellung des Potenzials für die solarthermische Wärmebereitstellung für Produktionsprozesse und die Raumwärmebereitung von Produktionshallen

Durchführung von Fallstudien, um so die Umsetzung von Demonstrationsanlagen zu forcieren.

Methode der Bearbeitung

Erster Schritt war die Erhebung und Dokumentation des Niedertemperaturwärmebedarfs in Industrie- und Gewerbebetrieben. Aufbauend auf der Erhebung und Dokumentation wurde untersucht, in welchem Maße und unter welchen Rahmenbedingungen Niedertemperaturwärme auch über solarthermische Anlagen gedeckt werden könnte. Dabei werden insbesondere Bereiche aufgezeigt, die ein hohes unmittelbares Potenzial für die Solartechnik darstellen. D.h. Bereiche, die mit derzeit schon zur Verfügung stehender Technologie abgedeckt werden können.

Niedertemperatur – Energiebedarf der österreichischen Industrie

Als Niedertemperaturprozesse werden jene angesehen, die in einem Temperaturbereich von 20°C bis ca. 250°C ablaufen. Betrachtet man die Prozesse und Industriesektoren, die in diesem Temperaturbereich zu finden sind, ergibt sich folgendes Bild:

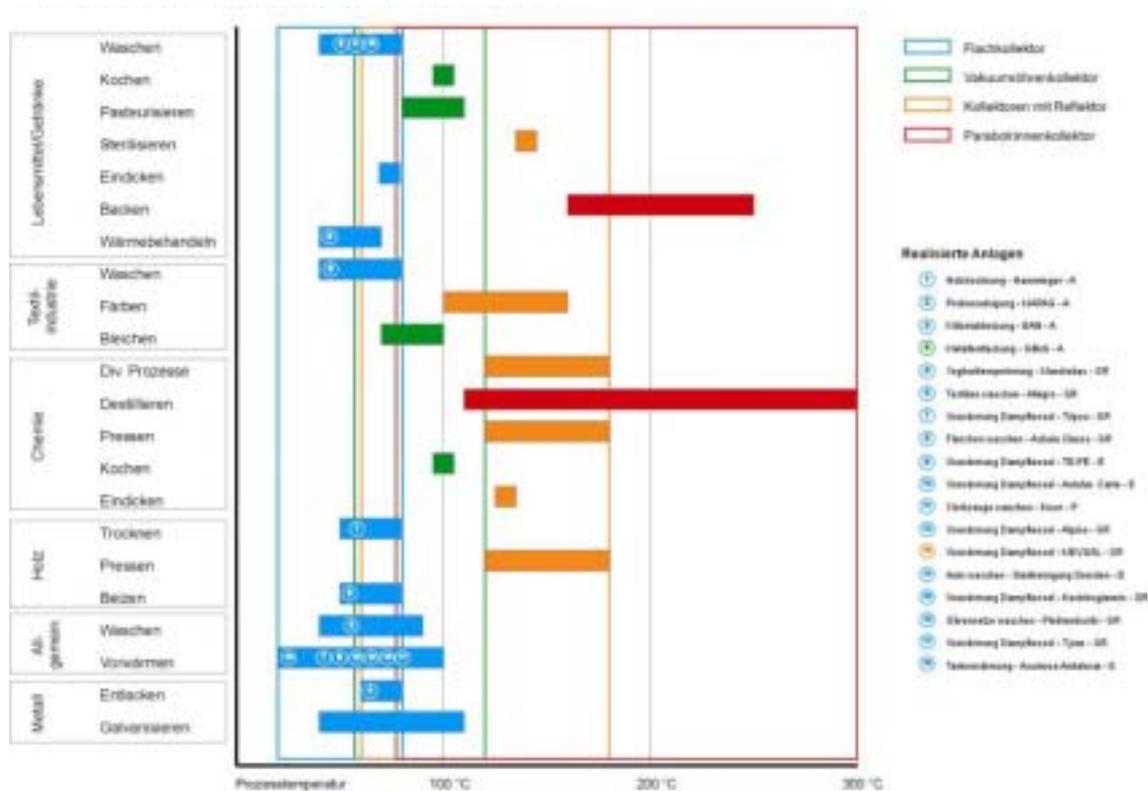


Abbildung 1.1: Prozesswärmeanwendungen und geeignete Kollektoren, sowie realisierte Anlagen

Die Bereiche Lebensmittelindustrie, Textilindustrie und chemische Industrie wiesen im Jahr 1997 einen Endenergiebedarf für Prozesswärme sowie Raumheizung und Kühlung von 28,5 PJ/Jahr auf, was einem Anteil von 11% des gesamten Endenergiebedarfs der österreichischen Industrie entspricht.

Andere Sektoren des Gewerbes und der Industrie zeigen zwar einen nur geringen Bedarf an Prozesswärme, wohl aber einen erheblichen Raumwärme- und Kühlbedarf von insgesamt 8,5 PJ pro Jahr.

Branchen, die Prozesswärme hauptsächlich im hohen Temperaturbereich über 300°C nachfragen, wurden in der Studie nicht berücksichtigt.

Das Potenzial solarthermischer Prozesswärme

Ausgehend vom oben genannten Energiebedarf für Prozesswärme und Raumheizung der betrachteten Gewerbe- und Industriesektoren kann das solarthermische Potenzial angegeben werden. Dabei sind durch die gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und mögliche Energieeffizienzsteigerungen ca. 40% einer solarthermischen Erschließung zugänglich. Weiters wird von solaren Deckungsbeiträgen von 40% für Prozesswärme bzw. 20% für Raumwärme ausgegangen, womit sich ein mittelfristiges solares Potenzial von 5,3 PJ/Jahr bzw. ein kurzfristiges Potenzial von 3,3 PJ/a ergibt. Die dafür notwendigen Kollektor-

flächen betragen damit 4.300.000 m² bzw. 2.600.000 m². Mittelfristig könnten damit 2% des gesamten industriellen Energiebedarfs Österreich durch Solarkollektoren generiert werden. Dazu sei angemerkt, dass die gesamte installierte Kollektorfläche in Österreich im Jahr 2001 ca. 2 Millionen Quadratmeter betrug.

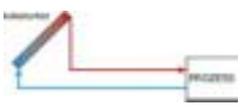
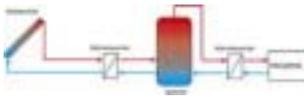
Im Vergleich dazu geben Potenzialstudien für die Länder Spanien und Portugal einen solarthermisch deckbaren Anteil an Prozesswärme im Bereich bis 250°C von 3,5% des Endenergiebedarfs der Industrie an, während eine Studie für die Niederlande von 0,3% spricht.

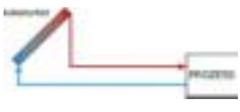
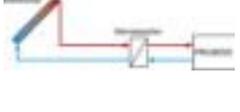
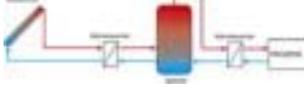
Möglichkeiten der Integration solarthermischer Anlagen

Der Planung einer Solaranlage zur Erzeugung von Prozesswärme muss auf jeden Fall immer eine Erhebung des Ist-Zustandes der Wärmeproduktion eines Betriebes vorangehen. Es sollen dabei nutzbare Energieeffizienzsteigerungen aufgezeigt werden und die Auslegung der Solaranlage auf die verbesserte Energiesituation des Unternehmens angepasst werden, um so eine möglichst ressourcenschonende Anlage zu errichten und zu betreiben.

Die Integration der Solaranlage wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, welche in Tabelle 1.1 in Form von ersten Systemkonzepten, die aus den Projekterkenntnissen abgeleitet wurden, zusammenfassend dargestellt sind.

Tabelle 1.1: Systemkonzepte Solare Prozesswärme

System	Deckungsgrad	Speicher	Art der Prozessführung	Prozesswärmebedarf
 Direkte Wärmeübertragung	niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als solarer Ertrag
 Indirekte Wärmeübertragung	niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als solarer Ertrag
 Indirekte Wärmeübertragung mit Speicher	hoch	Ja	satzweise kontinuierlich	meist gleich bzw. höher als solarer Ertrag
System	Wärmeträger		Kollektortyp	

 Direkte Wärmeübertragung	Luft	Luftkollektoren
	Wasser, Prozessmedium	je nach Prozesstemperatur (Flachkollektor, Vakuumröhren)
	Dampf	Parabolrinnenkollektor
 Indirekte Wärmeübertragung	<u>Primär:</u> Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl <u>Sekundär:</u> Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium	je nach Prozesstemperatur (Flachkollektor, Vakuumröhren)
 Indirekte Wärmeübertragung mit Speicher	<u>Primär:</u> Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl <u>Sekundär:</u> Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium	je nach Prozesstemperatur (Flachkollektor, Vakuumröhren)

Derzeit am Markt erhältliche Komponenten und Systeme wie Kollektoren, Speicher und Armaturen sind ausgereifter Stand der Technik und weisen Lebensdauererwartungen von ca. 20 Jahren auf. Viele Kollektorhersteller gewähren Garantien von bis zu 10 Jahren auf ihre Produkte. Vor allem Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren können für die Generierung von Prozesswärme bis zu einer Temperatur von 80°C bzw. 120°C wirtschaftlich eingesetzt werden.

Fallstudien

Für sechs Betriebe wurden innerhalb des Projektes Fallstudien erstellt, um die Möglichkeiten der solarthermischen Wärmeversorgung von Produktionsprozessen zu untersuchen und mögliche Systemkonzepte zu entwickeln. Durch Variation von Kollektorfeldgröße sowie Speichervolumen wurde die jeweils wirtschaftlichste Variante ermittelt und den Betrieben präsentiert. Basierend auf einer der Fallstudien wurde bereits im Oktober 2002 die Anlage „SunWash“ (solar versorgte Autowaschanlage) in Köflach in Betrieb genommen, womit nicht nur die technische, sondern auch die wirtschaftliche Machbarkeit solarthermischer Prozesswärmeanlagen belegt wird. Der Betreiber plant in weiterer Folge die Errichtung von zwei weiteren Anlagen des gleichen Typs in Gratkorn und Hartberg im Jahr 2004.



Abbildung 1.2: Sun Wash, Köflach

Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Das Interesse des produzierenden Gewerbes und der Industrie sowie der Solartechnikbranche ist sehr groß. Die Ergebnisse zeigen ein großes Potenzial für solare Prozesswärme. Da eine größere Anzahl von Demonstrationsanlagen und breite Anwendungserfahrungen derzeit fehlen, sollten als nächster Schritt Anlagen realisiert werden, welche die technische und wirtschaftliche Machbarkeit demonstrieren. Weiters sind Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten der Kollektorentwicklung (Reduktion der Kosten bzw. die Entwicklung von „Mitteltemperaturkollektoren“ für Prozesswärme bis 250°C), der Integration von solarthermischen Anlagen in bestehende Wärmeversorgungssysteme sowie der Entwicklung von Finanzierungskonzepten, die eine Umsetzung durch die Industrie ermöglichen, erforderlich.

Derzeit wird eine breite Umsetzung von Solaranlagen für die Prozesswärmebereitstellung vor allem durch die von der Industrie geforderten kurzen Amortisationszeiten von maximal drei Jahren gebremst.

1.2 Project abstract

The application of solar thermal systems has so far been concentrated on the areas of domestic hot water preparation and space heating assistance for single and multiple family houses. The Austrian industry uses an energy amount of 264 PJ yearly and is hence the sector with the highest demand in the country. Although a reasonable amount of this demand is at a low temperature level, the application of solar thermal systems for the preparation of process heat has not been examined yet.

A “Fabrik der Zukunft” – “factory of tomorrow” should be focused on a sustainable development including a full change towards renewable resources regarding both materials and generation of energy. Industry managers need the following information to make the decision towards a sustainable energy supply by solar thermal systems:

- ##Documentation of successful solar thermal systems which are used to produce process heat in the industry
- ##Analysis of existing heating systems for the integration of solar thermal heat into production processes
- ##System concepts for solar heating of production halls
- ##Potential of solar thermal heat supply for production processes and heating of production halls
- ##Case studies to motivate the realisation of demonstration plants

The above mentioned items were the main tasks of the project with the aim to investigate the low temperature energy demand of the Austrian industry and trade companies. Based on this survey the possibilities of the application of solar thermal systems had been worked out, taking a closer look at the branches of industry, the processes, the economic boundary conditions and the solar technology that is available on the market. The main focus was set on industry branches that can be supplied with state of the art solar collectors, but also the potential of areas that need further research and development in the technology to be opened for the supply with solar process heat are stated.

Case studies for companies with a high potential for the realisation of a solar thermal system are a substantial part of the project.

Potential for solar process heat

The energy demand of the industry accounts for about 30% of the final energy consumption of Austria. The share of process heat is about 21%, with approx. 32% at a temperature level below 200°C. The food industry (dairies, breweries, etc.), the textile industry and some niche branches (production of concrete goods, electroplating, etc.) show a high potential for solar process heat. The total energy demand of the examined industry in the low temperature range (process heat and space heating) is about 37 PJ/year. Due to available roof areas, the economic size of solar plants and other boundary conditions an amount of 5,4 PJ/year could be supplied by solar thermal systems, leading to a medium-term needed collector area of 4.300.000 m² for the Austrian solar industry. The short term potential for process heat up to 100°C, where flat plate collectors can be used is 3,3 PJ/year resulting in a collector area of 2.600.000 m².

Integration of solar thermal systems

An investigation of the possibilities to increase the efficiency of the energy use and to reduce the energy demand in general should always be done prior to the design of a solar thermal system. Thus the solar plant will not be oversized and the erection will use only the smallest possible amount of resources.

Different boundary conditions are influencing the integration of a solar thermal system into the existing heat supply system of a factory. Table 1.1 shows first concepts which have been derived from the results of the project.

State of the art components, like collectors and storage tanks have expected life times of about 20 years. Some producers of collectors grant guarantees of up to 10 years for their products. Flat plate collectors and vacuum tube collectors can be used to generate solar process heat up to temperatures of 80°C to 120°C economically at this stage.

Case studies

Due to the great interest of companies six case studies have been performed, showing the possibilities of the integration of solar thermal plants into the existing heating supply. For each of the cases different systems had been simulated varying the size of the collector field and the storage volume to find the most economic alternative. As a main result solar process heat has shown it's technical and economic feasibility, demonstrated by the start up of "SunWash", a self service car wash facility in Koeflach, Austria. The owner of "SunWash" has planned to erect two new facilities of the same type in Gratkorn and Hartberg due to the very good experiences with the first plant.

Conclusions

The project has shown that there is a big potential for solar process heat. The interest of the producing industry and the solar industry as well is very high. At the time being too few solar systems in industry are in place to make experiences. The next step would be to the realization of demonstration plants, which show the technical and economic feasibility of solar process heat systems. Furthermore research and development in the fields of collectors (reduction of cost and development of collectors for high temperature applications up to 250°C), the integration of solar thermal systems into existing heat supply systems and also the development of financing schemes, which facilitate the realisation of solar plants by the industry. Currently the introduction of solar process heat is hindered by demanded pay back periods of the industry of only three years.

1.3 Einleitung

Österreich hat sich mit der Ratifizierung des Kyoto Protokolls verpflichtet, seinen CO₂- Ausstoß zu reduzieren. Darüber hinaus wird von der Gesellschaft eine immer stärkere Ausrichtung hin zu Nachhaltigem Wirtschaften gefordert, was einen möglichst schonenden Umgang mit den vorhandenen und bereits knappen Ressourcen voraussetzt.

Ausgehend von diesen energie- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen entstand das vorliegende Projekt entstand in weiterer Folge aus der Motivation heraus, das Potenzial für solarthermische Systeme zur Wärmebereitung innerhalb der österreichischen Industrie und dem Gewerbesektor zu ermitteln und so Abschätzungen für das Potenzial einer möglichen Reduktion des Einsatzes fossiler Brennstoffe und damit der CO₂-Reduktion sowie das wirtschaftliche Potenzial für die wachsende österreichische Solarindustrie auf abgesicherter Basis darstellen zu können. Bisher war der Energiebedarf der Industrie im Gesamten zwar bekannt, die Anwendung von solarthermischen Systemen ist aber auf bestimmte Temperaturen beschränkt, wodurch eine Erhebung des Energiebedarfs nach Temperaturniveaus nötig wurde. Mit der Darstellung des Energiebedarfs bis zu Temperaturen von 250°C ist es möglich, Angaben über die Einsatzmöglichkeiten von bestehender und ausgereifter Technik der Solarthermie (bis ca. 80°-120°C) zu geben sowie notwendige Technologieentwicklungen zur Erschließung höherer Versorgungstemperaturen (150°C – 250°C) aufzuzeigen.

Aus diesen Daten kann für entsprechend geeignete Branchen, welche Prozesse auf niedrigem Temperaturniveau betreiben und nicht über große Abwärmemengen verfügen, jener Anteil am Endenergieverbrauch dargestellt werden, der über solarthermische Systeme deckbar ist.

Abschließend wird aus dem solar deckbaren Energieanteil am Gesamtbedarf der betrachteten Branchen ein mögliches Marktvolumen für die Solartechnikbranche in Quadratmeter Kollektorfläche abgeleitet.

Der Aufbau des Endberichts folgt diesem analytischen Ansatz und weist entsprechend den Arbeitspaketen des Projektes folgende Kapitel auf:

Identifizierung von Produktionsprozessen und Branchen, die für thermische Solarenergienutzung in Frage kommen

Stand der Technik solarthermischer Systeme zur Generierung von Prozesswärme

Potenzialanalyse

Dokumentation bestehender Anlagen

Fallstudien

Workshop „PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie“

Im Anhang sind die dokumentierten Anlagen im Detail beschrieben sowie alle Fallstudienberichte enthalten.

2 Identifizierung von Produktionsprozessen und Branchen, die für thermische Solarenergienutzung in Frage kommen

Ausgehend von den beiden Möglichkeiten zur Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern – der Steigerung der Energieeffizienz einerseits und des Einsatzes erneuerbarer Energien andererseits – wurden jene Branchen, Sektoren, Industriezweige und Unternehmen identifiziert, für die der Einsatz von Solarthermie eine in der technischen Praxis auch wirtschaftlich sinnvoll umsetzbare Möglichkeit darstellt.

Die Steigerung der Effizienz spielt für alle Branchen immer eine grosse Rolle, sie muss daher Teil der Betrachtungen bleiben.

Prinzipiell kann festgehalten werden, dass der Einsatz von Solarthermie eine wichtige Rahmenbedingung vorgibt, nämlich geeignete Temperaturniveaus. Für den Einsatz von bereits heute als industrielle Massenware gefertigten Flachkollektoren zur Erzeugung solarer Wärme können nur jene Prozesse in Betracht gezogen werden, die unter 100°C liegen. In der Praxis wird der Grenzwert für diese so genannten Niedertemperaturanwendungen, aufgrund wirtschaftlich sinnvoller Kollektorflächen, bei ca. 80°C liegen.

Für Temperaturen bis 120°C können andere Technologien, wie Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt werden. Laufende Entwicklungen von konzentrierenden Systemen werden mittelfristig auch die Wärmeversorgung von Anwendungen bis 250°C ermöglichen.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Recherchen nationaler und internationaler Literatur sowie die Durchführung einer Fragebogenaktion in österreichischen Unternehmen zum Thema erneuerbare Energieträger beschrieben. Aus diesen Daten werden nachfolgend erste Abschätzungen des Energieverbrauchs der Industrie im Niedertemperaturniveau und das mögliche solarthermische Energiegewinnungspotenzial abgeleitet.

2.1 Branchenunterteilung nach ÖNACE 1995

Für die vorliegende Potenzialanalyse wird aus Gründen der Vergleichbarkeit mit internationalen Ergebnissen die Systematik der Wirtschaftstätigkeiten nach der ÖNACE 1995 als Grundlage herangezogen.

Diese Einteilung beruht auf der 1996 nach EU-Vorgaben neu eingeführten Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich (nach WKÖ [Lit 81]). Der Produzierende Bereich umfasst in der Definition der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten NACE Rev. 1 die Abschnitte C (Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden), D (Sachgütererzeugung), E (Energie- u. Wasser-Versorgung) und F (Bauwesen). In der vorliegenden Arbeit war nur der Abschnitt D Gegenstand der Untersuchungen.

Tabelle 2.1: NACE 2-Klassen der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten im produzierenden Bereich (nach Statistik Austria [Lit 67])

Bezeichnung	NACE 2 Klasse
H.v.Nahrungs- u.Genussmitteln u.Getränken	15
Tabakverarbeitung	16
H.v.Textilien u.Textilwaren (ohne Bekl.)	17
H.v.Bekleidung	18
Ledererzeugung und -verarbeitung	19
Be- u. Verarb.v.Holz (ohne H.v.Möbeln)	20
H.u.Verarbeitung v. Papier und Pappe	21
Verlagswesen, Druckerei, Vervielfältigung	22
Kokerei, Mineralölverarbeitung	23
H.v.Chemikalien u.chem. Erzeugnissen	24
H.v.Gummi- und Kunststoffwaren	25
H.u.Bearb.v.Glas,H.v.W.a.Steinen u.Erden	26
Metallerzeugung und -bearbeitung	27
H.v.Metallerzeugnissen	28
Maschinenbau	29
H.v.Büromasch., Datenverarbeitungsgeräten	30
H.v.Geräten d. Elektrizitätserz., -verteil	31
Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik	32
Medizin-, Mess-u.Regelungstechnik; Optik	33
H.v.Kraftwagen und Kraftwagenteilen	34
Sonstiger Fahrzeugbau	35
H.v.sonstigen Erzeugnissen	36
Rückgewinnung (Recycling)	37

2.2 Ergebnisse der Recherchen im nationalen Bereich

Die Recherchen über den Wärmeenergiebedarf der österreichischen Produktionsbetriebe wurde einerseits über vorhandene Literatur zu diesem Thema und andererseits über eine Fragebogenaktion durchgeführt. Mit der Fragebogenaktion wurden Betriebe direkt angesprochen, um Daten über einzelne Prozesse zu erhalten.

2.2.1 Wärmebedarf der österreichischen Produktionsbetriebe

Betrachtet man den Energiefluss für Österreich im Jahr 1999 (Energieverwertungsagentur, [Lit 17]) und insbesondere die Seite des Endenergieeinsatzes (insgesamt 940 PJ¹), kann man erkennen, dass weit mehr als ein Drittel (37%) des Energieendverbrauches für Raumwärme und Warmwasserbereitung (inkl. Kochen und Klimatisierung) aufgebracht wird. Der Anteil der Prozesswärme wird mit 23% ausgewiesen. Beinahe zwei Drittel des Endenergieeinsatzes in Österreich erfolgen also für Heiz- und Kühlzwecke.

Der Anteil der Betriebe am Endenergieverbrauch lässt sich aus dieser Darstellung allerdings nicht erkennen, da auch in den Bereichen Mechanische Arbeit (z.B. stationäre Motoren in der Industrie), Raumheizung und Warmwasser, Fahrzeuge und Beleuchtung & EDV Anteile aus der Industrie enthalten sind.

Nach Haas, Berger & Kranzl [Lit 26] entsprach der Endenergieverbrauch der Industrie für das Jahr 1998 ca. 29% des gesamtösterreichischen Energieeinsatzes, also 269 PJ. Eine Aufteilung auf die verschiedenen Anwendungsbereiche im produzierenden Bereich für das Jahr 1997 kann aus den folgenden Angaben der Statistik Austria [Lit 68] entnommen werden:

Tabelle 2.2: Endenergiebedarf im produzierenden Bereich 1997 (nach Statistik Austria [Lit 68])

Anwendungsbereich	Energiebedarf
für Raumheizung und Klimaanlage	19 PJ
für Dampferzeugung	68 PJ
für Industrieöfen	117 PJ
für Standmotoren	57 PJ
für Kfz	21 PJ
für Beleuchtung und EDV	9 PJ
und für elektrochemische Zwecke	1 PJ

Nach Neubarth & Kaltschmitt [Lit 57] wurden vom Endenergieverbrauch in Österreich im Jahr 1998 (922 PJ) knapp 40% (356 PJ) für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung (Niedertemperaturwärme unter 100°C) verwendet, mehr als ein Drittel (125 PJ) davon in Industrie und Gewerbe. Bei der Verteilung der Energieträger hatten Biomasse (27%) und Fernwärme zusammen einen Anteil von etwas über einem Drittel, Heizöl (27%), Gas (20%), Strom und Kohle wurden für zwei Drittel verwendet. Die Verluste betragen ca. 30%.

Für industrielle Prozesswärme wurden 199 PJ benötigt, die Verluste betragen 25%. 15% des Energiebedarfs wurde aus Biomasse abgedeckt, die restlichen 85% aus Gas (40%), Kohle (17%), Heizöl (15%) und Strom. Nach Hofer [Lit 31] lässt die Verteilung des Prozesswärmebedarfs in Temperaturintervallen von jeweils 100°C erkennen, dass 13% (25 PJ) der industriellen Prozesswärme bis 100°C aufgebracht werden muss, und 27% (54 PJ) bis 200°C. Der restliche Bedarf ergibt sich aus Hochtemperaturanwendungen in den Bereichen Eisen- und Stahlherstellung, Glasherstellung oder der keramischen Industrie.

Der Energiebedarf für industrielle Prozesswärme und für Raumheizung und Warmwasser von Produktionsbetrieben betrug damit insgesamt 324 PJ, was einem Anteil von über 35% am österreichischen Endenergieverbrauch entspricht.

Der Anteil der Kosten für Energie bezogen auf die Gesamtherstellungskosten bewegt sich i.a. im Bereich einiger weniger Prozent; knapp unter 10% befinden sich nur die Branchen Eisen & Stahl, Papier, Gießereien und nicht-metallische Mineralien (Kaiser & Starzer, [Lit 49])

¹ 1 PJ = 1 Petajoule = 10^{15} Joule = 1 000 000 000 000 000 Joule = 277,8 GWh

2.2.2 Fragebogenaktion „Betriebsumfrage - Produzieren mit Sonnenenergie“ in österreichischen Unternehmen

Die Identifizierung der Branchen, die für den Einsatz von Solarthermie in Niedertemperaturprozessen besonders geeignet sind, ist alleine aus den Rechercheergebnissen nicht möglich. Es fehlt an Daten, die zumindest den Energieverbrauch in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Temperaturniveaus (Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturbereich) nach Branchen differenziert darstellen.

Wohl gibt es relativ detaillierte Daten über den Energieeinsatz in den verschiedenen Industriezweigen (entsprechend den Fachverbänden der österreichischen Kammersystematik), aber schon die Differenzierung dieser Kennwerte auf die einzelnen Branchen der Industriezweige ist nur in Einzelfällen möglich. Für die Aufteilung des Energieeinsatzes auf unterschiedliche Temperaturniveaus für Industriezweige oder Branchen gibt es keine bekannten Quellen.

Aus diesem Grund wurde im Frühjahr und Sommer 2002 eine erste Befragung mittels Fragebogen in österreichischen Produktionsbetrieben durchgeführt. Diese erste Umfrage wurde mittels eines Fragebogens (*siehe Anhang*) quer über alle Branchen und Unternehmensgrößen durchgeführt.

Folgende Ziele wurden mit der Aussendung dieses Fragebogens verfolgt:

Mit dem einfachen Aufbau und der Möglichkeit, den Fragebogen mit geringem Zeitaufwand auszufüllen und zurückzuschicken, wurde das Ziel verfolgt, eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erreichen. Der Fragebogen wurde per Briefpost versendet und konnte per Post oder per Fax zurückgesendet werden. Auch ein Herunterladen von der JOINTS-Homepage, das elektronische Ausfüllen und das Zurückschicken per Email war möglich.

Der erste Teil des verschickten 4-seitigen Folders informierte über das Programm „Fabrik der Zukunft“, das Projekt PROMISE und die Projektpartner. Im zweiten Teil wurden die Betriebe über die verschiedenen Themenstellungen Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Ressourcenproblematik bei fossilen Energieträgern und Emissionsabgaben (Emission Trading) kurz informiert und befragt. Mit diesen beiden Teilen des Fragebogens und einem ausführlichen Begleitschreiben (*siehe Anhang*) wurde eine Wissensverbreitung und ein Wecken des Interesses in den Betrieben verfolgt. Gleichzeitig wurde erhoben, wie Informationsstand und Interesse in Produktionsbetrieben aussehen.

Im dritten Teil wurden Daten einerseits zum Gesamtenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern und andererseits über das Temperaturniveau und den Energieeinsatz in energieintensiven Einzelprozessen erhoben. Die Angaben zum Gesamtenergieverbrauch werden verwendet, um eine Relation zwischen den einzelnen Betrieben und Branchen zu den Werten für die Industriezweige herzustellen. Damit ist es möglich, die Angaben zu den Einzelprozessen wieder auf Branchen und Industriezweige hochzurechnen. Das angestrebte Ergebnis dieser Vorgangsweise bzw. Methode ist es, für verschiedene Industriezweige Verteilungen des Energieeinsatzes über verschiedene Temperaturniveaus zu erhalten.

2.2.2.1 Auswertung der Antworten zur Fragebogenaktion

Die Aussendung der Fragebögen erfolgte an ca. 650 österreichische Betriebe unterschiedlicher Branchen und Betriebsgrößen. Die Rücklaufquote lag mit 56 zurückgeschickten Fragebögen bei knapp 9%, was im Vergleich zu Umfragen in der Vergangenheit an die gleiche Gruppe von Betrieben einen guten Wert darstellt.

Von den ausgefüllten Fragebögen enthielten allerdings nur ca. knapp 2/3 Daten zum Gesamtenergieverbrauch, Temperaturniveau und Energieeinsatz in Einzelprozessen. Daher konnten letztlich nur 32 Fragebögen verwendet werden.

Von den 56 retournierten Fragebögen kamen 18, also fast 1/3 aus dem Industriezweig Nahrungs- und Genussmittelindustrie bzw. dem Nahrungs- und Genussmittelgewerbe. Eine weitere bedeutende Gruppe stellte jene aus dem Fachverband der Chemischen Industrie und entsprechenden Organisationen aus dem Bereich Gewerbe und Handwerk (z.B. Fachvertretung der Kunststoffverarbeiter, Bundesinnung der chemischen Gewerbe) dar, aus diesen Bereichen kamen 9 Antwortschreiben.

Weitere nennenswerte Bereiche sind jene der Holzverarbeitung, der Stein und keramischen Industrie (in diesen Bereich fallen z. B. die Betonwarenerzeuger) und aus den Bereichen Oberflächenbehandlung.

Einzelne Antworten gab es noch aus Dienstleistungsunternehmen (Textilreinigung), Papierindustrie, Metallverarbeitung, Elektro- und Elektronikindustrie.

Die Anzahl der Antworten lässt einige Schlussfolgerungen zu:

Es gibt Branchen bzw. Innungen, die in einem stärkeren Ausmaß als andere an der Thematik Interesse haben und die den Fragebogen zurückgeschickt haben, weil sie glauben, dass Solarthermie eine mögliche und auch wirtschaftlich sinnvolle Möglichkeit für ihre Betriebe bzw. Sparten darstellt.

Es fällt auch auf, dass viele Antworten aus eher größeren Betrieben gekommen sind. In diesen gibt es oft einen Energie- bzw. Umweltverantwortlichen, der Zeit und Interesse für diese Thematik hat.

Die Aussagekraft der Hochrechnungen im Teil Potenzialanalyse wird für die verschiedenen Branchen sehr unterschiedlich sein und müssen deshalb mit großer Vorsicht interpretiert werden.

Schließlich fällt noch auf, dass es auch Antworten aus unerwarteten Bereichen gegeben hat. Zum einen ist die Thematik Raum-/Hallenheizung und Warmwassererzeugung für jeden Betrieb von Wichtigkeit, kann aber thematisch nicht ohne weiteres von der Thematik Prozesswärme losgelöst betrachtet werden, da in der Praxis zwischen diesen beiden Bereichen kaum eine Unterscheidung gemacht wird. Zum anderen gibt es tatsächliche physikalische Verbindungen zwischen diesen Komplexen in Form einer Abwärmenutzung aus den Prozessen, zum anderen wird in der Praxis selten eine getrennte Verrechnung bzw. Messung bei Einkauf und Verbrauch durchgeführt.

Im folgenden werden die Auswertungen der Antworten zu den einzelnen Themenstellungen dargestellt.

2.2.2.1.1 Erneuerbare Energieträger

Fast die Hälfte der Betriebe deckt ihren Energieeinsatz teilweise durch erneuerbare Energieformen in der einen oder anderen Form, zumeist ist der Anteil am Gesamtenergieeinsatz aber sehr gering (Ausnahme Holzverarbeiter).

Ein Drittel der Betriebe möchte in den nächsten drei Jahren den Anteil erhöhen bzw. einen solchen überhaupt initiieren, ein Drittel hat das nicht vor.

Die am häufigsten genannten Formen erneuerbarer Energie waren Biomasse und Wasserkraft und Solarthermie.

2.2.2.1.2 Thema Energieeffizienz

Die Antworten zu dieser Themenstellung waren teilweise mit jenen zur Thematik Emissionsangaben nicht im Einklang. Die Ursachen dafür sind unbekannt, möglich sind Verwechslungen zwischen der Darstellung des Energieeinsatzes in Einzelprozessen und dem Gesamtenergieverbrauch der Betriebe, aber auch das vorhandene und von den Betrieben explizit dargestellte Wissensdefizit im Bereich Emissionsabgaben / Emission Trading kann Grund dafür gewesen sein.

Mehr als $\frac{3}{4}$ der Betriebe geben an, darüber Bescheid zu wissen, welches die energieintensiven Prozesse in ihrem Unternehmen sind. Fast $\frac{2}{3}$ geben an, in den letzten 5 Jahren in einem der energieintensiven Anlagenteile bedeutende Einsparungen durch entsprechende Maßnahmen erzielt zu haben. Wiederum fast $\frac{3}{4}$ der Befragten planen solche Verbesserungsmaßnahmen in den nächsten 3 Jahren, und in mehr als der Hälfte jener Unternehmen, die den Fragebogen beantwortet haben, gibt es einen Energieverantwortlichen oder ein betriebliches Energiemanagement – ein deutlicher Hinweis darauf, dass überdurchschnittlich viele größere Betriebe geantwortet haben.

2.2.2.1.3 Ressourcenverknappung

Mehr als die Hälfte aller Unternehmen gibt an, bereits jetzt einen Umstieg auf andere Energieträger als die derzeit verwendeten zu überlegen. Die am häufigsten genannten erneuerbaren Energieformen sind dabei Biomasse und Solarthermie gefolgt von Wärmepumpen, in geringerer Zahl wurden auch Photovoltaik, Kohle und andere genannt. Fast $\frac{2}{3}$ sind sich auch bewusst, dass das Thema Energieeffizienz eine Möglichkeit ist, der drohenden Ressourcenverknappung und –verteuerung zu entgehen.

Die technische Machbarkeit einer vollständigen Umstellung der Betriebe auf erneuerbare Energieträger wird von der Hälfte der Unternehmen positiv beurteilt, wobei $\frac{4}{5}$ eine solche Umstellung als wirtschaftlich nicht sinnvoll betrachten.

2.2.2.1.4 Emissionsabgaben - Emission Trading

Dieses Thema und die Fragestellungen dazu waren für einen Teil der Betriebe nicht klar. Neben einigen bemerkenswerten Antworten gab es auch explizit ausgedrücktes Unverständnis in Form von Bemerkungen auf den Fragebögen („noch kein exakter Modus bekannt“, „??“, „Fahrzeuge – Heizung“).

In mehr als der Hälfte der Unternehmen ist der Wert für den CO₂-Ausstoss bekannt. Einen Anstieg des CO₂-Ausstosses innerhalb der letzten 5 Jahre verneinen 2/3 der Betriebe, mit dem Begriff „Emission Trading“ konnte zum Zeitpunkt der Erhebung (Sommer 2002) ein knappes Drittel überhaupt nichts anfangen. Mehr als ¼ bereitet sich darauf vor, diese Möglichkeit in Anspruch nehmen zu wollen, für den Rest ist das keine zukünftige Option.

2.2.2.1.5 Gesamtenergieverbrauch in Abhängigkeit von Branchen und Energieträgern

In der folgenden Tabelle ist der Gesamtenergieverbrauch der Unternehmen, von denen Antworten eingingen, differenziert nach verschiedenen Energieträgern dargestellt. Die prozentuellen Anteile der verschiedenen Energieträger am Endenergieverbrauch sind danach in einem Diagramm dargestellt.

Tabelle 2.3: Gesamtenergieverbrauch von befragten Firmen differenziert nach Energieträgern

Branche	Jahresenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern und Einzelbetrieben in kWh								Summen
	Öl	Gas	Strom	Biomasse	Biogas	Wärmepumpe	PV	andere	
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	604.800	0	1.770.000					5.128.000	7.502.800
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	201.600	5.900.000	3.000.000						9.101.600
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	586.047	3.441.600	3.984.000						8.011.647
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	5.526.419	0	4.376.400						9.902.819
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	7.379.943	0	2.692.542		1.144.731	90.000			11.307.216
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	10.080.000	0	1.900.000				1.000		11.981.000
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	201.600	143.400	500.000						845.000
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	23.441.860	0	120.000						23.561.860
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	0	33.460.000	8.000.000					20.560.000	62.020.000
Chemische Industrie	0	28.680.000	6.000.000						34.680.000
Chemische Industrie	44.539.535	43.020.000	5.000.000			6.000.000			98.559.535
Chemische Industrie	0	37.800.422	8.025.423						45.825.845
Chemische Industrie	85.562.791	372.840.000	27.600.000	675.000.000				790.000.000	1.951.002.791
Holzverarbeitung	0	0	900					700	1.600
Holzverarbeitung	0	0	21.000	160.650					181.650
Holzverarbeitung	0	0	2.000	8.568.000					8.570.000
Stein- u. keramische Industrie	201.600	0	140.000						341.600
Stein- u. keramische Industrie	4.032.000	286.800.000	16.000.000						306.832.000
Textilreinigung	12.902.400	0	1.400.000						14.302.400
Elektro- und Elektronikindustrie	0	458.880	1.080.000						1.538.880
Eisen- u. Metallverarbeitung	0	266.036	61.392						327.428
Papierindustrie	0	1.051.600.000	460.000.000	288.750					1.511.888.750
Metallwarenindustrie	10.080	3.537.200	2.200.000						5.747.280
Schlosser und Schmiede	0	0	75.338	460.873					536.211
Summen	195.270.674	1.867.947.537	553.948.995	684.478.273	1.144.731	6.090.000	1.000	815.688.700	4.124.569.910
in %	4,73	45,29	13,43	16,60	0,03	0,15	0,00	19,78	100,00

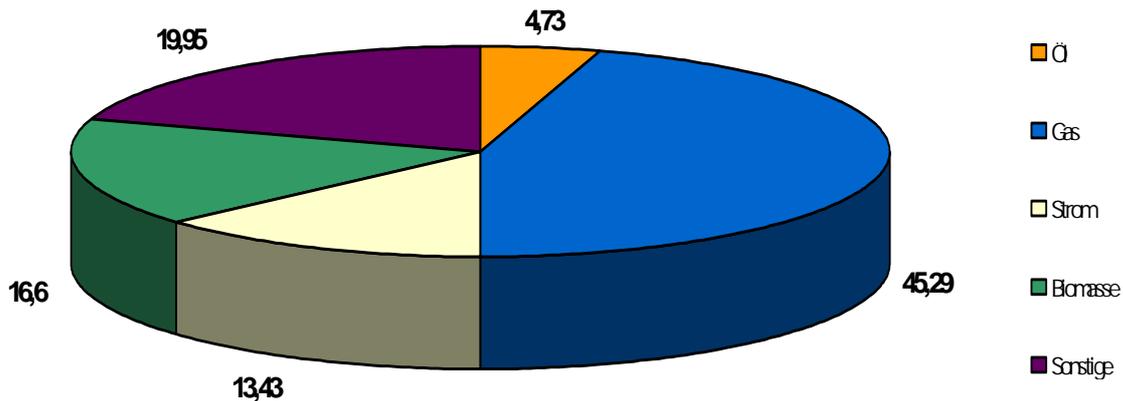


Abbildung 2.1: Prozentuelle Anteile der verschiedenen Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs der erhobenen Betriebe

Der Gesamtwert der 9 Betriebe aus dem Bereich der Nahrungs- und Genussmittelindustrie, die nachvollziehbare Angaben zum Gesamtenergieverbrauch gemacht haben, beträgt 519 TJ/a, das sind ca. 2,7% des Wertes für den gesamten Industriezweig (19.000 TJ im Jahr 1997 nach E.V.A. [Lit 17]). Ein solcher Anteil ist für eine Hochrechnung des Gesamtbedarfs an Niedertemperaturenergie ausreichend, es muss aber beachtet werden, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Branchen der Lebensmittelindustrie nicht ausreichend berücksichtigt werden können.

Um die Unterschiede zwischen den verschiedenen Industriezweigen zu illustrieren, sei hier auf einen Vergleich der Verteilung der Energieträger für die Industriezweige Nahrungs- und Genussmittelindustrie und die chemische Industrie verwiesen (siehe Tabelle 2.3), der zeigt, dass die drei Betriebe der chemischen Industrie sehr unterschiedliche Anteile an eingesetzten Energieträgern, z.B. der große Biomasseeinsatz in einem Betrieb, aufweisen. Es müsste daher eine größere Anzahl von Betrieben untersucht werden, um repräsentative Hochrechnungen über den Gesamtenergiebedarf für Produktionsprozesse anstellen zu können.

2.3 Ergebnisse der Recherchen im internationalen Bereich

Die Literaturrecherche, welche im Rahmen des Projektes durchgeführt wurde, zeigt das wachsende internationale Interesse am Thema der industriellen Prozesswärme. So wurden schon in vier Ländern der Europäischen Union (Griechenland, Niederlande, Portugal und Spanien) Studien über den Einsatz von Solarthermie in der Industrie erstellt und entsprechende Potenziale ermittelt. Im folgenden sind diese Studien kurz beschrieben und deren wesentliche Ergebnisse dargestellt.

2.3.1 Procesol – Solarthermische Prozesswärme für industrielle Anwendungen

Procesol - Solar Thermal Process Heating in Industrial Applications - A Stimulation Plan, (Karagiorgas, et. al., [Lit 48]) war ein EU-Altener Projekt mit der Nummer XVII / 4.1030 / Z / 98-205, welches von CRES (Centre for Renewable Energy Sources – Griechenland) koordiniert wurde. Das Projekt stellt eine Kooperation mit der Greek Solar Industry Association (EBHE), der Sociedad para el Desarrollo Energetico de Andalucia (SODEAN), Spanien, der Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES), Portugal und dem Deutschen Fachverband Solarenergie dar und hatte die Evaluierung und Verbreitung von Informationen über den Einsatz von Solarenergie für die Prozesswärmebereitung zum Ziel. Innerhalb des Projektes wurden insgesamt 13 existierende Anlagen erhoben und für diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt. Diese Anlagen sind in Kapitel 6 dokumentiert. In Workshops wurden die Ergebnisse den jeweiligen Branchen präsentiert und Möglichkeiten aufgezeigt, wie durch Einkaufsgemeinschaften günstigere Systemkosten erzielt werden können. Als Branchen mit dem größtem Potenzial wurden die Lebensmittelproduktion und die Textilindustrie ermittelt. Die Hauptanwendungen sind die Vorwärmung von Dampfkesselspeisewasser und Warmwasser für diverse Waschprozesse.

Ausgehend von 180 €/m² spezifischen Investitionskosten für die Solaranlage, 8% Verzinsung p.a., einem Kesselwirkungsgrad von 0.8 – 0.85, und einem jährlichen spezifischen Ertrag von 800 kWh/m² wurden Rückzahlzeiten von 3,6 bis 7,7 Jahren ermittelt, die sich bei einer 50% Förderung noch halbieren.

2.3.2 POSHIP - Das Potenzial solarer Wärme für industrielle Prozesse

Das EU – Projekt POSHIP - The potential of solar heat for industrial processes, (Schweiger, et. al., [Lit 65]) mit der Nummer NNE5-1999-0308 wurde von Aguasol Engenharia, IDAE (Instituto para la Diversificacion y Ahorro de la Energia) und ICAEN (Institut Catala d'Énergia) - Spanien, INETI (Inst. Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial) und SPES (Sociedade Portuguesa de Energia Solar) – Portugal sowie DLR (Deutsches Zentrum

für Luft- und Raumfahrt e.V.) und ZAE Bayern (Zentrum für angewandte Energieforschung e.V.) – Deutschland durchgeführt.

Ziel des Projektes war eine Potenzialstudie über die Möglichkeiten der solarthermischen Wärmeversorgung für Industriebetriebe in Spanien und Portugal, sowie der Dokumentation von bestehenden Anlagen in Europa (18 Anlagen in Betrieb; PROCESOL Anlagen enthalten) und den USA (7 Anlagen mit Parabolrinnenkollektoren).

Allgemeine Ergebnisse dieser Studie werden im folgenden dargestellt, wobei der Energiebedarf der EU für Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von 250°C angegeben wird, bzw. jene Prozesse der Industrie angegeben werden, die innerhalb des Projektes als aussichtsreichste Einsatzgebiete für Solartechnologie identifiziert wurden.

Tabelle 2.4: Allgemeine Ergebnisse POSHIP Studie [Lit 65]

Energiebedarf EU im Jahr 2000 für Nieder- und Mittelhochtemperaturprozesse (<250°C)	300 TWh/a
Anteil am gesamten Endenergiebedarf EU (rechn. 4.285 TWh) im Jahr 2000	7%
Anteil von Niedrig- (60°C), Mittel- (60°C – 150°C) und Mittelhochtemperaturrenergie (150°C bis 250°C) am Gesamtwärmeenergiebedarf der Industrie in der EU	50%

Der größte Wärmebedarf wird in dieser Studie für die Papier- bzw. Lebensmittelindustrie angegeben. Weitere Bereiche mit nennenswertem Bedarf sind die Textilbranche und die chemische Industrie.

Aufgrund der Datenanalysen im Rahmen des POSHIP Projektes ergibt sich folgende Verteilung der Prozesstemperaturbereiche auf einzelne Branchen (gültig für Spanien und Portugal).

Tabelle 2.5: POSHIP – Aufteilung des Energiebedarfs verschiedener Branchen nach Temperaturbereichen in Prozent

Branche	Bis 60°C	60°C bis 150°C	Rest
Lebensmittel	25	40	35
Wein/Getränke	35	50	15
Papier	15	23	62

Textilverarbeitung	18	52	30
Brauereien	85	15	-
Automobilbranche	70	30	-

Das technisch mögliche Potenzial für den Einsatz solarthermischer Anlagen zur Prozesswärmeerzeugung für Spanien und Portugal wird mit 20,9 TJ bzw. 3,6% des gesamten Wärmebedarfs der Industrie dieser beider Länder angegeben.

Im Verlauf des Projektes wurden Case-studies für die jeweils notwendigen Solaranlagen und deren zu erwartende Erträge für insgesamt 34 Industriebetriebe in Spanien und Portugal durchgeführt. Für vier Unternehmen (Mälzerei und Weinkellerei in Spanien bzw. Mälzerei und Textilfabrik in Portugal) wurde ein detaillierter Plan für die Realisierung einer solarthermischen Anlage ausgearbeitet, wobei aber noch keine Demonstrationsanlagen umgesetzt werden konnten.

In einem abschließenden Kapitel wurden die staatlichen Förderungsmöglichkeiten für die Errichtung der Anlagen dargestellt sowie die zuständigen Stellen angegeben.

2.3.3 Untersuchung des Potenzials solarthermischer Energieerzeugung in der Industrie der Niederlande

Die Untersuchung „Onderzoek naar het potentieel van zonthermische energie in de industrie“ (van de Pol, Wattimena, [Lit 74]) wurde von KWA Bedrijfsadviseurs B.V. im Jahr 2001 erstellt und sollte das Potenzial solarthermischer Anlagen zur Wärmeerzeugung der niederländischen Industrie ermitteln.

Insgesamt wurden dabei 12 Branchen unterschieden, wobei es Untergruppen im Bereich der Lebensmittel- und Getränkeindustrie gibt. Die wesentlichen Bereiche der Industrie innerhalb der Studie sind:

Lebensmittelindustrie
Getränkeindustrie
Wäschereien
Textilindustrie
Papierindustrie

Die Studie stellt die wesentlichen Prozesse dieser Industriebereiche dar und gibt den jeweiligen Primärenergiebedarf an, weiters den Anteil, der über solarthermische Anlagen gedeckt werden kann und schließlich das Gesamtpotenzial der untersuchten niederländischen Industriebranchen.

Die Autoren der Studie kommen zu dem Ergebnis, dass für die untersuchten Bereiche eine gesamte Primärenergieeinsparung von 1,95 PJ pro Jahr möglich ist. Dies entspricht einem Anteil von 1,7% innerhalb der untersuchten Bereiche. Von den 723 PJ, die von der niederländischen Industrie nachgefragt werden, können somit 0,3% solarthermisch gedeckt werden. Der Anteil des Energiebedarfs der Industrie beträgt 36% des niederländischen Gesamtenergiebedarfs von 1994 PJ. Sämtliche Angaben beziehen sich auf das Jahr 1999.

Für die solare Bereitstellung des identifizierten Potenzials ist nach der Studie eine Kollektorfläche von 1 Million Quadratmeter nötig.

2.3.4 Anwendungsgebiete für solare Prozesswärme

Verschiedene Institutionen, wie das ZAE Bayern oder das DLR in Deutschland, die auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung im Bereich der Solarthermie tätig sind, haben sich ebenfalls mit dem Thema der solaren Prozesswärmeerzeugung und möglichen Anwendungsgebieten befasst.

Dem Lebensmittelbereich wird in allen Studien ein großes Potenzial für die Anwendung von solarer Prozesswärme zugeschrieben. Vor allem die Milchindustrie, Brauereien und Konservenfabriken weisen einen hohen Bedarf an Nieder- bzw. Mitteltemperaturwärme auf (Benz, Gut, Ruß, [Lit 11 und Lit 10]).

Als Niedertemperaturprozesse bezeichnet man Anwendungen, die mit Temperaturen bis 60°C, als Mitteltemperaturprozesse jene, die zwischen 60°C und 150°C betrieben werden. Der Bereich von 150°C bis 250°C wird in der Studie im Rahmen des POSHIP - Projektes als Mittelhochtemperaturbereich definiert. Hochtemperaturprozesse, die bei einer Temperatur über 600°C betrieben werden, wie die Metallgewinnung oder die Stein- und Erdenverarbeitung, werden in dieser Studie nicht bearbeitet.

Abbildung 2.2 zeigt eine Übersicht der in der Literatur angegebenen Anwendungsmöglichkeiten für solare Prozesswärme mit Angabe der Temperaturbereiche (Nitsch, et. al., [Lit 58]) und den einsetzbaren Kollektortypen. In der Abbildung sind auch bestehende Anlagen dargestellt, die in Kapitel 6 dokumentiert sind.

Die Grafik stellt die Temperaturbereiche der jeweiligen Prozesse in Form von Balken dar und die möglichen Einsatzbereiche der verschiedenen Kollektortypen in Form von farbigen Rechtecken, die sich teils überlagern.

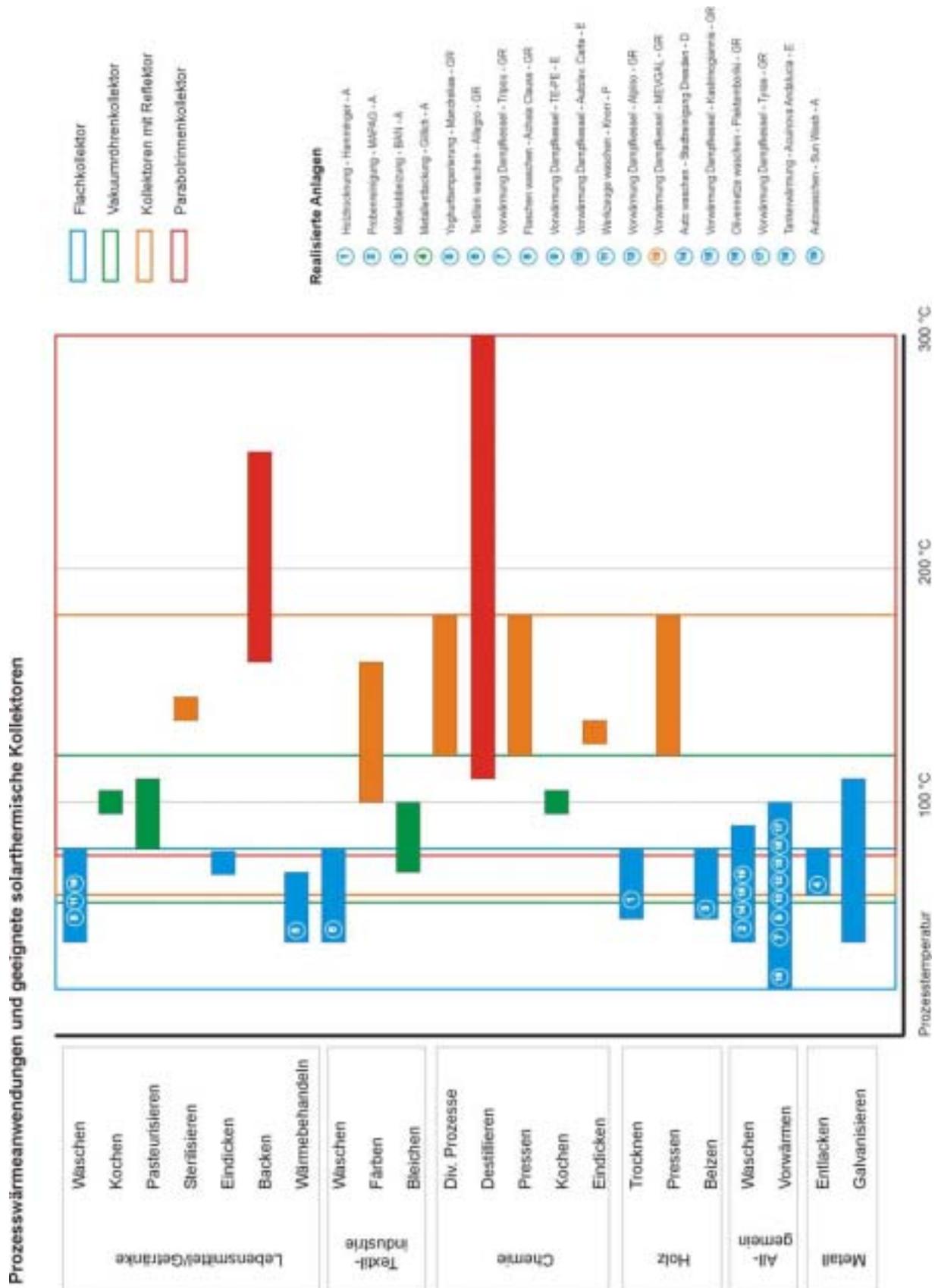


Abbildung 2.2: Übersicht Anwendungsgebiete für solare Prozesswärme und geeignete Kollektoren

Eine Aufteilung der dokumentierten Anlagen kann aus Abbildung 2.3 entnommen werden, wobei die Anwendungen in Branchen zusammen gefasst werden. Für die Grafik wurden nur die derzeit aktiv betriebenen Systeme berücksichtigt. In der Gruppe „Diverse“ finden sich Anwendungen aus den Bereichen Metallverarbeitung, Ziegelherstellung, Kunststoffverarbeitung, kommunale Autowaschanlagen und verschiedener Dienstleistungen.

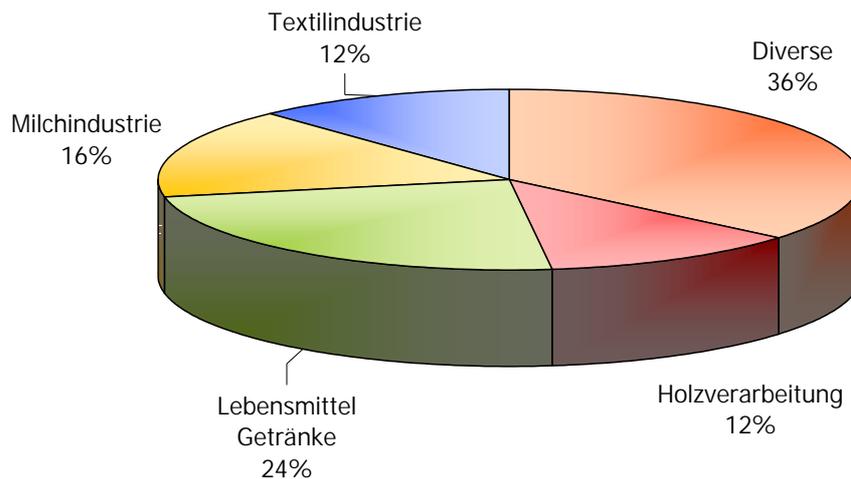


Abbildung 2.3: Aufteilung der installierten Solaranlagen zur Prozesswärmeerzeugung auf Industriebranchen (Gesamtzahl n = 23)

Die Solaranlagen werden in den meisten Fällen zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers eingesetzt. Weitere häufige Anwendungen sind Waschprozesse und das Trocknen von verschiedenen Gütern wie Holz oder Lebensmitteln. Die notwendigen Prozesstemperaturen liegen für diese Anwendungen im Bereich von 25°C bis maximal 80°C, weshalb hauptsächlich Flachkollektoren eingesetzt werden, die bis zu einer Temperaturbereich von 80°C mit einem guten Wirkungsgrad eingesetzt werden können.

Eine Aufstellung der Solaranlagen, die derzeit aktiv für die Gewinnung von Prozesswärme betrieben werden, zeigt Tabelle 2.6. Angegeben sind dabei der Prozess, der die Wärme benötigt und die Art, wie die Solaranlage für die Wärmeerzeugung eingesetzt wird, sowie der eingesetzte Kollektortyp (SFK ... selektiver Flachkollektor, FK ... Flachkollektor, FK Luft ... Luftkollektor, VRK ... Vakuumröhrenkollektor).

Tabelle 2.6: Aufstellung der dokumentierten und in Betrieb befindlichen Solaranlagen zur Prozesswärmegewinnung

Betrieb	Branche	Prozess	Einsatzbereich der Solaranlage	Kollektortyp
Deutschland				

Stadtreinigung Dresden GmbH	Dienstleistung	Autowaschen und Duschen	Warmwasser für Prozess	SFK
Dänemark				
Wewer Ziegelei	Ziegelindustrie	Raumheizung Ziegelrocknung	Warmwasser für Prozess	FK
Griechenland				
Mandrekas S.A.	Lebensmittel	Yoghurt temperieren	Warmwasser für Prozess	FK
Allegro S.A.	Textilindustrie	Waschen	Warmwasser für Prozess	FK
Tripou-Katsouri S.A.	Textilindustrie	verschiedene (Dampfnetz)	Vorwärmen Dampfkessel	FK
Achaia Clauss S.A.	Getränke	Flaschenbefüllung	Warmwasser für Prozess	FK
Alpino S.A.	Lebensmittel	verschiedene (Dampfnetz)	Vorwärmen Dampfkessel	SFK
MEVGAL S.A.	Lebensmittel	verschiedene (Dampfnetz)	Vorwärmen Dampfkessel	FK
Kastrinogiannis S.A.	Textilindustrie	Textilien bleichen/färben	Vorwärmen Dampfkessel	SFK
Plektemboriki S.A.	Kunststoffverarbeitung	Waschen von Olivennetzen	Warmwasser für Prozess	FK
Tyras S.A.	Lebensmittel	verschiedene (Dampfnetz)	Vorwärmen Dampfkessel	FK
Portugal				
Knorr Best Foods S.A.	Lebensmittel	Werkzeuge waschen	Warmwasser für Prozess	FK
Simoa S.A.	Lebensmittel	Reistrocknung	Aufheizen der Prozessluft	FK Luft
Spanien				
TE-PE S.A.	Lebensmittel	verschiedene (Dampfnetz)	Vorwärmen Dampfkessel	FK
Autolavados Carte S.A.	Dienstleistung	Autowaschen	Vorwärmen Dampfkessel	FK
Acuinova Andaluca S.A.	Konsumgüter	Fischtank-erwärmung	Warmwasser für Prozess	FK
Österreich				
Hamming Holz	Holzverarbeitung	Holztrocknung	Warmwasser für Prozess	SFK
Metall Gillich	Metallverarbeitung	Entlackung	Warmwasser für Prozess	VRK
BAN	Dienstleistung	Holzabbeizung	Warmwasser für Prozess	FK

Biofernwärme St. Veit	Dienstleistung	Hackschnitzel-trocknung	Aufheizen der Prozessluft	Solarwall
MAPAG	Dienstleistung	Kiesreinigung	Warmwasser für Prozess	SFK
SunWash	Dienstleistung	SB-Autowaschanlage	Warmwasser für Prozess	SFK

2.3.5 Zusammenfassung

Aus den Daten der verschiedenen Studien und den Betriebserfahrungen der errichteten Anlagen zur solarthermischen Erzeugung von Prozesswärme können die folgenden Aussagen gemacht werden:

Tabelle 2.7: Identifizierte Branchen für solarthermische Prozesswärmegenerierung

Branche	Studie Griechenland PROCESOL	Studie Spanien, Portugal POSHIP	Studie Niederlande	Andere
Lebensmittel	X	X	X	X
Getränke	X	X	X	X
Textilverarbeitung	X	X	X	X
Chemie	X	X		X
Papier		X	X	X
Automobil		X		
Holzindustrie				X
Metallverarbeitung				X

Unter der Rubrik „Andere“ in Tabelle 2.7 sind die Aussagen von Studien zusammengefasst, die sich nur mit der Anwendung von solarthermischen Anlagen in bestimmten Bereichen, wie z. B. der Lebensmittelindustrie beschäftigt haben. Weiters sind hier jene Anlagen enthalten, die bereits aktiv betrieben werden (Hamminger, Lit 28] bzw. Karagiorgas, et.al, Lit 48]).

Auch wenn in obiger Tabelle verschiedene Branchen als mögliche Einsatzbereiche von Solaranlagen angegeben werden, kann die Einbindung in das konventionelle Wärmeversorgungssystem gleich sein. Dies wird durch jene Anlagen verdeutlicht, die zur Vorwärmung des Dampfkesselspeisewassers eingesetzt werden und unter anderen in Tabelle 2.6 angeführt sind. Von den 23 berücksichtigten Anlagen werden die Solaranlagen für die folgenden Anwendungen eingesetzt:

- 7 zur Vorwärmung des Dampfkesselspeisewassers,
- 12 zur Erzeugung von Warmwasser für den indirekten Wärmeaustausch mit dem Prozess

2 zur direkten Erwärmung des Prozessmediums Luft im Kollektor

Abgeleitet von den Daten aus den oben beschriebenen Studien (Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.3.3) zeigt Abbildung 2.4 eine Gegenüberstellung des Gesamtenergiebedarfs der Industrie verschiedener Länder, den Niedertemperaturanteil dieses Bedarfs und das jeweilige mittelfristig nutzbare Potenzial für solarthermische Anlagen. Das Potenzial für Österreich wurde dem Kapitel 5.2 entnommen.

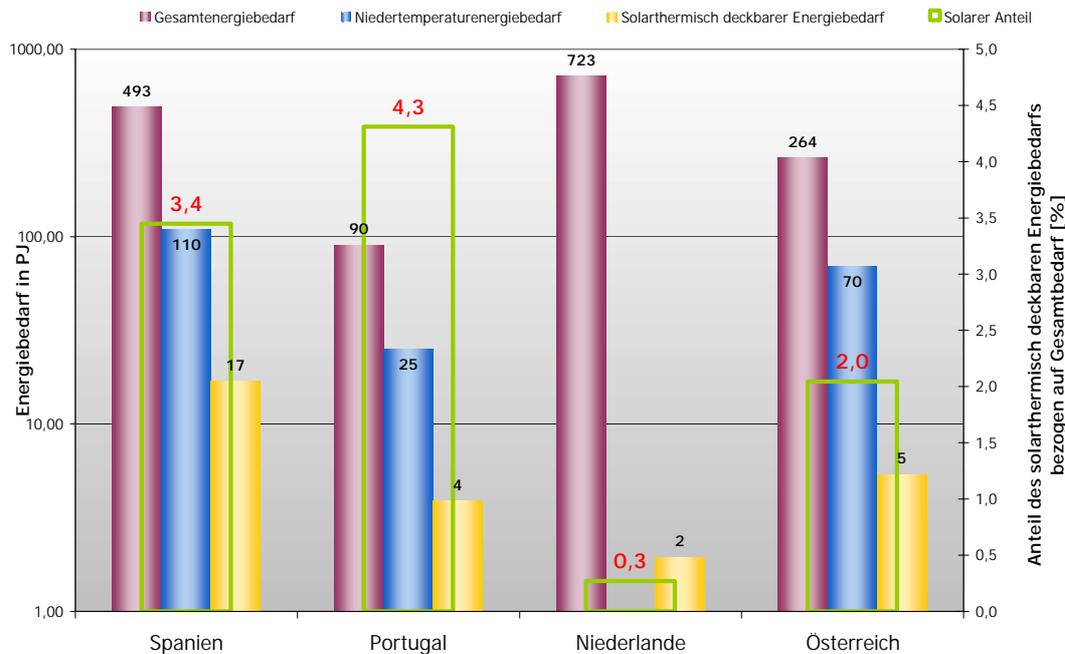


Abbildung 2.4: Jährlicher Energiebedarf der Industrie verschiedener Länder² und mittelfristig nutzbares solarthermisches Potenzial (Energieskala logarithmisch)

2.4 Auswahl jener Branchen, die prinzipiell für den Einsatz solarer Prozesswärme geeignet erscheinen

Auf Basis der Ergebnisse der nationalen und internationalen Recherchen und der Fragebogenaktion wurden einige Industriezweige und einige Branchen aus anderen Industriezweigen für genauere Untersuchungen ausgewählt. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass von der Branchenauswahl keine Rückschlüsse auf einzelne Produktionsunternehmen gezogen werden dürfen.

Folgende Kriterien waren für die Auswahl maßgebend:

2.4.1 Kriterien

Wärmeenergieverbrauch

² Anmerkung zu Abbildung 2.4: der Niedertemperaturenergiebedarf der Industrie der Niederlande wurde in der Studie nicht explizit genannt.

Einige Industriezweige haben einen so geringen Endenergieverbrauch, dass sie für die Potenzialabschätzung nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen (Beispiel Ledererzeugung und –verarbeitung)

Abwärmepotenzial aus Hochtemperaturprozessen

In einigen Branchen geht der Großteil des Energieeinsatzes in Hochtemperaturprozesse. Die daraus resultierenden Abwärmemengen für Niedrigtemperaturanwendungen übersteigen (fast) immer den Bedarf, wodurch eine zusätzliche Energiebereitstellung auf Niedertemperaturniveau durch Solaranlagen hinfällig wird (z.B. Eisen- und Stahlerzeugung, Zementindustrie, NE-Metalle)

Geeignete Temperaturniveaus der wichtigsten Prozesse

Wenn die Prozesse mit dem größten Energiebedarf, über dem Temperaturniveau von Standard-Solaranlagen liegen.

„Typische“ Niedertemperaturanwendungen (Trocknen, Reinigen, Pasteurisieren, Oberflächenbehandlung, ..)

einige Anwendungen kommen in fast allen oder zumindest in sehr vielen Branchen vor und sollten, sofern es keine relevanten Abwärmemengen gibt, immer überprüft werden (stark von Einzelbetrieb abhängig)

Interessensbekundungen und Rückmeldungen aus der Wirtschaft (Nischensparten)

Aus manchen Industriezweigen gab es bei der Fragebogenaktion nicht erwartetes Interesse (z.B. Betonerzeugung)

Betriebsgrößen

Obwohl es sehr viel mehr kleine Unternehmen gibt, liegt ihr Anteil am Produktionswert und am Energieverbrauch der jeweiligen Branche nur zwischen 5 und 10%.

Maßgeblich für den Gesamt-Endenergieverbrauch sind fast in allen Branchen die Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeitern, trotz der großen Zahl von kleineren Betrieben spielen diese für das Gesamtpotenzial nur eine untergeordnete Rolle.

2.4.2 Ergebnis der Branchenauswahl

Für eine detaillierte Betrachtung verbleiben damit die Branchen

Nahrungs- und Genussmittelindustrie (mit Schwerpunkten Milch- und Fleischverarbeitung und Brauereien)

Textilindustrie

Chemische Industrie

Gummi- und Kunststoffindustrie

Herstellung von Betonfertigteilen

Die detaillierte Darstellung der einzelnen Branchen (Struktur, Endenergieverbrauch nach Energieträgern und nach Verwendungszweck) erfolgt im Kapitel 4 Branchenbeschreibungen und Solarpotenziale der relevanten Sektoren der österreichischen Sachgüterproduktion. In folgender Tabelle und den nachfolgenden Grafiken gibt es eine zusammenfassende Darstellung für die ausgewählten Branchen und die gesamte Sachgütererzeugung.

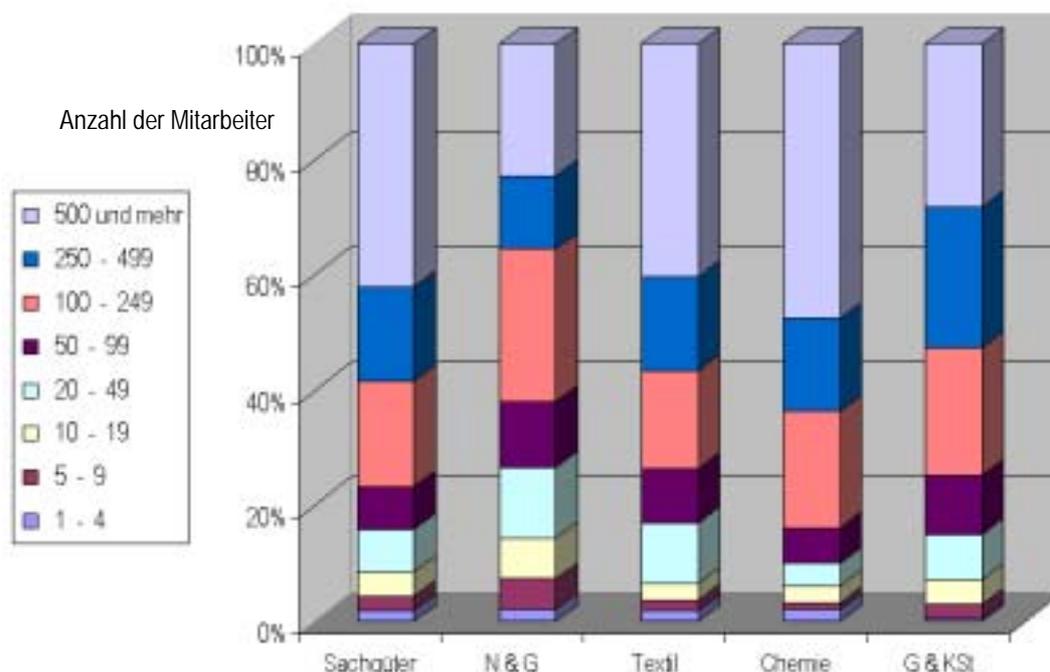


Abbildung 2.5: Struktur der ausgewählten Sektoren nach Betriebsgröße (Anzahl der Mitarbeiter) bezogen auf den Produktionswert (N&G = Nahrungs- und Genussmittelindustrie, G&KSt = Gummi- und Kunststoffindustrie) nach Statistik Austria [Lit 67]

Tabelle 2.8: Wirtschaftliche Kenndaten der wichtigsten ausgewählten Wirtschaftszweige nach Statistik Austria [Lit 67]

NACE-Abteilung	Bezeichnung Wirtschaftsbereich	Bezeichnung Branche	Unternehmen*	Beschäftigte*	Prod-wert in Mio €*	Besch/ Unt	Mio €/Unt	1.000 €/Besch
D	Sachgütererzeugung		25.044	628.753	98.500,7	25	3,9	156,7
15	H.v. Nahrungs- u. Genussmitteln und Getränken		4.398	79.374	10.858,5	18	2,4	134,3
17	H.v. Textilien und Textilwaren (ohne Bekleidung)		787	21.098	2.479,4	27	3,2	117,6
24	H.v. Chemikalien u. chemischen Erzeugnissen		369	27.141	6.815,1	74	18,5	251,1
25	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren		559	29.601	3.999,3	53	7,1	134,8
* ... Statistik Austria: Leistungs- und Strukturdaten 2000 / Ergebnisse der Leistungs- und Strukturerhebung								

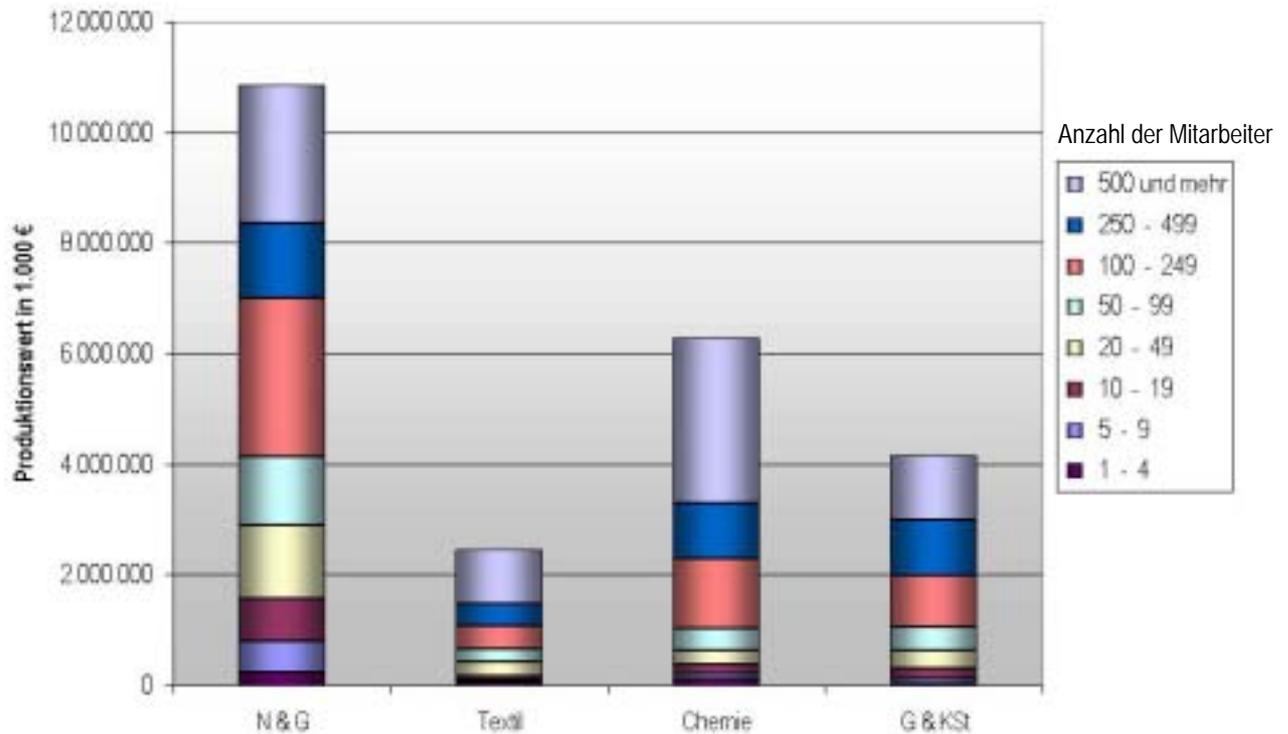


Abbildung 2.6: Struktur der ausgewählten Sektoren nach Betriebsgröße bezogen auf den Produktionswert (N&G = Nahrungs- und Genussmittelindustrie, G&KSt = Gummi- und Kunststoffindustrie) nach Statistik Austria [Lit 67]

2.5 Generelle Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Sachgütererzeugung

In der folgenden Grafik sind überblicksartig alle für einen Betrieb energierelevanten Themen dargestellt. Daraus geht hervor, dass ein Unternehmen, das eine alternative Energieversorgung anstrebt, vor Planung und Durchführung alle Aspekte der Energieeffizienz zu betrachten und möglichst umzusetzen hat, um eine optimale Energieversorgung für den Betrieb zu realisieren.

Optimierung des Energieeinsatzes in einem Produktionsbetrieb

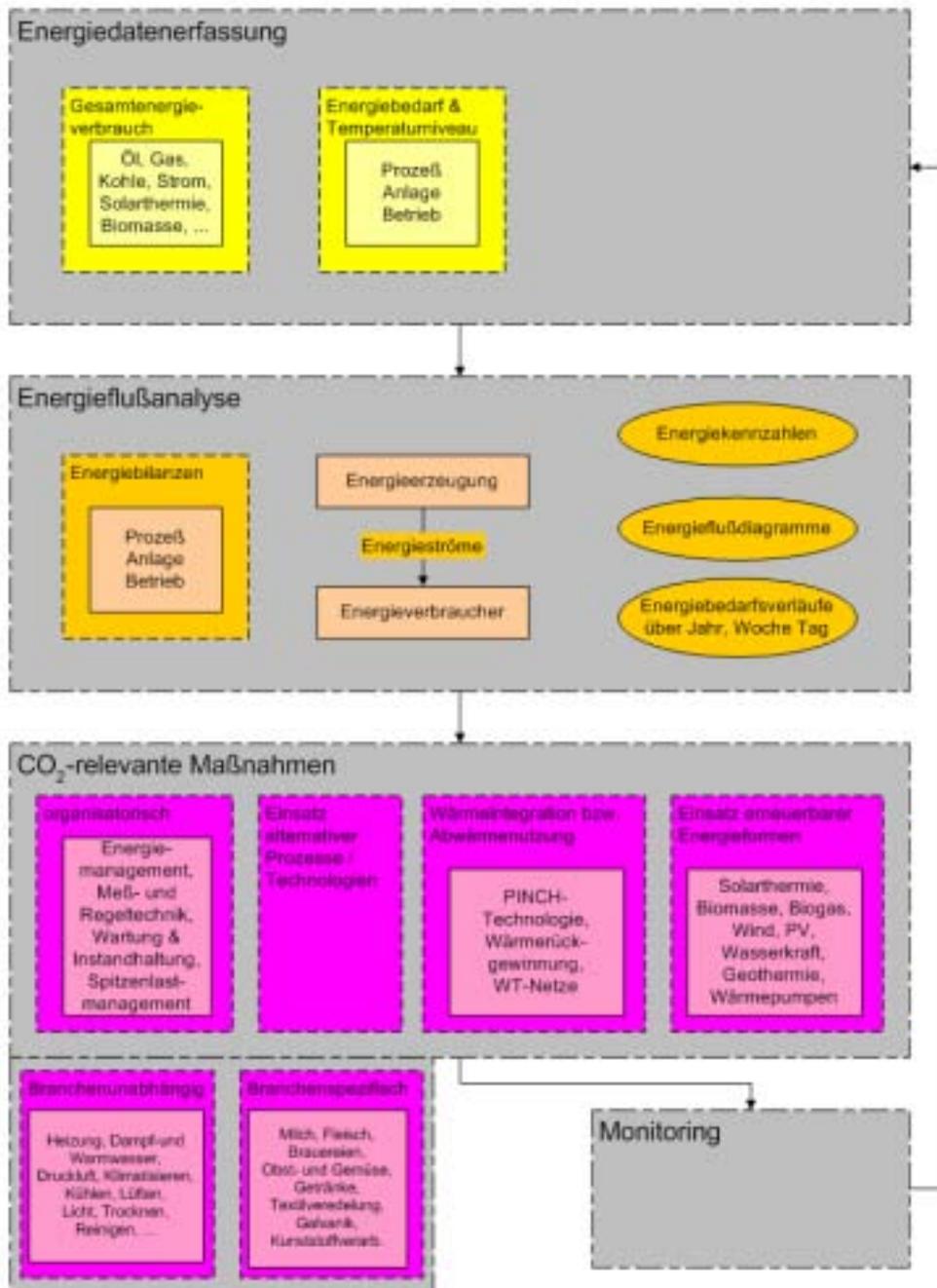


Abbildung 2.7: Energierrelevante Themenstellungen für ein Unternehmen

Bevor also ein Unternehmen darüber nachdenkt, in welchem Prozess es solare Prozesswärme einsetzt, sollen z.B. alle Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung und Koppelproduktion berücksichtigt werden. Wenn dann noch Bedarf an Niedertemperaturwärme besteht, ist ein sinnvoller Einsatz von Solarthermie gewährleistet.

Branchenspezifische Maßnahmen werden in den entsprechenden Branchenbeschreibungen erörtert. Einige allgemeingültige Themen zum Bereich Energieeffizienz / Energieeinsparungen sind im folgenden aufgezählt.

2.5.1 Organisatorische Maßnahmen

Organisation, Motivation, Bewusstseinsbildung, Kennzahlenbildung und Benchmarking sind fast immer ohne Investitionskosten durchführbar und nur mit sehr geringen Betriebskosten behaftet.

In einigen Branchen ist ein Vergleich von Kennzahlen (Benchmarking) üblich (Brauereien), in anderen Industriezweigen werden die Kennzahlen streng geheim gehalten, was aber auch eine Beurteilung der Effizienz des eigenen Unternehmens erschwert.

2.5.2 Wärmeerzeugung und -verteilung

Die Optimierung dieses zusammengehörenden Systems sollte optimalerweise bei der Wärmeabgabe beginnen. Durch etwas höhere Investitionskosten (größere Wärmetauscher) aber dafür geringere Betriebskosten (kleinere Temperaturdifferenzen und damit geringere Wärmeverluste) können oft erhebliche Effizienzsteigerungen und damit Kosteneinsparungen erzielt werden.

In „gewachsenen“ Betrieben wird meist von einer bestehenden Wärmeerzeugung ausgegangen, die für einen Hochtemperaturprozess ausgelegt ist, was bei der Abgabe an die anderen Prozesse zu erheblichen Verlusten führen kann. Im Extremfall sind sogar zwei oder mehr verschiedene Systeme zur Wärmeerzeugung günstiger.

Mögliche Maßnahmen:

Möglichst hohe Anlagenauslastung anstreben (Warenspeicher installieren)

Prozessdaten (Temperaturen, Luftmengen, Luftfeuchtigkeit, etc.) genau einhalten – automatische Steuerungsmöglichkeiten nutzen (Restfeuchte-, Umluft- und Abluftfeuchte- sowie Verweilzeit-Messung und –Regelung). Neue Mess- und Regelsysteme erlauben heute auch bei stark belasteten Trocknungsabgasen einen störungsfreien und wartungsarmen Betrieb.

Bei wechselnder Produktion mit unterschiedlichen Prozessdaten Reihenfolge optimal wählen
Vorhandene Wärmetauscher regelmäßig auf Schmutzablagerungen überprüfen und ggf. von diesen befreien

Abwärme möglichst im selben Prozess nutzen (Abwasserwärmerückgewinnung und Aufheizung des benötigten Frischwassers, Abgaswärmerückgewinnung Dampfkessel und Aufheizung Speisewasser oder Erzeugung Warmwasser, Abwärmerückgewinnung Abluft Trocknungsanlagen mit Vorwärmung Verbrennungsluft und Zuführung von Frischluft)

Bei Neuanschaffungen von thermischen Aggregaten und Wärmerückgewinnungsanlagen vom Planer und Lieferanten verbindliche Angaben über Energie- und Leistungsbedarf verlangen und diese durch Abnahmeversuche nachweisen lassen.

2.5.3 Wärmedämmung

Nicht nur im Prozessbereich wichtig, sondern auch in der gesamten Wärmeverteilung (Rohrleitungen und Armaturen) und im Gebäudebereich.

2.5.4 Stromtarife und Lastmanagement

Bei mehreren großen Stromverbrauchern ist es ratsam, durch ein Lastmanagement Spitzenleistungen zu reduzieren und hohe Grundleistung möglichst in Schwachlasttarife überzuführen. Diese Form der Optimierung des Energieeinsatzes bewirkt zwar keine Energieeinsparung, aber eine Kostenreduktion.

Mögliche Maßnahmen:

Leistungsgang Gesamtbezug und Einzelanlagen regelmäßig über mehrere Tage oder Wochen aufzeichnen und auswerten

Möglichkeiten zur Senkung der Leistungskosten prüfen (vorübergehende Abschaltung leistungsstarker Verbraucher, Maximumüberwachung, Höchstlastoptimierung)

Zweckmäßigkeit der Blindstromkompensation prüfen (Phasenschieber, Kondensatorbatterie, Gruppen- und Einzelkompensation)

Notwendigkeit und sinnvolle Dimensionierung der vorhandenen elektrischen Geräte überprüfen

2.5.5 Energieeffiziente Beleuchtung

Ist ein wichtiges Thema für geplante Um-, Aus- und Neubauten. Die Investitionen sind eventuell nicht kurzfristig wirtschaftlich, da diese im Vergleich zu den Betriebskosteneinsparungen hoch sind.

Mögliche Maßnahmen:

Beleuchtungsstärke prüfen

Beleuchtungsanlagen nur in den Bedarfszeiten betreiben – sonst ausschalten (evtl. mittels helligkeitsabhängig gesteuerter Schaltautomatik)

Allgemeinbeleuchtung als Grundbeleuchtung auslegen und dazu örtlich Arbeitsplatzleuchten installieren

Bei Neuinvestition Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgerät (EVG) verwenden

2.5.6 Elektrische Antriebe

Drehzahlgeregelte Motoren bringen im Vergleich zur Regelung mittels Armaturen erhebliche Einsparungen an elektrischer Energie und sind bei entsprechend vielen Antriebseinheiten immer noch ein oft unterschätzter Kosteneinsparungsfaktor.

Mögliche Maßnahmen:

Bei Neu- oder Ersatzinvestition Energiesparmotore verwenden

Richtige Auslegung beachten

Leerlauf von Anlagen vermeiden (vor allem im Bereich der Trocknungsaggregate)

Antriebe an die tatsächlich benötigte Leistung anpassen (Antriebe sind häufig überdimensioniert)

Bei sich häufig ändernden Belastungen und Drehzahlen Möglichkeit des Einsatzes polumschaltbarer Motoren und von Antrieben mit Spannungs- und Frequenzregelung prüfen

2.5.7 Kraft-Wärme-Kopplungen

Mit Blockheizkraftwerken (BHKW) oder Gasturbinen können mittlere und große Unternehmen vor allem bei den Stromkosten große Einsparungen erzielen. Allerdings machen solche Anlagen die Nutzung solarer Prozesswärme meist schwierig, da große Wärmemengen erzeugt werden.

Die Auswahl der geeigneten Technologie richtet sich neben den Investitionen und Kosten der Aggregate vor allem nach dem benötigten Temperaturniveau. Motor-BHKW's können nur einen Wärmebedarf von bis zu 100°C abdecken. Da in vielen Fällen deutlich höhere Temperaturen benötigt werden, muss eine Gasturbine mit nachgeschalteter Wärmeauskopplung herangezogen werden. Diese Turbine ist in einem weiten Leistungsspektrum einsetzbar.

2.5.8 Druckluftanlagen

Eine schlecht gewartete Anlage kann zu unnötigen Mehrkosten führen, die im Vergleich zum Wartungs- und Reparaturaufwand sehr erheblich sein können. Folgende Parameter können / müssen optimiert werden:

Kontrolle und Beseitigung von Leckagen
Abschaltung der Kompressoren bzw. Leitungen bei Betriebspausen
Einstellung des Druckluftniveaus auf das minimal erforderliche
Regelmäßige Prüfung und Wartung der Leitungen und Armaturen
Überprüfung der Temperatur der Ansaugluft

Mögliche Maßnahmen:

Regelmäßige Wartung durchführen
Regelmäßige Überprüfung des Druckluftnetzes vornehmen (Druckluftbedarfsanalyse), auch wenn äußerlicher Eindruck des Druckluftnetzes positiv erscheint
Bei Neu- oder Ersatzinvestition Energiespartrockner verwenden
Druck nicht zu hoch wählen
Druckluftnetz außerhalb der Betriebszeit abstellen oder herunterregeln
Bei Auftreten kurzzeitiger Verbrauchsspitzen Druckluftspeicher vorsehen oder vergrößern
Kompressorabwärme nutzen (Warmwassererzeugung oder Raumheizung)
Druckluftherzeugung für einzelne Bedarfsbereiche evtl. dezentralisieren

2.5.9 Lüftungsanlagen

Bei Be- und Entlüftung von Anlagen und Hallen ist ein Hauptaugenmerk auf die Wärmerückgewinnung aus der Abluft und/oder auf die Vorwärmung (mittels Wärmetauscher aus Abluft oder alternativ z.B. mittels Erdwärmetauscher) der Frischluftzufuhr zu richten. Bei großen

Luftumsätzen sind trotz der geringen Wärme-kapazitäten von Gasen die Abwärmemengen erheblich.

2.5.10 Heizung und Warmwasserbereitung

Mögliche Maßnahmen:

Heizkessel nicht überdimensionieren, ggf., Heizleistung auf zwei oder mehrere Kessel verteilen

Brenner an Kesselleistung anpassen. Regeleinrichtungen richtig einstellen, regelmäßig überprüfen und gegen unbefugte Eingriffe sichern

Dampf- und Warmwasserleitungen, -ventile isolieren

Direktbeheizung gegenüber Indirektbeheizung bevorzugen

2.5.11 Klimatisierung

Die Klimatisierung von Räumen und Hallen erfolgt meist über elektrisch angetriebene Klima- oder Kälteanlagen. Solares Kühlen ist eine mögliche Alternative, die von Pilotanlagen bereits demonstriert wird.

3 Stand der Technik - Solarthermische Systeme zur Generierung von Prozesswärme

Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick über die derzeit am Markt erhältliche Kollektor-technologie zur Generierung von Wärme gegeben, sowie mögliche Einbindungskonzepte von solarthermische in industrielle Wärmeerzeugungssysteme vorgestellt.

3.1 Kollektortechnologie

Der Kollektor stellt den wesentlichsten Teil einer solaren Warmegewinnungsanlage dar. Mit Hilfe des Kollektors wird die einfallende Sonnenstrahlung in Wärmeenergie umgewandelt und an einen Wärmeträger übergeben. Der Wärmeträger transportiert die in ihm gespeicherte Wärme dann zum jeweiligen Prozess. Die Abbildung 3.1 zeigt die Energieflüsse von der Sonne in den Kollektor und die wesentlichen auftretenden Verluste bis zum Austritt des Wärmeträgers am Beispiel des derzeit am häufigsten eingesetzten Kollektors, dem sogenannten Flachkollektor.

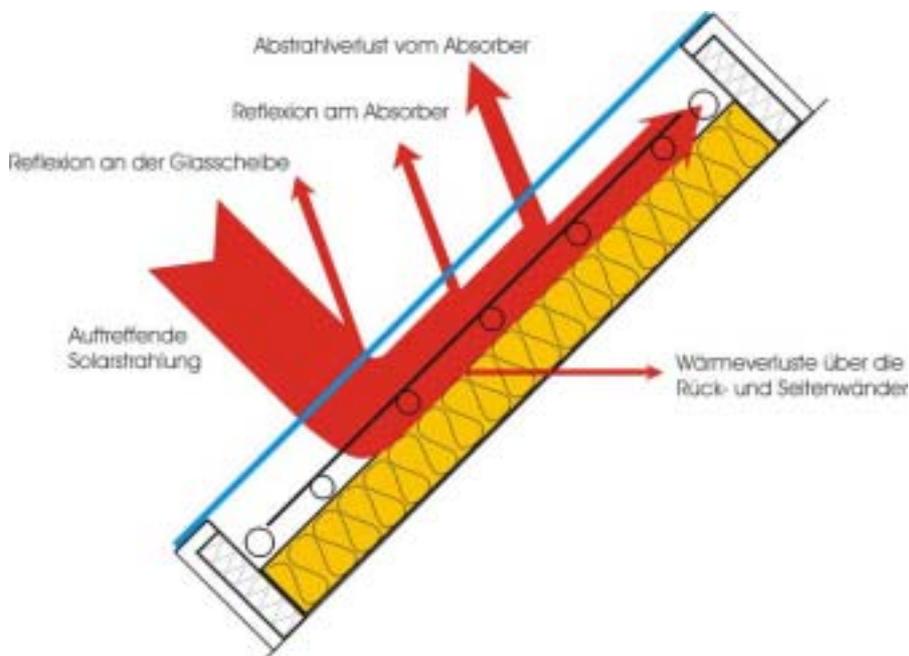


Abbildung 3.1: Energiefluss in einem Flachkollektor

Der Anteil der Energie, die am Kollektorausgang im Wärmeträgermedium gespeichert ist, bezogen auf die einfallende Strahlung auf den Kollektor wird über den Wirkungsgrad ξ wiedergegeben. Der Wirkungsgrad ξ ist von verschiedenen Parametern abhängig, wie dem Reflexionsgrad und dem Transmissionsgrad der Abdeckung, der Qualität des Absorbers, der

Dämmung, der Fluidtemperatur und der Umgebungstemperatur. Zusammengefasst werden diese Einflussfaktoren durch die Gleichung 3.1, die für die Bestimmung des Wirkungsgrades von Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt wird:

$$\xi = \xi_0 \left(1 - c_1 \frac{\Delta T}{G} - c_2 \frac{\Delta T^2}{G} \right)$$

Gleichung 3.1: Wirkungsgrad eines Kollektors (für Flach- bzw. Vakuumröhrenkollektoren)

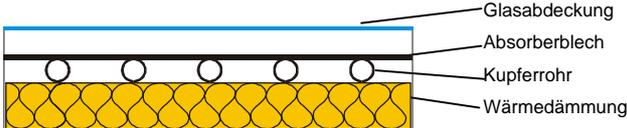
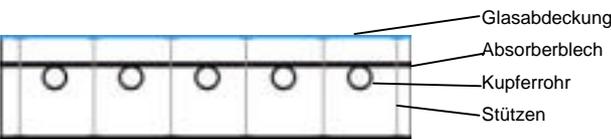
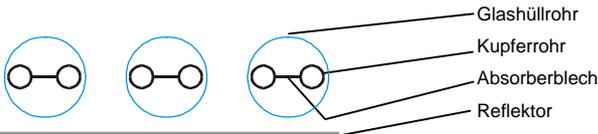
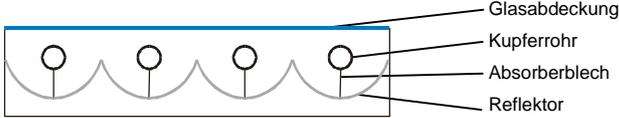
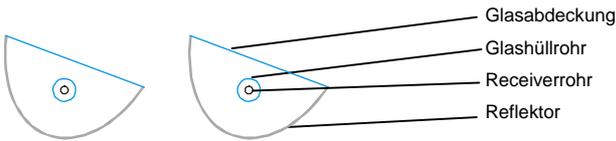
	Wirkungsgrad bei ΔT	$\xi_{T=0}$	Wirkungsgrad bei $\Delta T = 0$
$c_1 \dots$	Linearer Verlustfaktor aufgrund der konvektiven Wärmeverluste	$c_2 \dots$	Quadratischer Verlustfaktor aufgrund der Strahlungsverluste
$T \dots$	Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebung	$G \dots$	Globalstrahlung auf die Kollektoroberfläche in kWh/m²

ξ_0 stellt dabei den Wirkungsgrad des Kollektors dar, wenn die mittlere Fluidtemperatur gleich der Umgebungstemperatur ist, d.h. die konvektiven Wärmeverluste sind gleich Null und der Wirkungsgrad ergibt sich rein durch die optischen Verluste.

Für konzentrierende Kollektoren kann diese Gleichung nicht angewandt werden, da das Ausmaß der Konzentration der solaren Strahlung nicht mitberücksichtigt wird. Bei dieser Technologie kann außerdem im Gegensatz zu nicht konzentrierenden Systemen nur der Direktstrahlungsanteil genutzt werden. D.h. die Diffusstrahlung, welche durch Reflexion der Strahlung an Wolken, Boden und Bebauung entsteht und in unseren Breiten bis zu 60% der Gesamtstrahlung ausmacht, ist für Konzentratoren nicht nutzbar.

Einen Überblick über die derzeit auf dem Markt befindlichen und auch in Entwicklung stehenden Kollektortypen gibt Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1 Kollektortypen, die für Prozesswärmebereitstellung geeignet sind

Bezeichnung	Skizze (Querschnitt)	Kollektorarbeits-temperatur in°C
Flachkollektor	 <p>Labels: Glasabdeckung, Absorberblech, Kupferrohr, Wärmedämmung</p>	30 – 80* 30 – 90**
Vakuumflachkollektor	 <p>Labels: Glasabdeckung, Absorberblech, Kupferrohr, Stützen</p>	60 – 100*
Vakuumröhrenkollektor mit und ohne Reflektor	 <p>Labels: Glasfüllrohr, Kupferrohr, Absorberblech, Reflektor</p>	50 – 190* 60 – 120**
Kollektor mit Reflektor CPC (Compound Parabolic Concentrator)	 <p>Labels: Glasabdeckung, Kupferrohr, Absorberblech, Reflektor</p>	70 – 290* 60 – 180**
Parabollinnenkollektor (einachsigt nachgeführt)	 <p>Labels: Glasabdeckung, Glasfüllrohr, Receiverrohr, Reflektor</p>	70 – 290*

* nach Norton, [Lit 59]

** nach Marko, Braun, [Lit 53]

Weitere Kollektortypen wie Parabolspiegel, Solartürme usw. werden in der solaren Kraftwerkstechnik zur Stromproduktion eingesetzt und hier nicht weiter betrachtet.

Mit Hilfe der Wirkungsgradkennlinie eines Kollektors können die verschiedenen Kollektortypen vergleichend gegenüber gestellt werden und aus einem entsprechenden Diagramm die sinnvollen Einsatzbereiche der Kollektoren abgelesen werden.

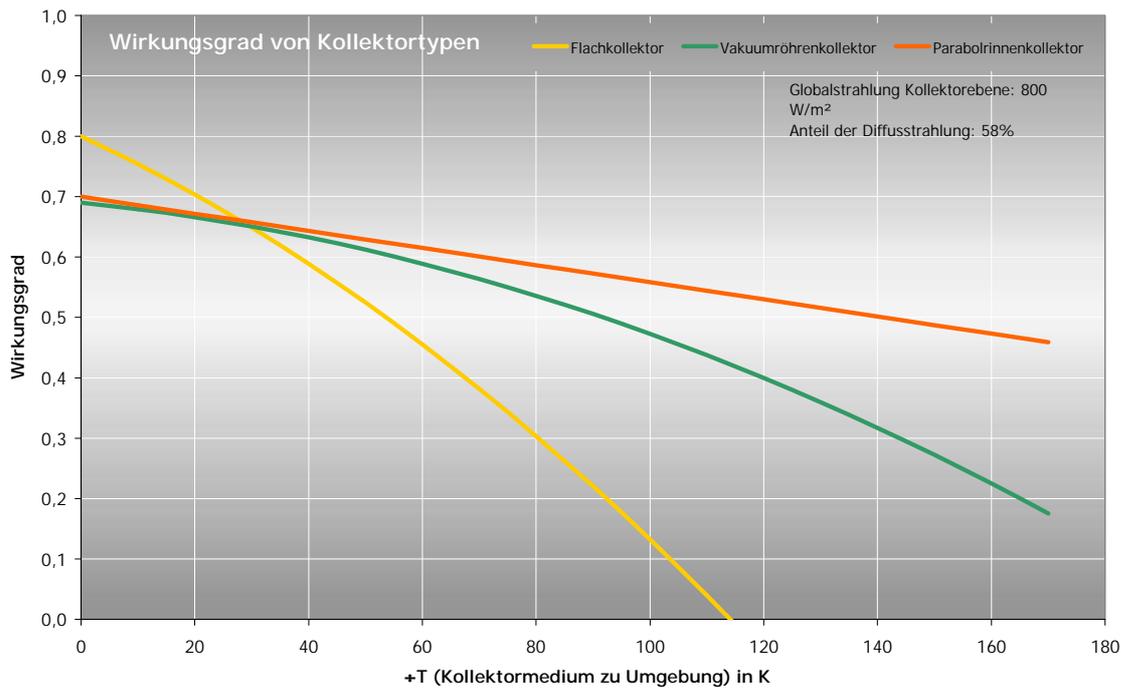


Abbildung 3.2: Kennlinien von verschiedenen Kollektortypen

Wie aus der Abbildung 3.2 zu erkennen ist, haben Flachkollektoren im niedrigen Temperaturbereich einen Wirkungsgradvorteil, den die Vakuumkollektoren aber bei höheren Temperaturen wettmachen. Grund dafür sind höhere optische Verluste der Vakuumröhren und konzentrierenden Kollektoren einerseits und die höheren thermischen Verluste der Flachkollektoren mit steigender Temperatur andererseits.

Der bisherige Einsatzzweck von Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren beschränkt sich auf die Bereitung von Warmwasser im häuslichen Bereich und die Heizungsunterstützung für Ein- und Mehrfamilienhäuser. Einige Anlagen unterstützen Nahwärmenetze, wie zum Beispiel die derzeit größte Solaranlage Österreichs, welche am Arnold Schwarzenegger Stadion mit einer Gesamtkollektorfläche von 1.440 m² in Graz installiert ist.

Abbildung 3.3 (nach Faninger, [Lit 22]) zeigt nachstehend die Marktanteile der jeweiligen Kollektortechnologie für die Einsatzbereiche der Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung im Jahr 2001. Wie daraus hervorgeht, werden in Österreich im wesentlichen Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren und Schwimmbadabsorber (in Tabelle 3.1 nicht enthalten) eingesetzt.

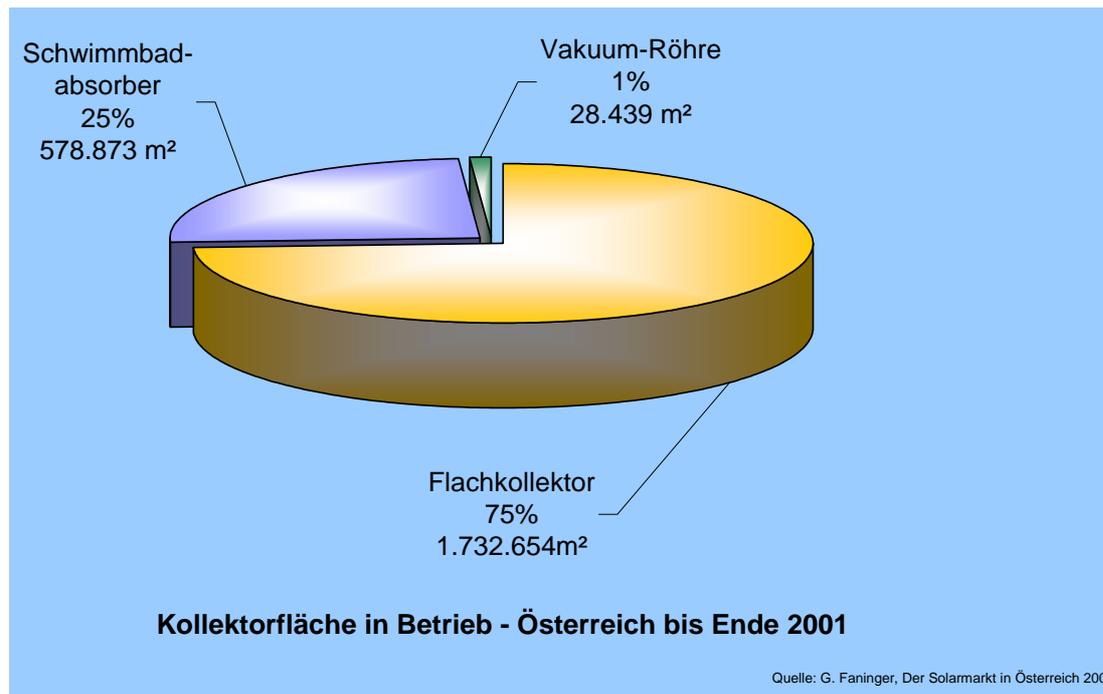


Abbildung 3.3: Aufteilung der installierten Kollektorfläche von in Betrieb befindlichen Solaranlagen nach Kollektortypen

Für die Anwendung in Gewerbe und Industrie zur Erzeugung von Prozesswärme gibt es aufgrund der bisher geringen Anwendung noch keine Daten in der Statistik. Einen Überblick über dokumentierte Anlagen gibt das Kapitel 6.

3.2 Systemkonzepte für solar unterstützte Prozesswärme

Für die Einbindung einer solarthermischen Anlage in ein konventionelles Wärmeversorgungssystem kommen mehrere Konzepte in Frage, die im folgenden kurz beschrieben werden. Es werden dabei die drei Aspekte der Einbindung des Solarsystems in das konventionelle Wärmesystem, die Art der Wärmeübertragung an den Prozess und das Auslegungsziel der Solaranlage betrachtet.

3.2.1 Einkopplung der Solaranlage in das konventionelle System

In industriellen Prozessen können Luft, Wasser oder auch Wasserdampf als Wärmeträger eingesetzt werden. Abbildung 3.4, Abbildung 3.5 und Abbildung 3.6 zeigen die möglichen Punkte zur Einbindung einer solarthermischen Anlage in ein konventionelles System zur Erzeugung industrieller Prozesswärme am Beispiel eines wasser- bzw. dampfgeführten Prozesses.

Grundsätzlich kann zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden werden. In einem offenen Prozess wird das gesamte Prozesswasser erwärmt und geht in Form von Abwasser aus der Anlage. Im Gegensatz dazu, wird in einem geschlossenen System das gesamte Prozesswasser wieder rückgeführt. Es ist auch eine Mischung dieser beiden Formen möglich, d.h. dass nur ein Teil des Prozesswassers rückgeführt wird und der Rest als Abwasser anfällt.

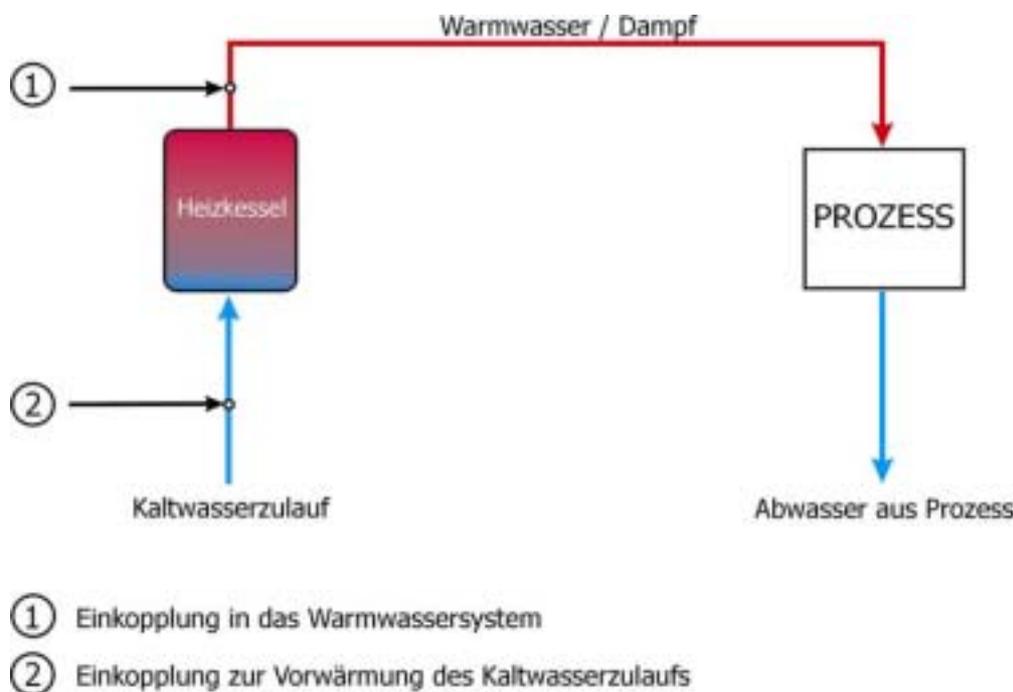
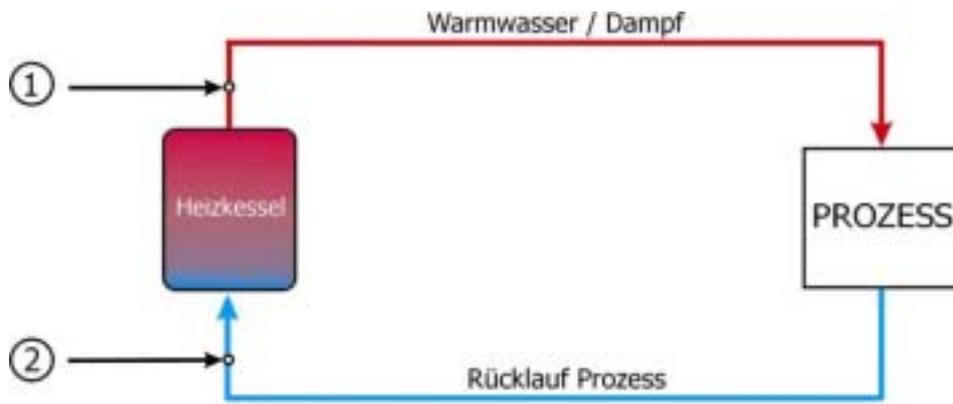
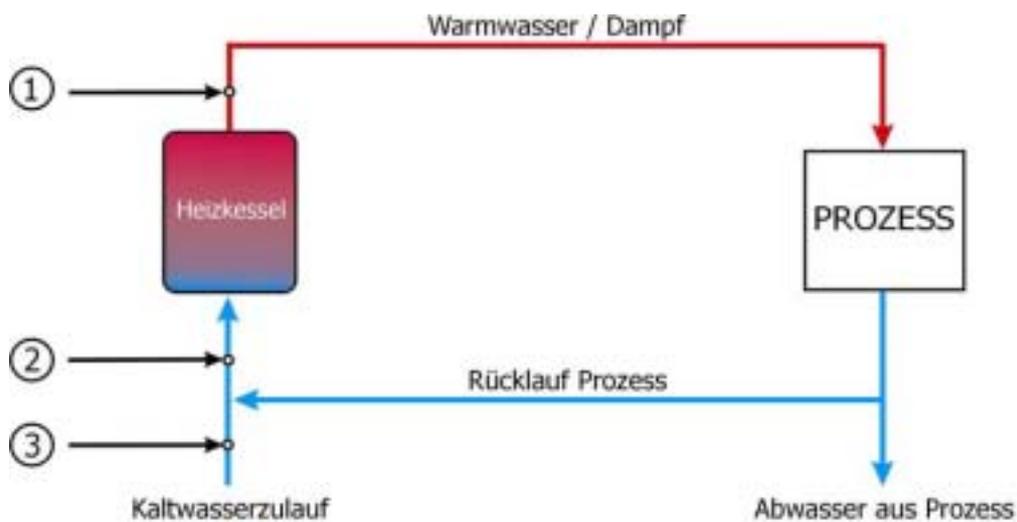


Abbildung 3.4: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein offenes System



- ① Einkopplung in das Warmwassersystem
- ② Einkopplung zur Vorwärmung des Rücklaufs aus dem Prozess

Abbildung 3.5: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein geschlossenes System



- ① Einkopplung in das Warmwassersystem
- ② Einkopplung zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs inkl. Rücklauf aus dem Prozess
- ③ Einkopplung zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs

Abbildung 3.6: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein gemischtes System

Tabelle 3.2: Übersicht Einkopplungspunkte

t Einkopplung in das Warmwassersystem	Meist hohes Temperaturniveau, möglicherweise nur mit konzentrierenden Kollektoren möglich, z.B. bei Direktverdampfung in Parabolrinnenkollektoren
u Einkopplung zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs inkl. Prozessrücklauf	Mittleres Temperaturniveau, Flachkollektoren (selektiv) möglich
v Einkopplung zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs	Niedriges Temperaturniveau, einfache Flachkollektoren möglich

t Einkopplung in das Warmwassersystem

Die solarthermische Anlage wird direkt nach dem konventionellen System eingebunden und gibt die solaren Gewinne an das Warmwassersystem ab. Hier ist das Temperaturniveau des Prozesses zu berücksichtigen, womit sich einerseits eine Beschränkung von möglichen Prozessen und andererseits von einsetzbaren Kollektoren ergibt. Der einsetzbare Kollektortyp ist entsprechend der nötigen Prozesstemperatur zu wählen.

u ,v Einkopplung zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs mit/ohne Prozessrücklauf

Die Solaranlage wird bei diesem Konzept genutzt, um den Kaltwasserzulauf des Kessels vorzuwärmen und damit den Primärenergiebedarf zu senken. Je nach Temperaturniveau des Prozessrücklaufs kann auch dieser in die Vorwärmung integriert werden. In diesem Bereich können auch sehr günstige Flachkollektoren eingesetzt werden, da die solarthermische Anlage mit sehr niedrigen Rücklauftemperaturen betrieben werden kann. Für die Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs können Flachkollektoren sehr wirtschaftlich eingesetzt werden, während bei der Vorwärmung des Prozessrücklaufs wieder dessen Temperaturniveau berücksichtigt werden muss. Zusätzlich muss bei diesen Varianten auch die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung in Betracht gezogen werden, wodurch der Einsatz einer Solaranlage nicht mehr sinnvoll erscheinen kann oder bei Vorhandensein eines Wärmeabnehmers die Leistung der Solaranlage gesteigert werden kann, da diese auf einem niedrigeren Temperaturniveau betrieben werden kann.

Es muss aber festgehalten werden, dass die industrielle Produktion zumeist nicht ohne ein konventionelles Wärmegenerierungssystem möglich ist. D.h. die Solaranlage kann eingesetzt werden, um den Primärenergiebedarf eines Prozesses zu reduzieren, eine vollständige Deckung durch Solarenergie wird derzeit, bedingt durch marktverfügbare Speichertechnologie, in den seltensten Fällen möglich sein.

3.2.2 Wärmeabgabe an den Prozess

Neben der Beachtung der Einkopplungspunkte in ein industrielles Wärmesystem wie oben beschrieben, muss auch die Art des Wärmeaustausches der solarthermischen Anlage mit dem konventionellen System betrachtet werden, um zu einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Integration zu kommen. Es ergeben sich mehrere Möglichkeiten des Wärmeaustauschs mit dem Prozess. Weiters kann man grundsätzlich zwischen Systemen mit Speicher und jenen ohne Speicher unterscheiden.

Systeme ohne Speicher

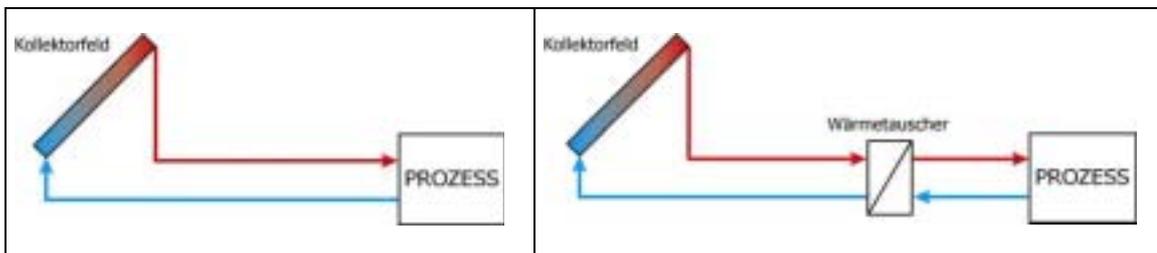


Abbildung 3.7: Direkter Wärmeaustausch

Abbildung 3.8: Indirekter Wärmeaustausch

System mit Speicher

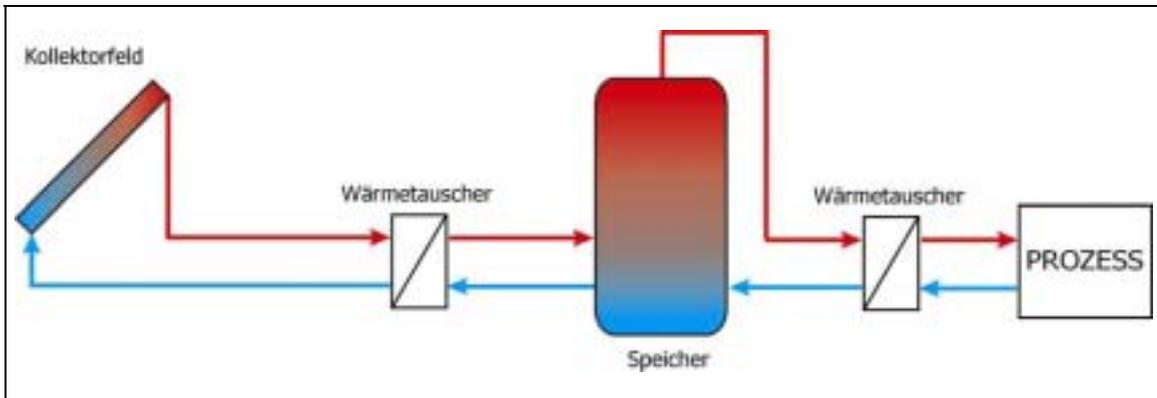


Abbildung 3.9: Indirekter Wärmeaustausch mit Speicher

Die Abbildungen zeigen, dass der apparative und regelungstechnische Aufwand mit der Anzahl der Wärmetauscherkreise zunehmend steigt.

Das einfachste System ist jenes, das in Abbildung 3.7 dargestellt ist. Das Prozessmedium fließt direkt durch den Kollektor und wird dort erwärmt. Dies ist aber nur dann möglich, wenn es sich um ein nicht korrosives Medium handelt und keine Frostgefahr gegeben ist. Diese Systeme können auch mit Luft als Wärmeträger bzw. nachfolgend als Prozessmedium eingesetzt werden. Anlagen dieser Art sind in Kapitel 6 ebenfalls dokumentiert.

Abbildung 3.8 zeigt ein Zweikreissystem, wobei der Primärkreis (Solarkreislauf) mit einem Wasser/Glykolgemisch betrieben werden kann und die Wärme über einen Wärmetauscher an das Prozessmedium übertragen wird. Dieses Konzept hat den Vorteil, dass die Frostsicherheit erfüllt ist und auch mit korrosiven Medien bzw. auch anderen Medien als Wasser im Sekundärkreis gearbeitet werden kann. Beispiel: Erwärmung von Galvanikbecken.

Systeme, wie die beiden voran beschriebenen, können vor allem bei kontinuierlicher Prozessführung eingesetzt werden, wobei ein gewisser Anteil der Grundlast des Wärmebedarfs von der Solaranlage und der Rest durch das konventionelle System gedeckt wird.

Der technisch größte Aufwand ergibt sich bei einem System nach Abbildung 3.9. Dieses System hat den Vorteil, dass Wärme gespeichert werden kann und in Perioden geringer solarer Einstrahlung zur Verfügung steht. Dies ist dann von Vorteil, wenn Prozesse diskontinuierlich betrieben werden und durch die Speicherung zusätzliche Energiegewinne erzielt werden können. Damit kann der solare Deckungsgrad erhöht werden, es steigen aber andererseits auch die Systemkosten. Die Vorteile der getrennten Wärmemedien (Zweikreissystem) treffen auch hier zu, wobei aber auch die Verluste dieses Systems höher liegen als jene der einfacheren Systeme.

3.2.3 Auslegung der Solaranlage

Die solarthermische Anlage kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Ziele hin ausgelegt werden. Die erste Möglichkeit geht dahin, einen möglichst hohen solaren Deckungsgrad der Solaranlage zu erreichen, was allerdings mit eventuellen Überkapazitäten der Anlage in einstrahlungsreichen Zeiten verbunden sein kann. Die zweite Möglichkeit besteht darin, alle solaren Gewinne im Prozess zu verwenden, d.h. keine überschüssige Wärme zu produzieren, was mit einem niedrigen solaren Deckungsgrad einhergeht. Zur Verdeutlichung wird zuerst der solare Deckungsgrad definiert:

$$\text{Solarer Deckungsgrad} = \frac{\text{Energie von Solaranlage}}{\text{Gesamtenergiebedarf}} \quad \Bigg| \quad \frac{\text{Energie von Solaranlage}}{\text{Energie von Solaranlage} + \text{Zusatzenergie}}$$

Variante 1: Hoher solarer Deckungsgrad

Die Solaranlage soll einen möglichst großen Anteil des Wärmebedarfs eines Prozesses abdecken. Dies wird meist nur mit großen Kollektorflächen und der Verwendung von Speichern möglich sein. Auf diese Art kann eine große Primärenergieeinsparung erreicht werden. Dieses Anlagenkonzept bringt auch dann Vorteile, wenn der zu versorgende Prozess diskontinuierlich betrieben wird, also z.B. nur fünf Tage in der Woche oder nur während 6 Stunden am Tag, da so auch die solaren Energiegewinne der Stillstandszeiten genutzt werden können.

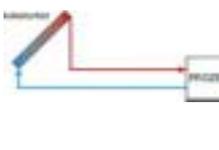
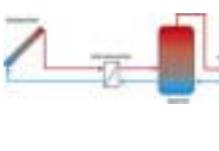
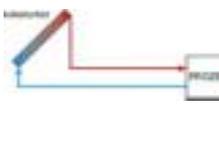
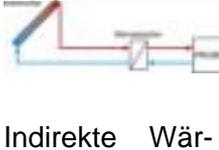
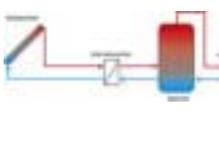
Variante 2: Niedriger solarer Deckungsgrad

Die Solaranlage soll nur einen kleinen Teil des Wärmebedarfs des Prozesses decken, was mit kleineren Kollektorflächen im Vergleich zu Variante 1 und auch ohne Speicher erreicht werden kann. Trotz geringem Deckungsgrad kann auch aufgrund des hohen Gesamtenergiebedarfs eine nennenswerte Primärenergieeinsparung erreicht werden. Dieses Konzept kann dann vorteilhaft eingesetzt werden, wenn der Prozess kontinuierlich betrieben wird und der aktuelle Wärmebedarf die solaren Energiegewinne übersteigt.

Abschließend zeigt die Tabelle 3.3 einen Vergleich der beschriebenen Auslegungsmöglichkeiten und dazu passende Systeme für verschiedene Prozessführungen:

Tabelle 3.3: Vergleich Systemkonzepte

System	Einkopplung lt. Kap. 3.2.1	Deckungs- grad	Speicher	Art der Prozess- führung	Prozess- wärme- bedarf

 Direkte Wärmeübertragung	1	niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als solarer Ertrag
 Indirekte Wärmeübertragung	1,2,3	niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als solarer Ertrag
 Indirekte Wärmeübertragung mit Speicher	1,2,3	hoch	Ja	satzweise kontinuierlich	meist gleich bzw. höher als solarer Ertrag
System	Wärmeträger			Kollektortyp	
 Direkte Wärmeübertragung	Luft			Luftkollektoren	
	Wasser, Prozessmedium			je nach Prozesstemperatur	
	Dampf			Parabolrinnenkollektor	
 Indirekte Wärmeübertragung	<u>Primär:</u> Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl <u>Sekundär:</u> Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium			je nach Prozesstemperatur	
 Indirekte Wärmeübertragung mit Speicher	<u>Primär:</u> Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl <u>Sekundär:</u> Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium			je nach Prozesstemperatur	

Die Entscheidung welches der Systemkonzepte tatsächlich zur Anwendung kommt, kann aber in jedem Fall erst nach einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung getroffen werden. Auf Basis dieser Analyse soll auch die Entscheidung über die Art der Wärmeübertragung gefällt werden, sofern es technisch keine Gründe gibt, eines der Konzepte abzulehnen.

3.3 Systemkonzepte für solar unterstützte Hallenheizung

Die Unterstützung von Hallenheizungen durch solarthermische Anlagen stellt eines der günstigsten Anwendungsfelder dar. Für die Beheizung von entsprechend ausgeführten Hallen sind nur niedrige Vorlauftemperaturen im Heizkreislauf notwendig, was den Betrieb der Kollektoren mit hohen Wirkungsgraden ermöglicht. Im Folgenden werden zwei mögliche Konzepte beschrieben, die bereits realisiert wurden und erfolgreich betrieben werden.

3.3.1 Konzept 1 – monovalent beheizte Produktionshalle

In Vorarlberg wurde die erste Gewerbehalle Mitteleuropas errichtet, die ausschließlich (monovalent) über eine Solaranlage beheizt wird. In der Halle werden Sonnenkollektoren und Zubehör von der Firma Winkler Solar produziert, weiters ist in ihr eine zugehörige Spenglerei untergebracht.



Abbildung 3.10: Ansicht der Produktionshalle - Winkler Solar (Quelle: Winkler Solar)

Die beim Hallenbau eingesetzten Materialien sind nach ökologischen Gesichtspunkten ausgewählt. Dabei wurde heimischen Baustoffen und Lieferanten der Vorzug gegeben. Besonderen Wert wurde auf eine möglichst einfache Technik gelegt, um eine hohe Lebensdauer und Wartungsfreiheit zu gewährleisten.

Für die wirtschaftliche Situation des Unternehmens bedeutet dies, dass bei gleichen Investitionskosten wie bei herkömmlicher Bauweise mit keinen Heizkosten zu rechnen ist. Gegenüber konventionell produzierenden Unternehmen führt das zu einem wirtschaftlichen Vorteil, der auf die hergestellten Produkte übertragbar ist.

Technische Daten

Das beheizte Bruttohallenvolumen beträgt 4.523 m^3 . Die Hallenwand ist in Holz-Elementbauweise mit 25 cm Wärmedämmung ausgeführt und hat einen U-Wert von ca. $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als Witterungsschutz wurde die Fassade mit einem hinterlüfteten Wellblech

verkleidet. Die Dachkonstruktion ist teilweise in Holz-Elementbauweise mit innenliegender Wärmedämmung, teilweise als Binderkonstruktion mit oberliegender Wärmedämmung ausgeführt. Der U-Wert des Daches liegt bei $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Der Boden wurde mit 10 cm Wärmedämmung nach unten und zur Seite hin gedämmt. In die Betonplatte, die zur Speicherung der Wärme dient, sind zur Wärmeverteilung Rohre integriert. Die Deckschicht bildet ein Feinabrieb (Monofinish). Die Zwischenebene wurde in Stahl-Holzbauweise ausgeführt und wird als Lagerebene und zur Unterbringung der Büro-, Aufenthalts- und Sanitärräume genutzt.

Die Fenster sind als Holzfenster mit dreifacher Verglasung ausgeführt und haben einen U-Wert von ca. $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fensterflächen sind nach Osten und nach Westen orientiert, auf eine zusätzlich Beschattungsmöglichkeit kann deswegen verzichtet werden. Auch bei heißem Sommerwetter herrscht angenehm kühles Arbeitsklima. Großer Wert wurde auch auf die Tore gelegt. Diese sind als Sektionaltore mit 75 mm Stärke ausgeführt, der U-Wert des kompletten Tores beträgt ca. $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$. Auf die Luftdichtheit der Torabschlüsse wurde besonders geachtet.

Beheizt wird die Produktionshalle über eine Solarfassade mit 105 m^2 Kollektorfläche und einer am Dach mit 80° Neigung aufgestellten Kollektorfläche von 24 m^2 . Die Kollektoren haben eine selektive Beschichtung und sind leistungs- und qualitätsgeprüft. Durch die Fassadenmontage können sommerliche Stillstandsprobleme der Kollektoren weitestgehend vermieden werden. Die hydraulische Verschaltung der Kollektorfelder ist eine Mischform aus Parallel- und Serienschaltung. Die Wärmeübertragung vom Kollektorkreis zum Heizkreis erfolgt über einen Plattenwärmetauscher. Über diesen wird die als Wärmespeicher genutzte Betonplatte geladen. Das Wärmeverteilsystem im Boden besteht aus 30 Schleifen á ca. 90 m Alu-Kunststoffrohr.

Die Betonplatte dient damit gleichzeitig als Wärmespeicher und als Heizkörper (Beheizung durch Strahlungswärme). Zur Vermeidung von überhöhten Innentemperaturen wird die Betonplatte maximal auf 3 K über Raumtemperatur erwärmt. Die Kombination aus hoher Gebäudedämmung und hohen Energieerträgen im Winterhalbjahr ermöglichen eine vollsolare Deckung [Lit 79].

3.3.2 Konzept 2 – bivalent beheiztes Betriebsgebäude

Der Energiepark West wurde im Frühjahr 1999 als neues Betriebsgebäude der Firmen Doma Solartechnik, sowie „stromaufwärts“ Photovoltaik und SAG Solarstrom eröffnet. Wärme und Strom für die 470 Quadratmeter Bürofläche und 1.380 Quadratmeter Produktionsfläche stammen ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern. Durch optimale Planung und Wärmedämmung erfüllt der Bürotrakt mit einem spezifischen Energiebedarf von 50 kWh je Quadratmeter Fläche und Jahr die Anforderungen des Vorarlberger Energiesparhauses. Neben der vollständigen Energieversorgung aus erneuerbaren Energieträgern, war die ökologi-

sche Bauweise des Objektes von Bedeutung. So wurde im ganzen Gebäude auf die Verwendung umweltschädlicher Materialien wie PVC verzichtet.



Abbildung 3.11: Ansicht Energiepark West (Quelle: AKS Doma Solartechnik GmbH)

Energieversorgung des Bürogebäudes und der Produktionshalle

Durch die Anordnung des Büros und der Produktionshalle wird die passive Sonnenenergie optimal genutzt. An aktiven Systemen zur Stromerzeugung, Brauchwasserbereitung und Raumheizung sind zwei mit Biodiesel betriebene BHKW's, eine Photovoltaikanlage und eine thermische Solaranlage installiert. Die Energiefassade an der Südfront bildet dabei das Kernstück der Energieversorgung für das Gebäude. In dieser 220 Quadratmeter großen Fassade sorgen 143 polykristalline Kyocera Hochleistungsphotovoltaik-Module mit 130 Quadratmetern für die Versorgung mit Strom. Die Leistung liegt bei 17,16 kWp. Produzierte Stromüberschüsse werden in das öffentliche Netz eingespeist. Ebenfalls in der Südfassade integriert sind 80 Quadratmeter fassadenintegrierte Sonnenkollektoren für die Warmwasserbereitung und teilsolare Raumheizung (Büro und Produktionshalle). Für längere Schlechtwetter- und Kälteperioden wurden zwei mit Biodiesel betriebene Blockheizkraftwerke mit je 10,2 kW thermischer und 5,4 kW elektrischer Leistung installiert. Strom, Beheizung und Warmwasser werden also zu hundert Prozent aus erneuerbaren Energiequellen und somit CO₂-neutral bezogen.

Die Wärmeabgabe, wie in Abbildung 3.12 dargestellt, erfolgt im Bürogebäude mittels Wandflächenheizung (65 m²). In der Produktionshalle wird der Monofinish-Betonboden (90 Kubikmeter) als Wärmespeicher und Heizkörper genutzt, der wie die Wandkollektoren im Büro Strahlungswärme abgibt. Dabei wird das Heizsystem mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben. Im Bürogebäude beträgt diese maximal 30°C, in der Produktionshalle maximal 25°C bei einer Außentemperatur von minus 14°C. Durch den Fußbodenspeicher konnte der wassergeführte Pufferspeicher auf ein Minimum von 950 l reduziert werden [Lit 12].

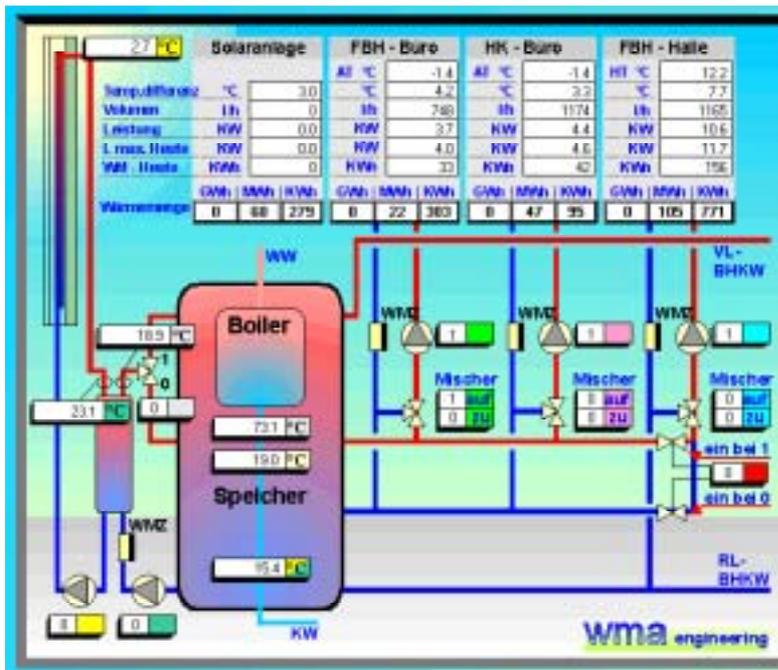


Abbildung 3.12: Hydraulikschema - Energiepark West

3.3.3 Konklusion – Hallenheizung

Die vorangegangenen Beispiele zeigen, dass die Beheizung von Produktionshallen mit thermischen Solaranlagen schon heute wirtschaftlich möglich ist. Anwendbar sind die Konzepte sowohl bei Neubauten wie auch bei der Sanierung von Hallen. Je nach Dämmstandard der Gebäude kann auch auf eine Zusatzheizung verzichtet werden. Im anderen Fall kann bei Einsatz einer Biomasseanlage die Halle kohlendioxidneutral beheizt werden. Ein mögliches Konzept für eine solarthermisch (unterstützte) Hallenheizung zeigt Abbildung 3.13. Bei einer vollsolar beheizten Produktionshalle wäre die Zusatzheizung nicht notwendig, dafür müsste aber wie oben beschrieben, die Dämmung des Gebäudes entsprechend ausgeführt werden.

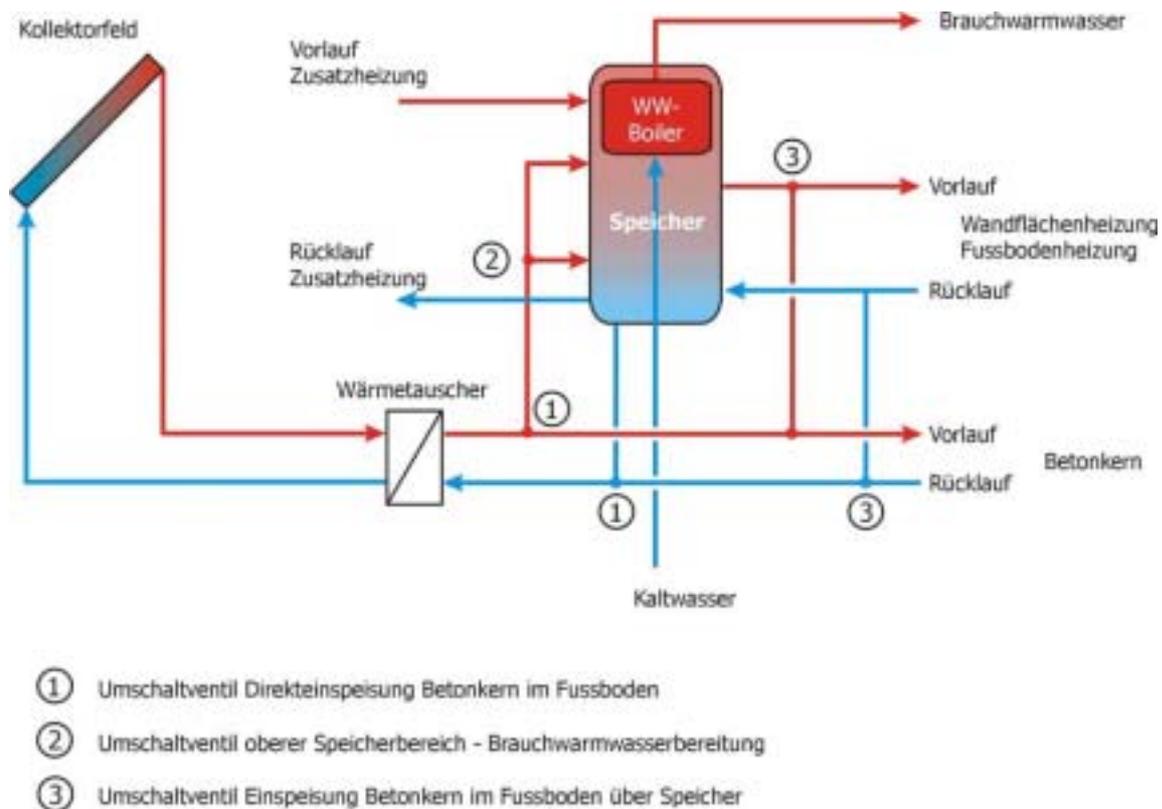


Abbildung 3.13: Systemkonzept zur Produktionshallenbeheizung

Die Kollektoren können auf dem Dach oder auch in der Fassade angeordnet werden. Im Fassadenfall können auch bei geringer Einstrahlung im Winter passive Solargewinne verbucht werden, wodurch die Wärmeverluste verringert werden. Bei Vorhandensein von günstig orientierten Schrägdächern (Sheddach) können Dachkollektoren kostengünstig ohne Aufständerkonstruktion montiert werden.

Die Umschaltung des Sekundärkreises (Punkt u) in den Pufferspeicher – höheres und tieferes Niveau – bringt den Vorteil, die Bereitstellung des Warmwassers zu garantieren bzw. geringere Energieerträge durch die Solaranlage zur Vorwärmung des Pufferspeichers zu nutzen.

Die Warmwasserbereitung erfolgt bei diesem Konzept mit einem sogenannten „Tank in Tank“ Prinzip. Im Speicher ist im oberen Bereich ein Warmwasserboiler mit kleinerem Volumen integriert, in dem das Brauchwarmwasser durch das Heizungswasser erwärmt wird.

Eine weitere Möglichkeit Energieerträge der Solaranlage auf niedrigem Temperaturniveau zu nutzen, besteht darin, vom Plattenwärmetauscher direkt in den Heizkreis des Betonbodens einzuspeisen (Punkt t). Durch die hohe Speicherkapazität kann eine große Menge an Energie zwischengespeichert und in Form von Strahlungswärme über lange Zeit abgegeben werden.

4 Branchenbeschreibungen und Solarpotenziale der relevanten Sektoren der österreichischen Sachgüterproduktion

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 2 ausgewählten Branchen ausführlich diskutiert. Es werden die jeweils wichtigsten Prozesse soweit wie möglich hinsichtlich Temperaturniveau und Energiebedarf beschrieben. Außerdem werden für jede Branche Möglichkeiten einer gesteigerten Energieeffizienz, prozesstechnische Hemmnisse und wirtschaftliche Rahmenbedingungen bestimmt. Aus Temperaturniveau und Energiebedarf errechnet sich ein primäres Potenzial an Niedertemperaturenergie, das durch mögliche Effizienzmaßnahmen reduziert wird. Die prozesstechnischen Hemmnisse berücksichtigen die für die Solarthermie notwendigen Voraussetzungen und schränken das Potenzial weiter ein. Die betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen schließlich ermöglichen eine Potenzialhochrechnung für die gesamte Branche.

Jene Branchen, die prinzipiell nicht für Solarthermie geeignet scheinen, scheiden für die weiteren Betrachtungen aus den im Folgenden angegebenen Gründen aus.

Mittel- und/oder Hochtemperaturanwendungen – große Abwärmemengen, die oft ungenutzt teuer „weggekühlt“ werden müssen

Tabelle 4.1: Industriezweige und Branchen, die wegen Hochtemperaturanwendungen in der Potenzialabschätzung nicht berücksichtigt werden

Branchenbezeichnung	NACE-Code
Bäckereien	1581
Kokereien, Mineralölverarbeitung	23
Herstellung von chemischen Grundstoffen	241
Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen	246
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	25
Glas, Steine, Erden (Ausnahme 266 ... Beton)	26
Metallerzeugung und –bearbeitung	27
Herstellung von Metallerzeugnissen (Ausnahme 285 ... Oberflächenveredelung)	28
Maschinenbau	29

Nieder- und Mitteltemperaturanwendungen – bei denen fast alle oder zumindest sehr viele Prozesse im Temperaturniveau zu hoch sind, die auch oft eher ein Überangebot an Abwärme zur Verfügung haben oder solche, für die andere Energiequellen vorhanden sind. Besonders aus diesen Branchen kann es einzelne Betriebe geben (Beispiel Holz Trocknung), für die solare Prozesswärme eine sinnvolle Alternative darstellen.

Tabelle 4.2: Branchen mit „energiereichen“ Abfallströmen

Branchenbezeichnung	NACE-Code
Be- und Verarbeitung von Holz	20
Herstellung und Verarbeitung von Papier und Pappe	21

für Gesamtpotenzial unerheblich (zu wenige Betriebe)

Tabelle 4.3: Branchen mit nur sehr wenigen Betrieben in Österreich

Branchenbezeichnung	NACE-Code
Tabakverarbeitung	16
Ledererzeugung und -verarbeitung	19

Auch an dieser Stelle muss betont werden, dass es für einzelne Unternehmen in diesen Branchen trotzdem sinnvoll sein kann für geeignete Prozesse solarthermisch Energie bereitzustellen.

4.1 Milchverarbeitung - NACE 155

4.1.1 Betriebswirtschaftliche Randbedingungen, Branchenstruktur

4.1.1.1 Betriebsstatistik

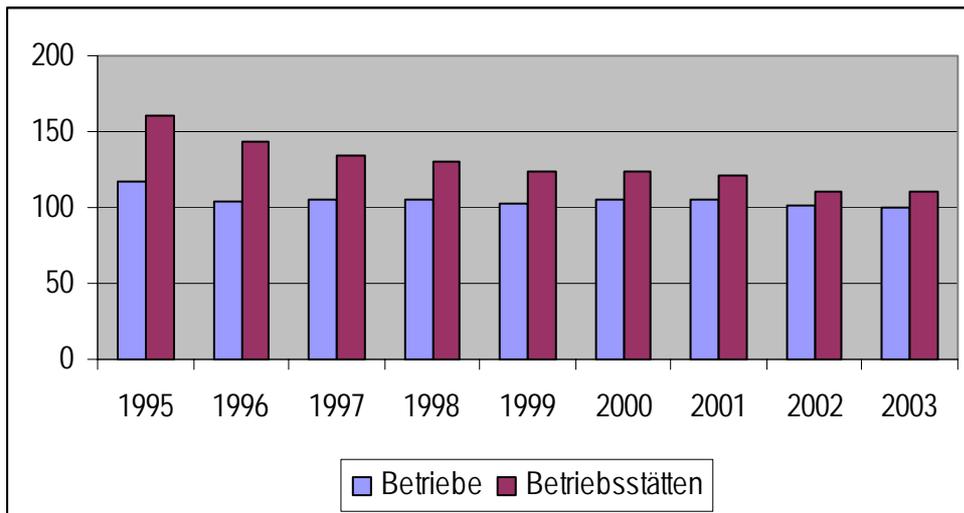


Abbildung 4.1: Entwicklung der Anzahl Milchverarbeitungsbetriebe in Österreich 1995 – 2003 nach Angaben der VOEM [Lit 77]

Die Branche der Milchverarbeitung war in den letzten Jahrzehnten und speziell in den Jahren seit dem EU-Beitritt Österreichs einem starken Strukturwandel unterworfen, der in den letzten Jahren deutlich schwächer geworden ist. Der aktuelle Stand (gültig für 2. HJ 2002 und 1. HJ 2003) beträgt 111 Betriebsstätten (nach tatsächlichen Standorten in den Bundesländern) in 100 Betrieben [Lit 77].

Nach Erhebungen der Statistik Austria [Lit 67] wird in den 14 Betriebsstätten mit mehr als 100 MitarbeiterInnen knapp 80% der Gesamtproduktion erbracht.

Tabelle 4.4: Verteilung der Betriebsgrößen nach Statistik Austria [Lit 67]

	<i>Unternehmen</i>	<i>Beschäftigte</i>	<i>Produktionswert in 1.000 €</i>
1 - 4	31	87	15.814
5 - 9	39	264	54.073
10 - 19	13	195	102.296
20 - 49	9	370	144.384
50 - 99	7	419	78.606
100 - 249	10	1.651	591.436
250 - 499	3	1.550	710.824
500 - 999	1		
	113	4.536	1.697.433

4.1.1.2 Produktionsstatistik

Basis für die Berechnungen des Wärmebedarfs der einzelnen Produktlinien sind die Zahlen aus dem Marktbericht Österreich für das Jahr 2002: Milch und Milchprodukte der VOEM [Lit 77]:

Tabelle 4.5: Versorgungsbilanz aus dem Marktbericht Österreich: Milch und Milchprodukte der VOEM [Lit 77]

VERSORGUNGSBILANZ FÜR MILCHPRODUKTE				
in Tonnen				
2002				
Bilanzposten	Konsummilch	Obers und Rahm	Kondensmilch	Milchpulver nicht entrahmt
Erzeugung 1)	731.121	59.569	-	1.232
Anfangsbestand	-	-	-	840
Endbestand	-	-	-	716
Einfuhr	64.514	3.516	-	2.141
Ausfuhr	153.704	660	-	2.715
Inlandsverwendung	641.932	62.425	-	782
Selbstversorgungsgrad in %	114	95	94	157
Nahrungsverbrauch	641.932	62.425	-	782
Pro Kopf in kg	79,9	7,8	2,0	0,1
Bilanzposten	Milchpulver entrahmt	Butter	Käse	Schmelzkäse
Erzeugung 1)	9.166	33.291	140.820	24.032
Anfangsbestand	1.551	4.080	12.652	-
Endbestand	1.108	3.003	13.772	-
Einfuhr	392	7.795	69.198	2.190
Ausfuhr	4.233	2.646	60.450	16.400
Inlandsverwendung	5.768	39.516	148.448	9.822
Selbstversorgungsgrad in %	159	84	95	245
Nahrungsverbrauch	5.768	38.016	136.834	9.822
Pro Kopf in kg	0,7	4,7	17,0	1,2

1) Butter, Käse und Obers inkl. Erzeugung am Hof

Quelle: Statistik Austria

4.1.2 Energieverbrauch nach Trägern und Verwendungszweck

Aus der durchgeführten Fallstudie in einer Molkerei und aus anderen Berichten ([Lit 1], [Lit 69], [Lit 64]) ergibt sich das einheitliche Bild, dass bei der Milchverarbeitung ca. 2/3 der eingesetzten Energie als Wärmeenergie und 1/3 als elektrische Energie verwendet wird.

4.1.3 Beschreibung der wichtigsten Produkte und ihre Herstellung

In der folgenden Übersicht sind alle wichtigen Produkte und Prozesse der Milchverarbeitung dargestellt. Gut erkennbar ist, dass für die gesamte zu verarbeitende Rohmilchmenge die Prozessschritte der Vorbehandlung (Annahme, Separation, Pasteurisation, CIP- Reinigung für diese Bereiche) durchzuführen sind. Danach finden je nach gewünschten Produkten die verschiedenen Veredelungsprozesse statt.

Die Angaben zu den Parametern in den folgenden Prozessbeschreibungen sind den Quellen ([Lit 69], [Lit 8], [Lit 29], [Lit 75], [Lit 15], [Lit 64]) entnommen.

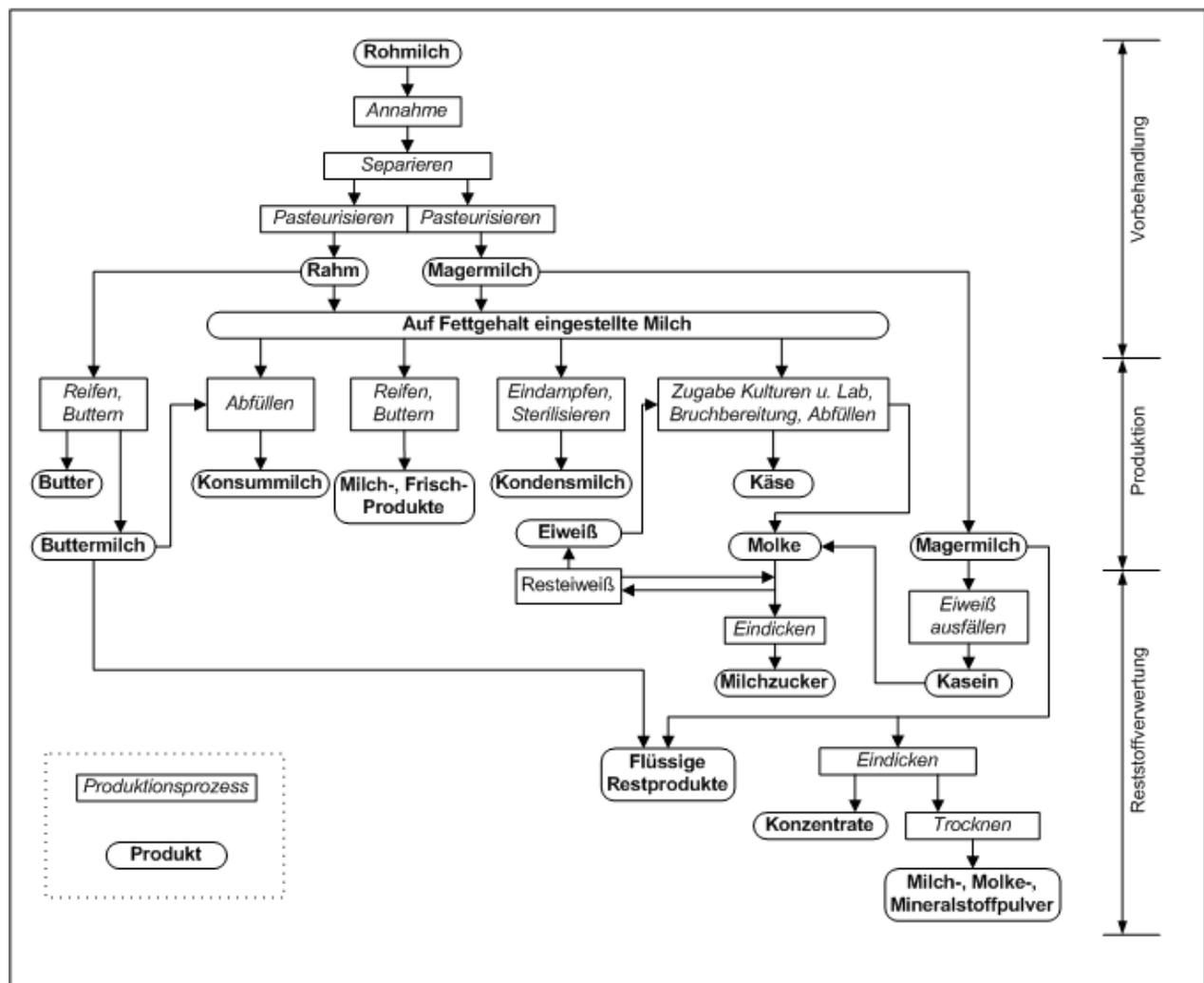


Abbildung 4.2: Produkte und Prozesse in der Milchverarbeitung

4.1.4 Rohstoffe

Im Jahr 2002 wurden in österreichischen Molkereien und Käsereien ca. 2,65 Mio. t Rohmilch verarbeitet, die von ca. 58.000 Lieferanten mit durchschnittlich 10 Kühen stammt. Primär handelt es sich dabei um Kuhmilch, die bereits nach dem Melken Keimzahlen im Bereich zwischen 100 und 10.000 Keimen/ml aufweist und deshalb sofort auf 3 – 6°C gekühlt werden muss.

Physikalisch gesehen ist Milch eine Emulsion, in einer wässrigen Phase liegen die anderen Bestandteile entweder gelöst vor oder sind in Form kleinster Kügelchen bzw. Tröpfchen kolloidal emulgiert. Die Hauptbestandteile der Milch sind neben Wasser (ca. 87,3%) Proteine (Casein und Molkeproteine; ca. 3,4%), Zucker (Lactose und Intermediate des Kohlehydrat-Stoffwechsels, ca. 4,8%), Fette in Tröpfchenform (ca. 0,5 – 20 µm; ca. 3,8%), Mineralstoffe (Kalium, Calcium, Phosphor; ca. 0,7%), Vitamine, Enzyme und Hormone.

4.1.5 Prozessschritte der Vorbehandlung für die gesamte Rohmilchmenge

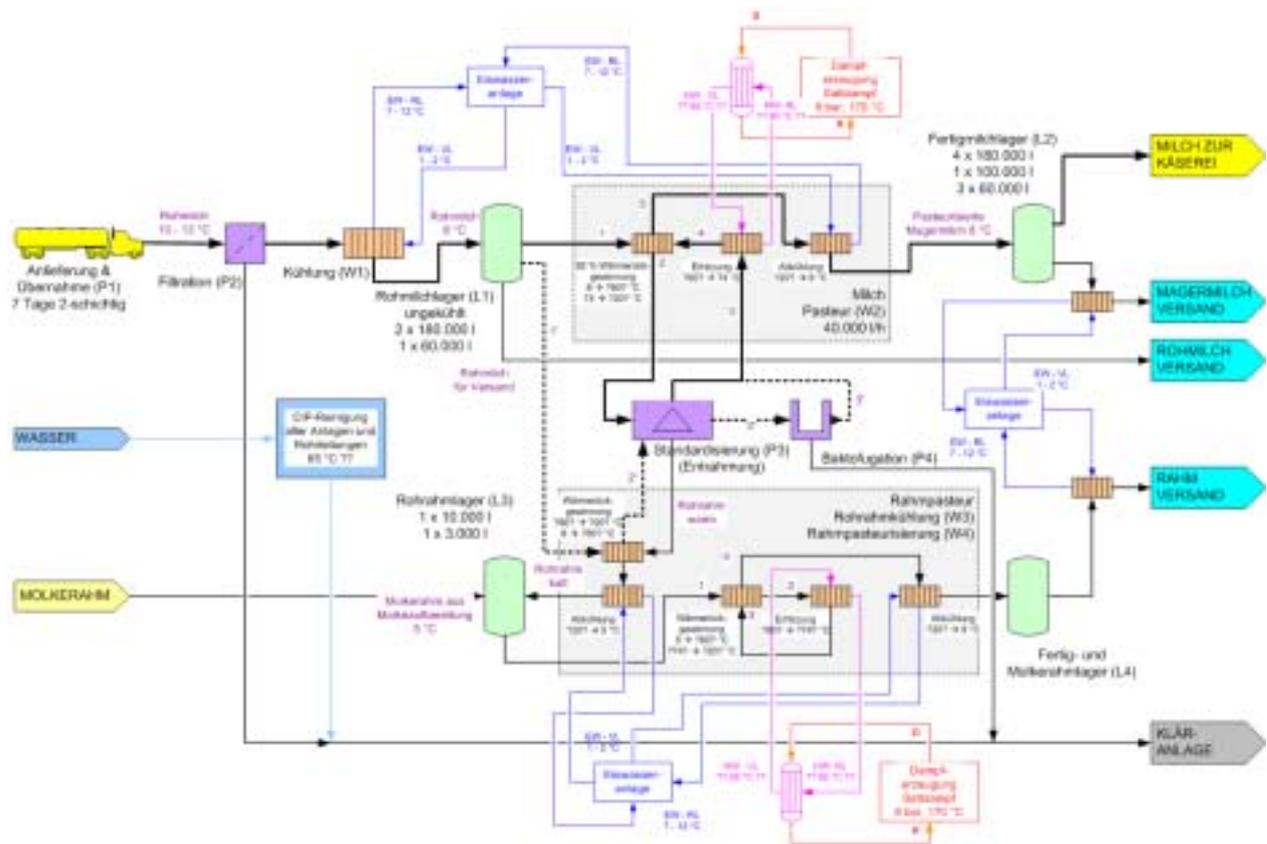


Abbildung 4.3: Prozesse bei der Vorbehandlung der angelieferten Rohmilch

Der erste Bearbeitungsschritt der gekühlt angelieferten Milch ist die Entfernung von grobem Schmutz durch Zentrifugieren oder Filtrieren. Die gereinigte Milch wird weiter gekühlt und im Lagerbehälter gerührt, um Fettaufrahmungen zu vermeiden. Da die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten gesetzlich festgeschrieben ist, werden anschließend die fettreichen Bestandteile der Milch in Zentrifugen bei Drehzahlen zwischen 5.500 und 6.500 Umdrehungen pro Minute abgetrennt und je nach gewünschtem Produkt wieder in genau definierten Mengen zusammengeführt und homogenisiert.

Durch die Homogenisierung werden die Fettkügelchen mechanisch zerkleinert ($< 1 \mu\text{m}$), wodurch eine Aufrahmung verhindert wird.

Neben der ständig notwendigen Kühlung der Rohmilch, der Zwischenprodukte und der meisten Endprodukte hat die Hitzebehandlung für die Milchverarbeitung eine zentrale Bedeutung. Ziele der verschiedenen thermischen Behandlungsschritte sind Einhaltung gesetzlicher Auflagen (Hygienevorschriften bei der Lebensmittelproduktion und –lagerung), die Verlängerung der Haltbarkeit durch Keimreduktion, die Verbesserung technologischer Eigenschaften (z.B. Abtrennbarkeit von Rahm) und die Bildung gewünschter Geschmackseigenschaften.

Je nach thermischen Verfahrensbedingungen unterscheidet man zwischen Pasteurisieren, Sterilisieren und Ultrahoherhitzung (UHT). Diese Prozessschritte kommen teilweise auch bei der Weiterverarbeitung und bei der Herstellung der Endprodukte zum Einsatz.

Ein weiteres Verfahren in der Vorbehandlung der Milch ist die Baktufugation. Durch Anwendung von Zentrifugalkräften werden Mikroorganismen und Sporen (bis zu 80%) abgeschieden. Zwei Zentrifugen in Serie können bis zu 99% Reinheit erzielen.

4.1.6 Herstellung von Milchprodukten

Molkereien bereiten Rohmilch zu Trinkmilch auf (längere Haltbarkeit, Homogenisierung) oder verarbeiten sie zu anderen Produkten weiter. Neben Butter, Käse, Frischmilchprodukten, Milchpulver und anderen Lebensmitteln werden teilweise auch einzelne Milchbestandteile wie Kasein oder Milchzucker für industrielle und pharmazeutische Zwecke gewonnen.

4.1.6.1 Trinkmilch

Die verschiedenen Sorten der Trink- bzw. Konsummilch werden durch Standardisierung (Einstellung des Fettgehaltes) hergestellt. Sowohl Vollmilch (mind. 3,5% Fett) als auch Magermilchprodukte (teilentrahmte 1,5 – 1,8% und entrahmte ca. 0,3%) werden nach dem Pasteurisieren gekühlt und abgepackt. Die früher oft verwendete Glasflasche ist dabei weitgehend durch Einwegverpackungen aus beschichtetem Karton verdrängt worden, damit spielt das Reinigen von Leergebinden heute in der Milchverarbeitung keine Rolle mehr.

4.1.6.2 Kondensmilch

Nach der Einstellung auf einen gewünschten Fettgehalt erfolgt eine Vorerhitzung für ca. 10 bis 25 Minuten bei 85 – 100°C zur Reduktion des Keim- und Enzymgehalts. Danach wird die Trockenmasse durch Eindampfung im Vakuum bei ca. 40 – 80°C aufkonzentriert und durch Zuckerzusatz und Sterilisation die Haltbarkeit erhöht. Die Homogenisierung erfolgt bei ca.

250 bar und 40 – 60°C, durch Zugabe von Stabilisatoren wird bei höheren Konzentrationen eine Gerinnung verhindert.

4.1.6.3 Trockenmilchprodukte

Nach Vorbehandlung und Vorerhitzung folgen ein Trocknungsprozess (Film- oder Walzen- oder Sprühtrocknung) und die so genannte Instantisierung, ein Verfahren zur augenblicklichen Löslichmachen sprühtrockneter Pulver.

Die Produktpalette umfasst Voll- und Magermilchpulver, Rahmpulver, Butterpulver und Molkenpulver. Die Produkte kommen nach Rekonstitution als Trinkmilch oder als Zwischenprodukte in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie zur Verwendung.

4.1.6.4 Sauermilchprodukte

Nach erfolgter Standardisierung unter Erhöhung der Trockenmasse (z.B. Zusatz von Magermilchpulver), Wärmebehandlung und Homogenisierung erfolgt eine Zugabe von Mischkulturen in flüssiger oder gefriergetrockneter Form. Bei der anschließenden Bebrütung (2 – 3 Stunden bei ca. 40 – 45°C) entsteht durch Fermentation der Lactose Milchsäure (à Geschmack), unter deren Einwirkung das Casein (Milcheiweiß) gerinnt (à Struktur durch Eiweißkoagulation). Nach Abkühlung werden die Produkte noch von der Molke abgetrennt und verpackt.

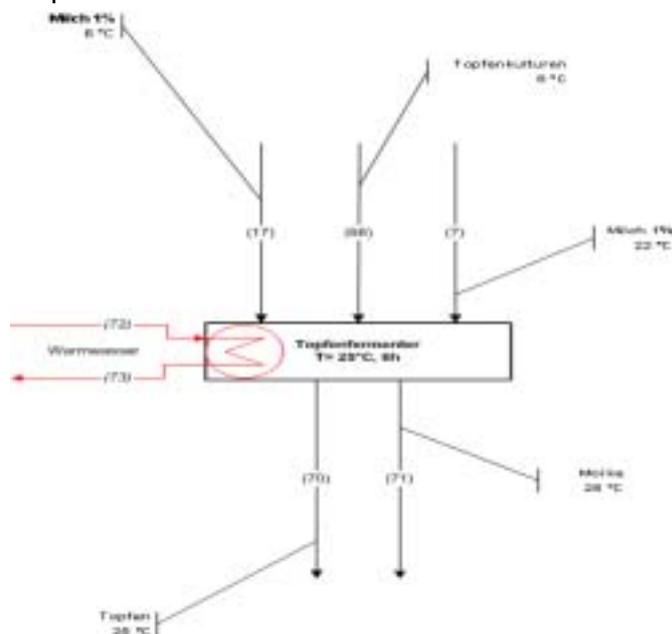


Abbildung 4.4: Topfherstellung im Fermenter

Je nach eingesetzten Mikroorganismenfloren und Konsistenz kann man zwischen dünnflüssigen (Joghurt-Drinks, Sauermilch, Kefir, Kumyss), dickflüssigen (Rührjoghurt, Ymer) und puddingartig-stichfesten (normales Joghurt, Frischkäse, Topfen, Cottage Cheese) Produkten unterscheiden.

4.1.6.5 Rahm

Neben den Prozessschritten der Vorbehandlung gibt es nur für Schlagobers einen zusätzlichen Verfahrensschritt, das Reifen des Rahms durch leichtes Ansäuern mit Milchsäurebakterien oder durch Stehen lassen für 1 – 2 Tage bei ca. 10°C.

Man unterscheidet zwischen Schlagobers, Butterungsrahm, konzentriertem Rahm und Doppelrahm.

4.1.6.6 Butter

Nach der Abtrennung des Rahms (Fettgehalt ca. 30%) von der Rohmilch und Pasteurisierung kann durch Lagerung bei tiefer Temperatur Süßrahmbutter oder durch Beimpfung mit Säureweckerkulturen Sauerrahmbutter gewonnen werden. Im so genannten Butterungsprozess wird durch das Einwirken starker mechanischer Kräfte (Schütteln, Schlagen) eine Phasenumkehr von der Fett-in-Wasser-Emulsion des Rahms in die Wasser-in-Fett-Emulsion der Butter erreicht, Lager- und Butterungstemperatur spielen dabei eine entscheidende Rolle. Nach dem Abtrennen der wässrigen Phase (Buttermilch) wird durch Knetprozesse weitere Buttermilch abgeschieden, danach wird die Butter ausgeformt und verpackt.

Für die Herstellung von 1 kg Butter benötigt man ca. 25 l Milch. Der Fettgehalt beträgt ca. 81 – 85%, der Wassergehalt liegt zwischen 14 und 16%, daneben liegen noch ca. 0,5 – 2% Trockenmasse vor. Durch Dekantieren, Filtrieren, Zentrifugieren und Eindampfen können Wasser und Eiweiß fast vollständig abgetrennt werden, das entstandene Butterfett ist dann ohne Kühlung haltbar.

4.1.6.7 Käse

Für die Herstellung von 1 kg Käse benötigt man ca. 10 l Milch und 1 l Wasser, wobei als Nebenprodukt ca. 10 l Molke anfallen.

Nach einer Thermisierung (Vorwärmung) der standardisierten pasteurisierten Milch wird durch die Zugabe von Labferment bei ca. 30 – 45°C (Labkäse) oder durch Zugabe von lactoseabbauenden Mikroorganismen (Frisch-, Sauermilch- und Kochkäse) das Casein der Milch zur Gerinnung gebracht, wobei eine gallertartige Masse entsteht, der so genannte Käsebruch. Je nach Größe und Festigkeit des Bruches spricht man von Weichkäse (walnussgroße Stückchen), Schnittkäse (erbsengroß) oder Hartkäse (weizenkorngroß).

Nach einer ersten Trennung von Molke wird durch Zerteilen (Käseharte) und weitere Wärmeeinwirkung noch mehr Molke abgesondert. Schließlich wird die Masse in Formen gefüllt und gereift. Die Zugabe von Salz bzw. ein Salzbad verleihen der homogenen Käsemasse Festigkeit und Geschmack. In klimatisierten Reiferäumen wird der Käse schließlich 2 – 4 Wochen (Weichkäse), 4 – 12 Wochen (Schnittkäse) oder 3 – 18 Monate (Hartkäse) gelagert und gereift. Nur Frischkäse (à Sauermilchprodukte) ist sofort zum Verzehr geeignet. Schmelzkäse entsteht durch Erhitzen von Käse unter Salzzusatz. Durch diese Hitzebehandlung wird die Haltbarkeit erhöht (Mikroorganismen werden eliminiert). Die Schmelzsalze verhindern die Trennung von Eiweiß und Fett.

4.1.6.8 Nebenprodukte

Casein

Nach der Pasteurisierung wird Magermilch mit Säure oder Labferment versetzt, dabei fällt Säure- oder Labcasein aus, welches durch Behandlung mit Alkalien oder Erdalkalien in lösliche oder dispergierbare Caseinate übergeführt wird. Primär wird Milchsäure eingesetzt, die Fällung findet bei einem pH-Wert von 4,6 und einer Temperatur von 35 – 50°C statt. Nach der Abtrennung der Molke wird das Produkt in einem Wirbelschichttrockner getrocknet und anschließend gemahlen und gesiebt.

Molke

Die bei der Käse- und Caseinproduktion anfallende Molke hat einen sehr hohen Nährwert, kann aber trotzdem nur in sehr geringen Mengen (als Getränk in verschiedensten Variationen) direkt verwertet werden. Üblicherweise wird die Molke (nach einer Reinigung und einer Pasteurisierung) eingedickt und dann im Walzen- oder Sprühtrocknungsverfahren zu Molkepulver weiterverarbeitet. Die gewonnenen Molkeproteine werden wieder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

Lactose

Als Ausgangsstoff wird zumeist Labmolke verwendet. Wegen des niedrigen pH-Wertes und des Feststoffgehalts muss diese zuerst neutralisiert und filtriert werden. Danach wird das Molkeeiweiß entfernt. Die Gewinnung der Lactose umfasst folgende weitere Prozessschritte: Aufkonzentrieren, Beimpfen mit Lactosekristallen, Kristallisation unter Abkühlung und Rührung, Abzentrifugieren der Kristalle und Trocknung. Die auf diese Weise gewonnene Lactose hat eine Reinheit von ca. 90%.

4.1.7 Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs und des Temperaturniveaus für Prozesse im Temperaturbereich bis ca. 150°C

Die Abschätzung der Werte für die Prozesstemperatur und für den spezifischen Energieverbrauch erfolgen einerseits durch Berechnung der theoretisch notwendigen Energiemengen und andererseits durch Kennwerte aus Fallstudien in Produktionsbetrieben und Literaturrecherchen.

Eine Zusammenstellung der Abschätzungen und Berechnungen für die wichtigsten Prozesse der Milchverarbeitung erfolgt am Ende dieses Abschnitts.

4.1.7.1 Entrahmung bzw. Separierung durch Zentrifugieren und Baktufugieren

Lässt man Rohmilch längere Zeit stehen, kommt es bedingt durch den Unterschied des spezifischen Gewichts von Magermilch und Milchfett (Rahm) zum so genannten Aufrahmen. Eine Fettschicht schwimmt auf der Oberfläche der Milch und kann durch vorsichtiges Abschöpfen abgetrennt werden.

Dieser Vorgang kann durch die Anwendung von Zentrifugalkräften beschleunigt werden, deshalb erfolgt die Abtrennung heute üblicherweise in Tellerzentrifugen bei sehr hoher Drehzahl. Neben den Eigenschaften des Trennapparates spielen auch noch andere Parameter

bei der Abtrennung von Teilchen unterschiedlicher Dichte eine wichtige Rolle, nämlich die Temperaturabhängigkeit der Dichtedifferenz zwischen Magermilch und MilCHFett, die Durchmesser der Fettkügelchen und die Viskosität der Milch. Augenscheinlich wird das beim Betrachten der Stoke'schen Gleichung, die sich aus der Betrachtung der einwirkenden Kräfte auf ein Teilchen in einer Flüssigkeit ergibt:

$$v_z \mid \frac{d^2 \psi_1 4 \psi_2 0}{18 \xi} r \omega^2 \quad [\text{m/s}]$$

v_z	... Trenngeschwindigkeit [m/s]
d	... Durchmesser der Fettkügelchen [m]
ψ_1	... Dichte der Magermilch [kg/m ³]
ψ_2	... Dichte des MilCHFetts [kg/m ³]
ξ	... Viskosität der Milch [kg/ms]
r	... Trommelradius der Tellerzentrifuge [m]
ω	... Winkelgeschwindigkeit [1/s]

Mit steigender Temperatur nimmt nach Towler die Dichtedifferenz zwischen Magermilch und MilCHFett stark zu während die Viskosität der Milch stark abnimmt [Lit 8]. Daher ist bei höheren Temperaturen eine schnellere Abtrennung möglich, Milch wird heute normalerweise bei ca. 60°C zentrifugiert. Sofort danach erfolgt üblicherweise die Einstellung eines gewünschten Fettgehaltes zur Weiterverarbeitung durch Dazumischen einer entsprechenden Rahmmenge und einer Homogenisierung. Danach werden Sporen und große Keime wiederum in einer Zentrifuge abgetrennt. Dieser abgetrennte Teilstrom (ca. 3%) wird stark erhitzt (140°C) und dann wieder beigemengt.

Üblicherweise findet die Erwärmung für die mechanische Abtrennung von Rahm und Keimen nicht als eigener Schritt statt, sondern nach der Vorwärmstufe in der Pasteurisierung (siehe nächstes Kapitel), es gibt daher keinen eigenen Wärmeenergiebedarf.

4.1.7.2 Pasteurisieren

Dies ist ein Erhitzungsverfahren um Milch (und Milchprodukte) haltbar zu machen. Außerdem sollen damit unerwünschte Mikroorganismen unschädlich gemacht werden. Durch das kurze Erhitzen wird das Milcheiweiß zwar gering denaturiert, die Vitamine bleiben jedoch nahezu völlig erhalten.

Es gibt verschiedene Methoden der Pasteurisation:

Hoherhitzung: ca. 2 Sekunden auf mehr als 85°C erhitzen

Kurzzeiterhitzung: ca. 15 – 40 Sekunden auf 71 – 74°C erhitzen (wird am häufigsten eingesetzt)

Dauererhitzung: ca. 30 Minuten auf 62 – 65°C erhitzen

In modernen Molkereibetrieben werden Pasteure eingesetzt, die ein ausgeklügeltes

Strömungssystem (in Plattenwärmetauschern) zur Wärmerückgewinnung auszeichnet.

Dadurch ist es möglich, über 90% der eingesetzten Wärme rückzugewinnen.

4.1.7.3 Ultrahoherhitzung

Die Ultrahoherhitzung (UTH) ist ein Verfahren zum Herstellen von Haltbarmilch (Haltbarkeit ungekühlt ca. 1 Jahr), wobei neben dem erwünschten Abtöten aller Keime auch weitgehende physikalisch-chemische Veränderungen der Milch und ihrer Bestandteile stattfinden. Neben der Denaturierung der Molkeproteine kommt es zur Inaktivierung der Enzyme, zur Aktivierung von SH-Gruppen und damit zur Freisetzung von Schwefelwasserstoff, zu Reaktionen zwischen Proteinen und Milchzucker und vor allem auch zur Zerstörung der Vitamine.

Die UHT kann indirekt durchgeführt werden, mittels Dampfheizung wird die Milch ca. 6 – 10 Sekunden auf 135 – 140°C gehalten oder direkt durch Dampfinjektion für 2 – 4 Sekunden bei ca. 140 – 150°C.

4.1.7.4 Eindampfen und Sterilisieren

Die Milch wird zuerst durch Eindampfen aufkonzentriert und anschließend bei 110 bis 120°C für ca. 20 Minuten in luftdicht verschlossenen Behältnissen sterilisiert. Da hierbei alle Mikroorganismen abgetötet werden, hält sich diese Milch ungekühlt bis zu einem Jahr, Vitamine und Geschmack werden aber durch das Sterilisieren stark beeinträchtigt.

4.1.7.5 Käseproduktion

Da in der Käseproduktion auch viele unterschiedliche Temperaturniveaus durchlaufen werden müssen, sind auch hier große Energiemengen vonnöten. Zuerst wird die Milch in so genannten Käsefertigern mit der entsprechenden Käsekultur und Lab versetzt um bei ca. 30 bis 35°C koagulieren zu können. Der entstandene Käsebruch wird gekühlt, von der überstehenden Molke getrennt und in einem Reaktor bei ca. 50°C gereift. Nach erfolgter Kühlung auf ca. 15°C wird in der Käsepresse die restliche Molke abgetrennt. Im Salzwasserbecken (bei ca. 16°C) wird aus dem Rohkäse der Käse. Nach Reifung von mehreren Tagen bis Wochen im Warmraum (ca. 20 bis 25°C) kommt der Käse ins Kühllager (6°C) um dort fertig reifen zu können.

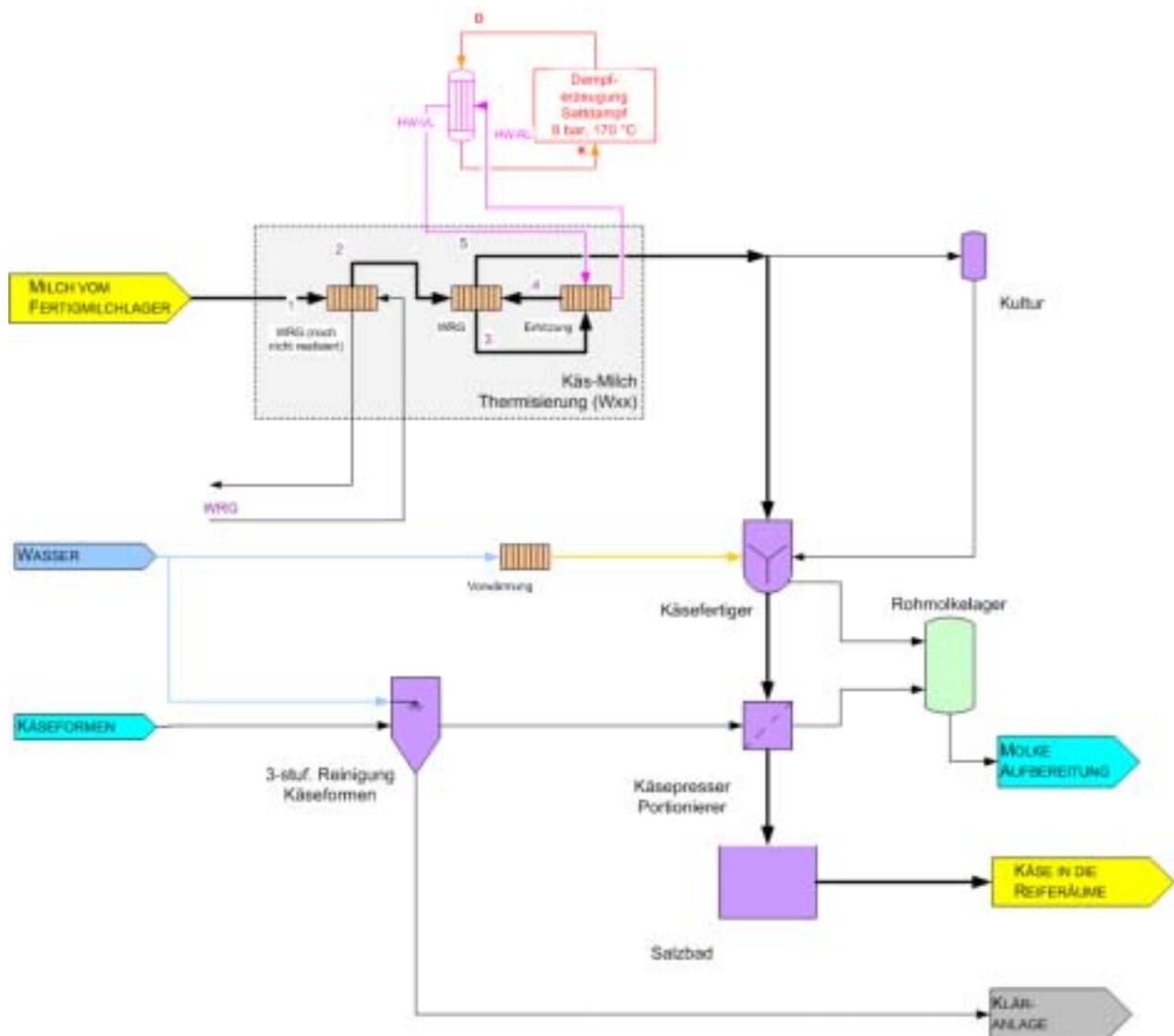


Abbildung 4.5: Prozessschema der Käsefertigung (WRG = Wärmerückgewinnung, D = Dampf, K = Kondensat, HW-VL = Heißwasser-Vorlauf, HW-RL = Heißwasser-Rücklauf)

Bemerkenswert bei der Käseherstellung ist, dass man aus ca. 10 Liter Milch und 1 l Frischwasser ca. 1 Kilogramm Käse und als Nebenprodukt ca. 10 Liter Molke erhält, welche auf verschiedene Arten weiterverwendet werden kann.

4.1.7.6 Molkeverarbeitung

Die bei der Käse- und Caseinproduktion anfallende Molke hat einen sehr hohen Nährwert, kann aber trotzdem nur in sehr geringen Mengen (als Getränk in verschiedensten Variationen) direkt verwertet werden. Üblicherweise wird die Molke (nach einer Reinigung und einer Pasteurisierung) eingedickt und dann im Walzen- oder Sprühtrocknungsverfahren zu Molkepulver weiterverarbeitet. Die gewonnenen Molkeproteine werden wieder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

4.1.7.7 Reifen und Buttern

Zur Herstellung von Sauermilchprodukten, Topfen, etc. ist es notwendig eigene Kulturen anzulegen, die dann mit Milch versetzt die entsprechenden Produkte ergeben. Die Reifung selbst erfolgt meist bei erhöhten Temperaturen um ein schnelles Wachstum der Mikroorganismen zu gewährleisten. Durch definierte Verweilzeiten und dadurch bedingtes schnelles Aufheizen und Abkühlen ergibt sich auch hier ein höherer Energiebedarf. Meist werden die Produkte auch noch für mehrere Tage, bzw. ein bis 2 Wochen in Warmräumen gelagert, um einen höheren Reifegrad zu erzielen. Anschließend werden diese wieder gekühlt und dem Abfüllprozess zugeführt.

4.1.7.8 CIP-Reinigung

Große Produktionsanlagen werden in der Regel ohne Demontage im Kreislauf gereinigt (CIP bedeutet „cleaning in place“, SIP bedeutet „sterilization in place“). Die in der Reinigung eingesetzten Mittel müssen verschiedenste Anforderungen erfüllen, deshalb wird sowohl mit sauren als auch mit alkalischen Reinigungsmitteln gearbeitet. Neben der Reinigung muss auch eine Desinfektion durchgeführt werden, dazu werden vor allem oxidierende aber auch nicht oxidierende Desinfektionsmittel eingesetzt.

Um den Wasserverbrauch zu optimieren, wird das Nachspülwasser aus dem Reinigungsprozess noch einmal als Vorspülwasser verwendet, beide Spülgänge werden kalt durchgeführt. Der eigentliche Waschprozess mit den Chemikalien findet ca. bei 60 – 70° C statt.

4.1.7.9 Außenreinigung

Natürlich müssen auch die Oberflächen der Produktionsanlagen ständig gesäubert und manchmal desinfiziert werden. Das Waschwasser dafür muss Trinkwasserqualität haben, muss also von Leitungstemperatur (10°C) auf Reinigungstemperatur (60 – 70°C) erwärmt werden und fließt direkt in den Kanal bzw. in die Abwasserreinigungsanlage.

4.1.7.10 Ergebnisse im Überblick: Spezifischer Energieverbrauch nach Temperaturniveaus

Tabelle 4.6: Überblick der wärmerlevanten Prozesse und der Temperaturniveaus

	Prozesstemp.	Ausgangstemp.	Temp.-diff.	Wärmekap.	spez. Wärmebedarf	Bezugsbasis
Milchannahme	8 °C	8 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	Rohmilch
Separierung	55 °C	55 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	Rohmilch
Bakterifugation	55 °C	55 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	Rohmilch - Rahm
Entkeimung	140 °C	55 °C	85 °C	3,95 kJ/kgK	335,75 kJ/kg	3 % von (Rohmilch - Rahm)
Milchpasteurisierung	75 °C	65 °C	10 °C	3,9 kJ/kgK	39, kJ/kg	Rohmilch - Rahm
Rahmpasteurisierung	105 °C	90 °C	15 °C	3,02 kJ/kgK	45,3 kJ/kg	Rahm
Summe Vorbehandlung						
Kondensmilch	95 °C	70 °C	25 °C	3,9 kJ/kgK	97,5 kJ/kg	H-Milch
Trockenmilchprodukte						Pulvererzeugung
Sauermilchprodukte	40 °C	10 °C	30 °C	3,9 kJ/kgK	117, kJ/kg	Sauerrahm & Topfen & Frischkäse
Käse						
Thermisierung	70 °C	60 °C	10 °C	3,9 kJ/kgK	39, kJ/kg	10 x (Hart- + Schnitt- + Weichkäse)
Wasserzugabe	55 °C	10 °C	45 °C	4,19 kJ/kgK	188,55 kJ/kg	Hart- + Schnitt- + Weichkäse
Casein						
Molke	75 °C	35 °C	40 °C	4, kJ/kgK	160, kJ/kg	10 x (Hart- + Schnitt- + Weichkäse)
Lactose						
(CIP-)Reinigung	75 °C	65 °C	10 °C	4,19 kJ/kgK	41,9 kJ/kg	0,25 x (3 - 5) x Rohmilch ***
Aussenreinigung	70 °C	45 °C	25 °C	4,19 kJ/kgK	104,75 kJ/kg	5 - 10 % des Gesamtwasserbedarfs

Die Zuordnung der Temperaturniveaus erfolgt nur für die Schritte der Vorbehandlung nach den Prozessen. Für die Herstellung der Endprodukte werden die Prozesse jeder Produktlinie unter dieser zusammengefasst, um eine Hochrechnung auf die Werte für die gesamte Branche übersichtlicher gestalten zu können.

4.1.8 Energieerzeugung und -verteilung

4.1.8.1 Dampferzeugung

Zur primären Prozesswärmeerzeugung wird meist ein mit Erdgas oder Heizöl gefeuerter Hochdruck-Dampfkessel eingesetzt. Der Dampf wird über ein Leitungsnetz den einzelnen Verbrauchern zugeführt, wobei die Wärme meistens in zwei Schritten (Dampf-Kondensat-Kreislauf → Heißwasserkreislauf → Produktstrom) an die Verbraucher abgegeben wird, um eine optimale möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und Produkt bei der Erwärmung der temperaturempfindlichen Produkte gewährleisten zu können, das anfallende Kondensat wird größtenteils zurückgeführt.

4.1.8.2 Heißwassererzeugung

Auch das benötigte Heiß- und Warmwasser wird meist über den Dampfkreislauf erwärmt, wobei je nach Alter und Größe der Produktionsanlagen teilweise eine Vorwärmung durch Abwärmenutzung aus den Kühlanlagen und der Druckluftherzeugung stattfindet.

4.1.8.3 Eiswassererzeugung

Sowohl die direkte Kühlung in den Produktionsprozessen als auch die Kühlung von Zwischen- und Endprodukten in den Lagertanks wird in den meisten Fällen über elektrisch betriebene Kältekompressoren bewerkstelligt., die Eiswasser von ca. 0,5 – 1°C bereitstellen.

4.1.8.4 Stromversorgung

Der größte Stromverbrauch in milchverarbeitenden Betrieben ist jener für die üblicherweise elektrisch betriebenen Kompressoren der Kühlanlagen zur Produktion des Eiswassers. Aber auch die Kühlanlagen für die Reiferäume, betriebseigene Abwasserreinigungsanlagen (Kompressoren für den Sauerstoffeintrag) und die Anlagen zum Eindampfen von Produkten und zum Auftrennen der Teilströme (Osmose, Zentrifugen) haben einen hohen Bedarf an elektrischer Energie.

4.1.9 Prozesstechnische Hemmnisse für den Einsatz von Solar-energie in der Milchverarbeitung

Wann immer an den Einsatz von Solarthermie in der Industrie im allgemeinen und bei der Milchverarbeitung im speziellen gedacht wird, müssen alle möglichen prozesstechnischen Hemmnisse ermittelt und berücksichtigt werden.

Die Temperaturniveaus vieler Prozesse in der Milchverarbeitung sind prinzipiell für den Einsatz von Solarthermie geeignet, d.h., sind durch Heißwasser aus Solarkollektoren zu erreichen. Durch den hohen Energiebedarf für Heizen und Kühlen wurden in dieser Branche in der Vergangenheit bereits einige Maßnahmen im Bereich der Wärmerückgewinnung realisiert, wodurch in vielen Prozessen relativ geringe Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf bestehen.

Ein gutes Beispiel dafür ist die Pasteurisation. Prinzipiell wird Milch aus dem Rohmilchlager (8°C) auf 74°C erhitzt und anschließend wieder auf Lagertemperatur (6 – 8°C) abgekühlt. Heute werden in diesen Prozessen große Plattenwärmetauscher eingesetzt, mit Hilfe derer man die kalte Rohmilch durch die heiße pasteurisierte Milch vorwärmt und so sowohl Heiz- als auch Kühlenergie einspart. Bei Wirkungsgraden von über 90% bedeutet das, dass die Wärmeenergie für die Pasteurisierung nur mehr für die Erwärmung von ca. 68°C auf ca. 74°C (und ein Halten dieser Temperatur von ca. 20 – 30 Sekunden) benötigt wird.

Der spezifische Energiebedarf in Prozessen wie der Pasteurisierung ist durch hohe Durchsätze und geringe Verweilzeiten sehr hoch. D.h., dass große Energieströme an einem kleinen Ort fließen müssen bzw. beim Einsatz von Solarthermie in solchen Prozessen die Flächen der Wärmeübertragungseinheiten (Plattenwärmetauscher Solarkreislauf auf Warmwasser – der WT zwischen WW und Produkt würde gleich bleiben.) stark vergrößert werden müssten (Erhöhung der nötigen Investitionen – wobei der Plattenwärmetauscher im Verhältnis zur nötigen Kollektorfläche nicht sehr ins Gewicht fallen würde).

Es gibt aber auch in der Milchverarbeitung einige Prozesse, deren Randbedingungen für den Einsatz von Solarthermie sehr geeignet erscheinen. Sowohl in der Käseproduktion (Wasserbedarf) als auch für die verschiedenen Reinigungsprozesse (CIP-Systeme und Au-

ßenreinigung der gesamten Produktionsanlagen --> Hygiene !) wird viel Warm- und Heißwasser benötigt, für das es keine Möglichkeiten der Vorwärmung durch Abwärmenutzung aus anderen Prozessen gibt.

Der Prozesswärmebedarf in der Milchverarbeitung ist sehr gleichmäßig. Sowohl tageszeitliche, wie auch wöchentliche und jahreszeitliche Schwankungen sind eher gering. Diese konstanten Profile ergeben sich aus dem gleichmäßigen Anfall der Rohstoffe und der Notwendigkeit einer raschen Verarbeitung der bereits mit vielen Keimen angelieferten Rohmilch.

Der erhöhte Bedarf an Kühlenergie in der heißen Jahreszeit ergibt sich durch die erhöhten Wärmeverluste aus den verschiedenen Lagern. Der Bedarf an Heizenergie in allen Produktionsbereichen ist sowohl über den Tag, als auch über die Woche und übers Jahr sehr konstant.

Da die Chargenbetriebsweise überlappend durchgeführt wird, ergibt sich wieder ein kontinuierlicher Wärmebedarf.

4.1.10 Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 4.7 werden die spezifischen Energieverbrauchswerte der einzelnen Prozesse aus Kapitel 4.1.7 mit den Zahlen aus der Produktionsstatistik lt. Kapitel 4.1.1.2 auf den Jahresbedarf an Niedertemperaturwärmeenergie der gesamtösterreichischen Milchverarbeitung für jeden Prozess hochgerechnet.

Tabelle 4.7: Jahresbedarf an Wärmeenergie für die wichtigsten Prozesse in der Milchverarbeitung

	Prozess-emp.	Ausgangstemp.	Temp.-diff.	Wärmekap.	spez. Wärmebedarf	Bezugsbasis	Jahresprod. 2002**	Jahresbedarf Wärmeenergie
Milchannahme	8 °C	8 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	RoHMilch	2.648.846.277 kg	0 TJ
Separierung	55 °C	55 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	RoHMilch	2.648.846.277 kg	0 TJ
Balkfugalon	55 °C	55 °C	°C	3,9 kJ/kgK	0, kJ/kg	RoHMilch - Rahm	2.648.733.764 kg	0 TJ
Entkeimung	140 °C	55 °C	85 °C	3,95 kJ/kgK	335,75 kJ/kg	3 % von (RoHMilch - Rahm)	79.463.663 kg	27 TJ
Milchpasteurisierung	75 °C	65 °C	10 °C	3,9 kJ/kgK	39, kJ/kg	RoHMilch - Rahm	2.648.733.764 kg	100 TJ
Rahmpasteurisierung	105 °C	90 °C	15 °C	3,02 kJ/kgK	45,3 kJ/kg	Rahm	57.513 kg	0 TJ
Summe Vorbehandlung								0 TJ
Kondensmilch	95 °C	70 °C	25 °C	3,9 kJ/kgK	97,5 kJ/kg	H-Milch	168.909.418 kg	16 TJ
Trockenmilchprodukte						Pulvererzeugung	9.998.299 kg	0 TJ
Sauermilchprodukte	40 °C	10 °C	30 °C	3,9 kJ/kgK	117, kJ/kg	Sauerrahm & Topfen & Frischkäse	64.284.779 kg	8 TJ
Käse								0 TJ
Thermisierung	70 °C	60 °C	10 °C	3,9 kJ/kgK	39, kJ/kg	10 x (Hart- + Schnitt- + Weichkäse)	912.565.240 kg	36 TJ
Wasserzugabe	55 °C	10 °C	45 °C	4,19 kJ/kgK	188,65 kJ/kg	Hart- + Schnitt- + Weichkäse	91.256.524 kg	17 TJ
Casein								0 TJ
Molke	75 °C	35 °C	40 °C	4, kJ/kgK	160, kJ/kg	10 x (Hart- + Schnitt- + Weichkäse)	912.565.240 kg	146 TJ
Ladose								0 TJ
(CIP-)Reinigung	75 °C	65 °C	10 °C	4,19 kJ/kgK	41,9 kJ/kg	0,25 x (3 - 5) x RoHMilch ***	1.986.634.708 kg	83 TJ
Außenreinigung	70 °C	45 °C	25 °C	4,19 kJ/kgK	104,75 kJ/kg	5 - 10 % des Gesamtwasserbedarfs	397.325.942 kg	42 TJ
** ...	Marktbericht Österreich 2002: Milch und Milchprodukte (AMA)							478 TJ
*** ...	Grenzwerte der Abwasseremissionsverordnung für unterschiedliche Produktgruppen reduziert um Anteile der Wäschrösungen							5% Nutzenergie zur Dampferzeugung in Nahrungs- und Genussmittelindustrie 8.856 TJ

In der Branche Milchverarbeitung gibt es in Summe einen Gesamtbedarf an Niedertemperaturwärme von knapp 500 TJ, mehr als 400 TJ im Temperaturbereich zwischen 60 und 80°C. In diesen Kalkulationen sind Effizienzpotenziale – so weit sie dem Stand der Technik entsprechen und eingesetzt werden – bereits berücksichtigt, z.B. gilt das für die heutzutage in der Pasteurisierung angewandte Wärmerückgewinnung oder auch für die Molkeindampfung mittels Brüdenkompressionstechnik.

Andere Möglichkeiten wie z.B. der Einsatz von Wärmeschaukeln zwischen Molkeindampfung und Milchthermisierung oder die Verwendung mechanischer Abtrennverfahren zum Voreindicken der Molke oder Wärmerückgewinnung aus den Reinigungsabwässern sind vom Potenzial her schwer abschätzbar, weil das Möglichkeiten sind, die in einzelnen Anlagen wirtschaftlich und durchführbar sind, in anderen wieder nicht (Unterschiede in Produktpaletten!).

Bei Betrachtung der Einzelprozesse erscheinen ca. 100 TJ für eine solarthermische Energieversorgung geeignet. Diese Summe ergibt sich aus den Prozessen Waschwasser in der Käsefertigung (zu 100%), Außenreinigung der Produktionsanlagen (zu 100%), Thermisierung der Käsemilch (zu 50%, die restlichen 50% werden durch Wärmerückgewinnung aus der Molkeverarbeitung abgedeckt), Wärmebedarf für Sauermilchprodukte (zu 50%, Abdeckung der restlichen 50% aus der Wärmerückgewinnung aus der Eiswasserproduktion) und zu ca. 25% Wärmebedarf für die CIP-Reinigung (die Aufheizung der Reinigungsanlagen und – säuren muss innerhalb sehr kurzer Zeit erfolgen und bedarf hoher Temperaturdifferenzen, die in der Praxis nur durch Dampfsysteme realisiert werden können).

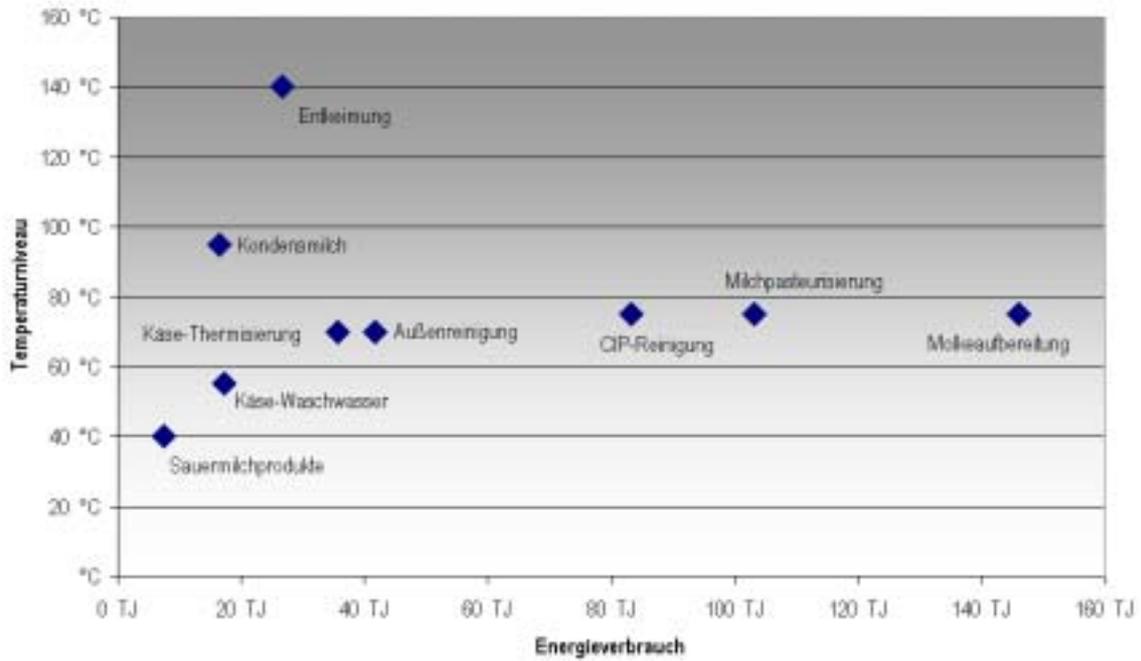


Abbildung 4.6: Wärmerelevante Prozesse der österreichischen Betriebe im Bereich Milchverarbeitung nach Temperaturniveau und Jahresenergiebedarf

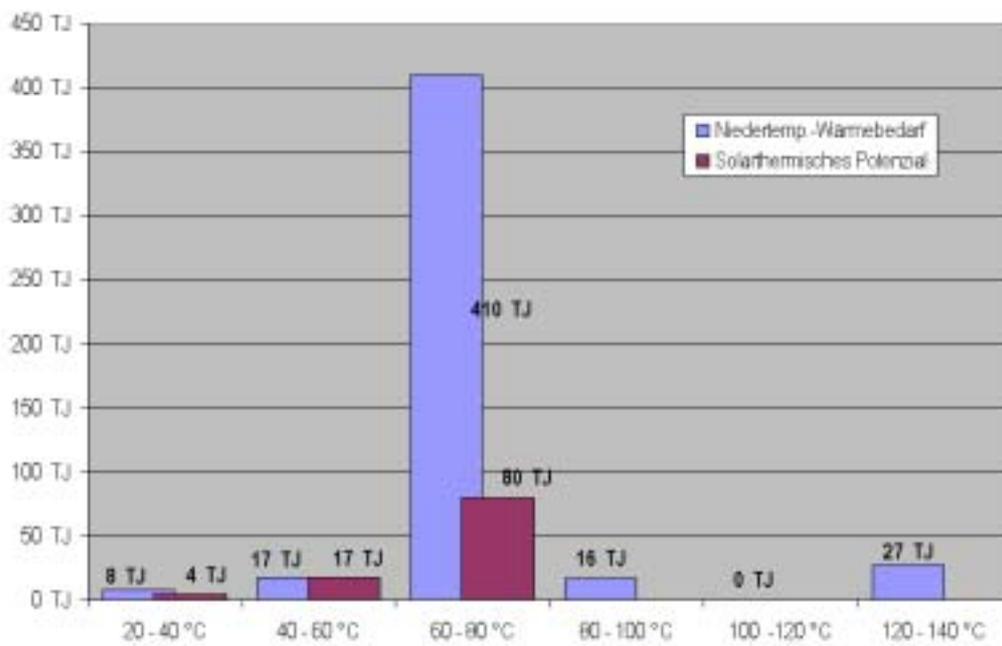


Abbildung 4.7: Absolutjahresbedarf an Niedrigtemperaturwärme in der Milchverarbeitung nach Temperaturniveaus und Potenziale für Solarenergienutzung

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C: 500 [TJ]

Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C: 100 [TJ]

4.2 Herstellung von Bier - NACE 1596

4.2.1 Betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen

4.2.1.1 Betriebs- und Produktionsstatistik

In Brauereibetrieben ist es üblich die Mengen an produziertem Eigengetränk in Hektoliter (hL) anzugeben. Daher beziehen sich alle nachfolgenden Abbildungen und Tabellen auf diese Mengeneinheit.

Im Jahr 2000 wurden in Österreich $8,75 \cdot 10^6$ hL (das sind 875.000 m³) Bier von 98 Brauereunternehmen in 106 Braustätten mit insgesamt 4.500 Beschäftigten, hergestellt [Lit 35].

Tabelle 4.8: Allgemeine Übersicht der Bierbranche für das Jahr 2000 [Lit 35]

Anzahl Braustätten:	gesamt	106	
Anzahl Brauereunternehmen:	gesamt	98	
Bierausstoß:	gesamt	8750,3	1000 hL / a
	je Braustätte	148	1000 hL / a
Unterscheidung nach Stammwürze bzw. nach Alkoholgehalt:	Bockbier mind.16 Grad	36,3	1000 hL / a
	Lager/Märzenbier mind. 11 Grad	4847,6	1000 hL / a
	Leichtbier max. 3,7% Vol.Alk.	58,4	1000 hL / a
	Pilsbier mind. 11 Grad	465,9	1000 hL / a
	Radler	168,7	1000 hL / a
	Schanzbier 9-11 Grad	467,2	1000 hL / a
	Spezialbier mind. 12,5 Grad	607,6	1000 hL / a
	Vollbier mind. 11 Grad	1982,4	1000 hL / a
	Weizenbier	116,2	1000 hL / a

Tabelle 4.9: Übersicht nach Betriebsgrößenklassen [Lit 35]

Betriebsgrößenklassen nach Jahresausstoß: (in 1.000 hL/a)	Anzahl der Braustätten	Anteil an der Gesamtzahl in%	Anteil am Gesamtausstoß in%	Anteil an Gesamtproduktion (in 1.000 hL/a)	Bierausstoß je Braustätte (in 1.000 hL/a)
0 - 20	74	69,8	2,1	183,8	2,5
20 - 50	8	7,5	3,2	280,0	35,0
50 - 100	8	7,5	5,9	516,3	64,5
100 - 500	9	8,5	23,5	2056,3	228,5
500 - 1.500	7	6,6	65,3	5713,9	816,3

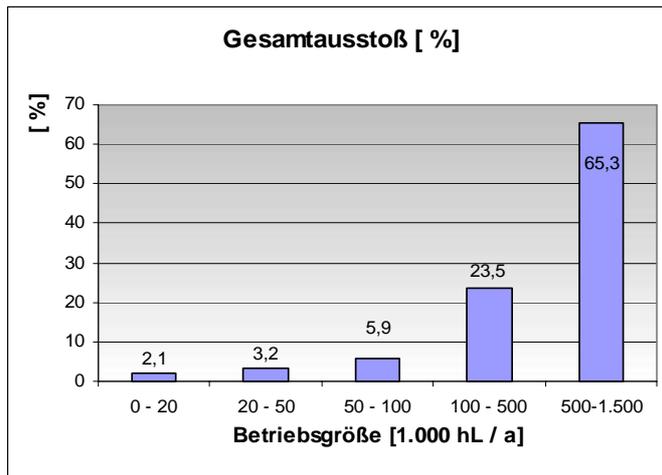


Abbildung 4.8: Verteilung des Gesamtausstoßes nach der Größe der Betriebsstätten [Lit 35]

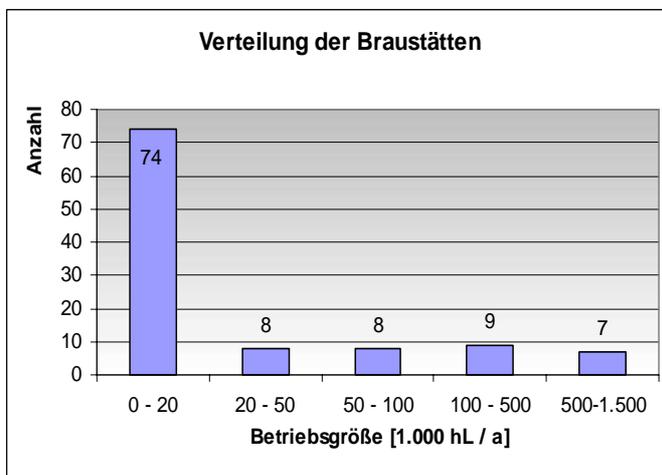


Abbildung 4.9: Verteilung der Braustätten nach Betriebsgrößen [Lit 35]

Wie man den obigen Abbildungen sehr deutlich erkennen kann, wird in 7 großen Braustätten ca. 65,3% des Gesamtausstoßes an Bier produziert. Die 74 kleinen Braustätten liefern hingegen nur 2,1% der gesamtösterreichischen Produktion.

So ist auch sehr leicht zu erkennen, dass das größte Energieeinsparungspotential klarerweise in den 7 großen Braustätten liegt.

4.2.2 Produkte und deren Herstellung

Hauptprodukt der 98 Brauereiunternehmen ist, wie aus Abbildung 4.10 ersichtlich, das so genannte Lager- bzw. Märzenbier mit einem Anteil von ca. 55,4%, gefolgt von anderen Sorten wie Vollbier (22,6%) und Schank- und Pilsbier mit je ca. 5,3%igem Anteil an der Gesamtproduktion. Unterschieden werden die einzelnen Sorten durch ihren Alkoholgehalt und

Stammwürzeanteil. Meist produzieren die einzelnen Brauunternehmen auch Limonaden, die in einer eigenen Saftküche abgemischt und mit dem aus der Hefegärung rückgewonnenen Kohlendioxid versetzt werden.

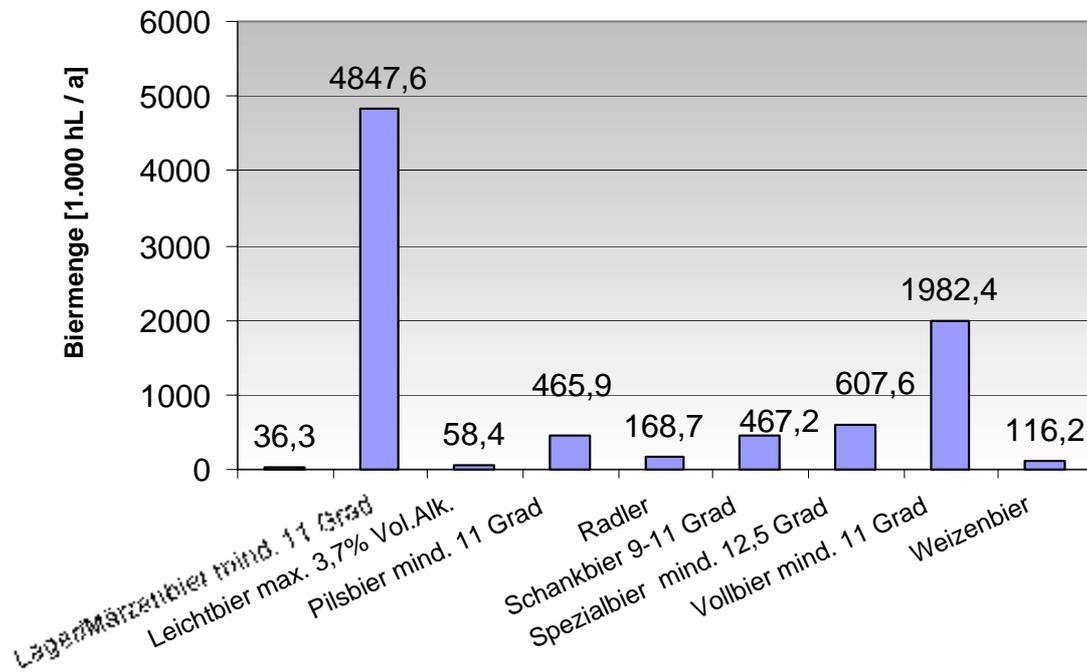


Abbildung 4.10: Sortenspezifischer Ausstoß im Jahr 2000 [Lit 35]

4.2.2.1 Rohstoffe

Die bekanntesten Rohstoffe für die Bierproduktion sind Hopfen, Wasser und Malz. Daraus wird, wie später noch genauer beschrieben, die Bierwürze hergestellt. Diese wird dann mit Hefe versetzt um dann durch den Vorgang der alkoholischen Gärung Alkohol zu produzieren.

4.2.2.2 Beschreibung der Produktionsanlagen und der Betriebsweise

Produktionsschema

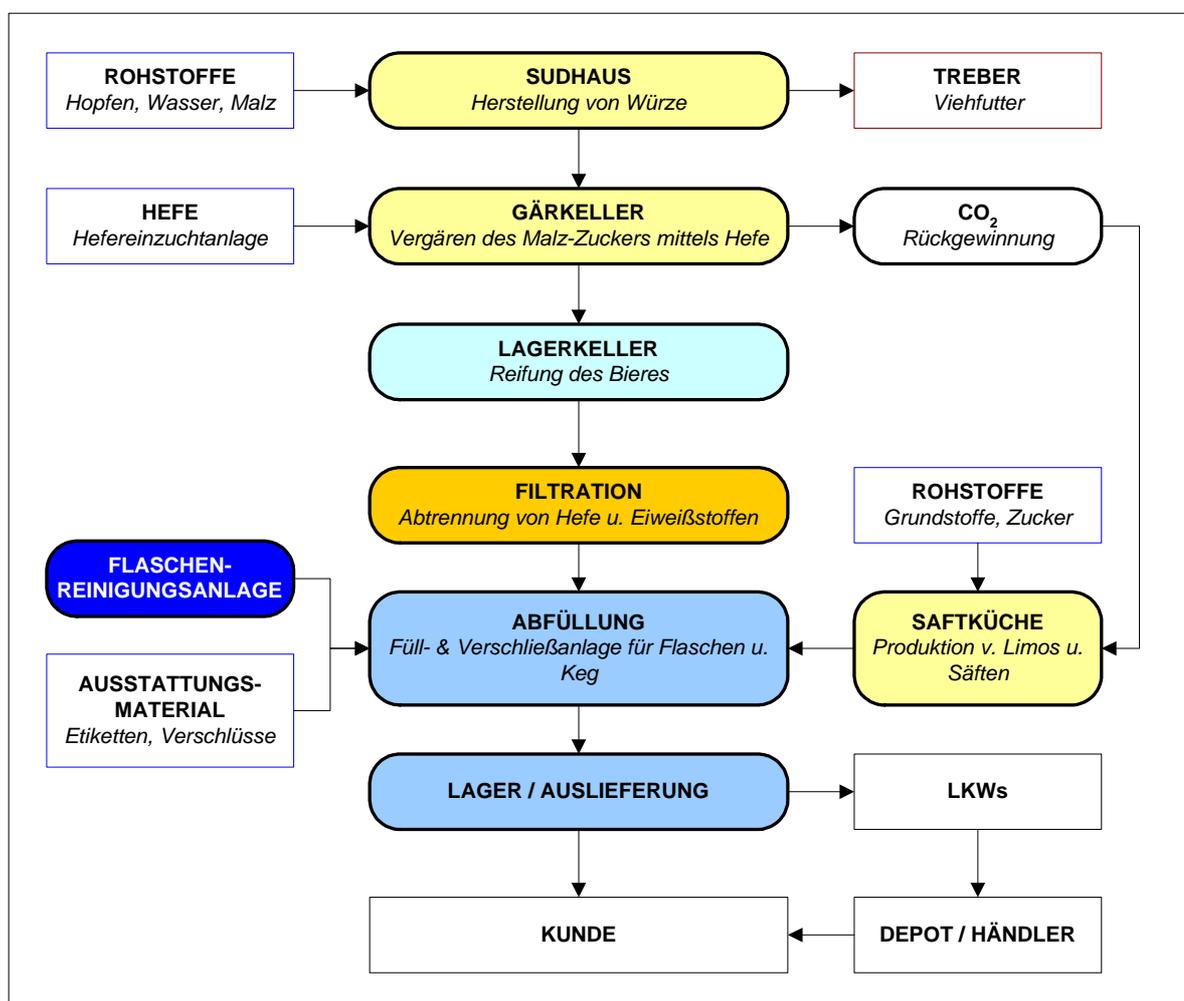


Abbildung 4.11: Verallgemeinertes Prozessschema in einer Brauerei (nach Angaben der 1. Obermurtaler Brauereigenossenschaft reg.Gen.m.b.H. [Lit 13])

Beschreibung der Produktion

Die Bierherstellung in einer Brauerei kann in zwei große Abschnitte unterteilt werden. Zuerst wird aus den bekannten Rohstoffen (Hopfen, Wasser und Malz) im Sudhaus die Würze gewonnen und danach mit Hilfe der Hefegärung im Gärkeller das alkoholische Bier produziert. Anschließend reift das Bier im Lagerkeller und nach erfolgter Filtration wird das Bier in entsprechende Gebinde (0.5L Mehrwegflaschen, 0.3L Einwegflaschen, Dosen, Fässer, etc.) abgefüllt und mittels Fuhrpark in die Bierdepots bzw. direkt an Zwischenhändler oder Kunden geliefert. Der größte Energieverbraucher ist das Sudhaus, gefolgt von der Flaschen- bzw. Fassreinigungsmaschine. Auch im Lagerkeller besteht ein hoher Energieverbrauch, da Hefe bei der Gärung Energie abgibt und deswegen eine ständige Kühlung notwendig ist. Meist werden auch noch in einer Saftküche die antialkoholischen Getränke hergestellt, mit dem, aus dem Gärkeller rückgewonnenen Kohlendioxid versetzt und in Ein- und Mehrwegflaschen, bzw. in Dosen und andere Gebindearten abgefüllt.

4.2.3 Beschreibung und Energiebedarf der wichtigsten Prozesse im Temperaturbereich bis 150°C

4.2.3.1 Die Würzeherstellung im Sudhaus

Dieser Abschnitt befasst sich eingehend mit den Vorgängen im Sudhaus, die schließlich zum Erhalt der Würze führen. Die grundsätzlichen Vorgänge der Würzeherstellung sind in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt.

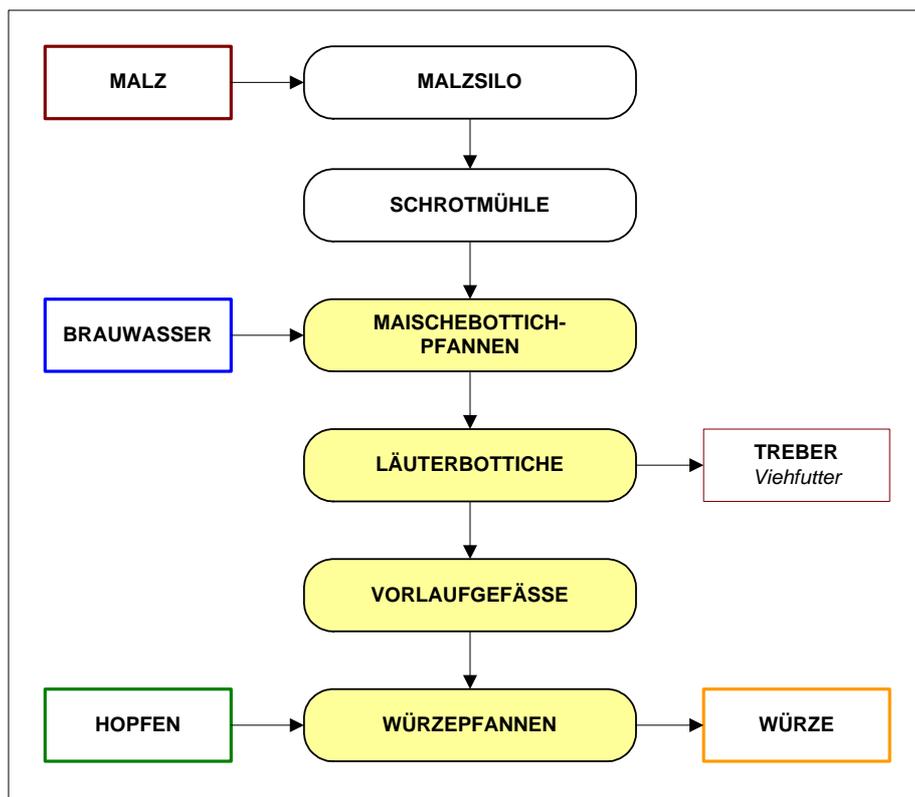


Abbildung 4.12: Ablaufschema der Würzeherstellung nach Angaben aus http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html [Lit 40]

Die meisten österreichischen Brauereien haben keine eigene Mälzerei und müssen deshalb ihr Malz zukaufen. Das ist auch der Grund warum auf das Mälzen selbst hier nicht näher eingegangen wird und auch der Energieverbrauch für diese Prozesse außer Acht gelassen wird.

Schroten des Malzes

In der Schroterei wird das aus Silos zugeführte Malz gereinigt, je nach Bierrezept gemischt und zerkleinert. Das Schrotten hat den Zweck, dass der Korninhalt freigelegt wird und das Wasser die Inhaltsstoffe anschließend aufnehmen kann. Das Vermahlen des Malzes ist zwar ein rein mechanischer Vorgang, besitzt aber einen großen Einfluss auf die chemisch-

biologische Umsetzung beim Maischprozess, auf die qualitative Zusammensetzung und die Gewinnung der Würze, sowie auf die schlussendlich erzielte Ausbeute.

Maischen

Der Sinn des Maischens besteht darin, dass die wasserlöslichen Stoffe des Malzes gelöst werden und die erwünschten nicht löslichen Inhaltsstoffe in eine wasserlösliche Form gebracht werden. Dies wird erreicht, indem das Schrot in einer Maischbottichpfanne mit Brauwasser vermengt wird.

Ein spezielles Temperatur-Zeit-Programm ermöglicht, verbunden mit einer pH-Kontrolle, eine möglichst optimale Verzuckerung und Lösung der erwünschten Inhaltsstoffe.

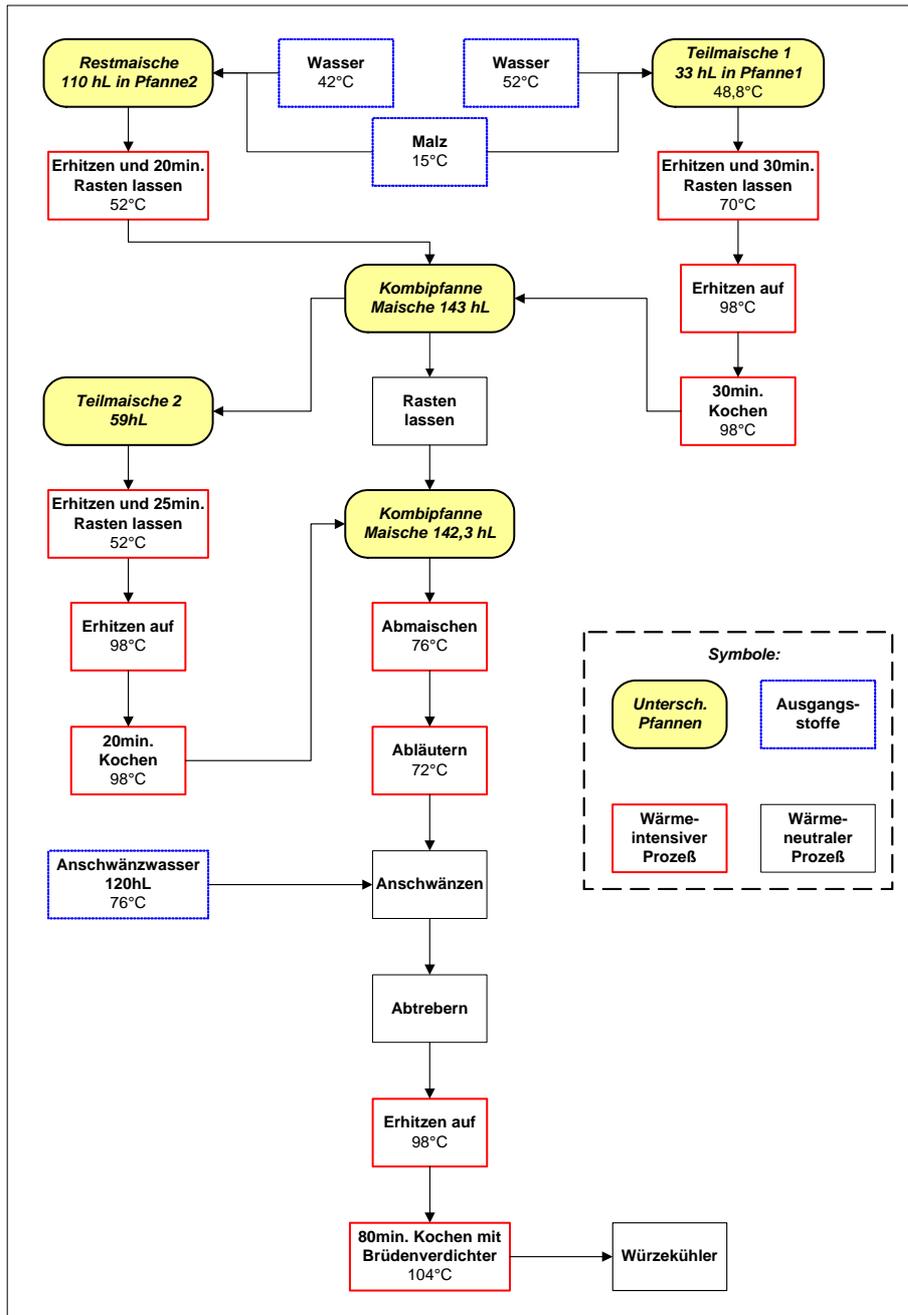


Abbildung 4.13: Temperatur- und Zeitverlauf bei der Würzeherstellung (Beispiel Brauerei Murau)

Durch die Erwärmung der Maische werden die Malzenzyme wieder aktiviert, die bereits bei der Keimung der Gerste freigesetzt und durch den Darrprozess wieder inaktiviert wurden. Die Enzyme lösen die gemahlene Bruchstücke des Mehlkörpers weiter auf und bewirken eine weiterlaufende Verzuckerung der Stärke.

Verzuckerung

Beim Einmaischen wird von gemahlenem Malz ausgegangen, dessen vergärbare Anteile aus Stärke bestehen. Stärke ist in Wasser schlecht löslich und kann durch die Hefen nicht direkt vergärt werden. Die Stärke muss daher zuerst in ihre Glucosebausteine ($C_6H_{12}O_6$) aufgespalten werden. Ein erster Schritt dazu wurde durch die Enzymaktivität während des Mälzen bereits getan.

Prozessführung

Durch den Maischprozess verbunden mit der stufenweisen Erhöhung der Temperatur wird die Stärke durch die Aktivität der Enzyme zu Dextrinen, Oligosacchariden und schließlich zu Maltose (Malzzucker) abgebaut. Daneben wird auch ein Teil des Proteins abgebaut.

Erwähnt werden soll hier noch, dass die Proteinasen insbesondere hinsichtlich der Vermeidung von Kälte-trübungen bei der späteren Lagerung des Bieres eine wichtige Funktion haben. Ein großer Anteil der Eiweiße wird aber bei gutem Malz bereits beim Maischen oft gar nicht mehr erwünscht. Ein zu starker Abbau führt nämlich zu schaumlosen, im Geschmack leeren Bieren. Dies ist auch der Grund, weshalb bei den meisten Verfahren erst bei 57°C eingemaischt wird. Damit wird sichergestellt, dass der Eiweißabbau nicht zu stark ausfällt.

Die Jodprobe wird für die zeitliche Steuerung des Stärkeabbaues verwendet. Die Temperatur wird jeweils dann erhöht, wenn die Verzuckerung genügend weit fortgeschritten ist. Die letzte Erhitzung hat meist den Sinn, im Interesse einer Ausbeuteverbesserung, die restlichen noch verbliebenen Stärkekörner vollständig aufzuquellen und zu verkleistern. Die Aktivität der Amylose nimmt dabei allerdings schon wieder ab. Und es darf in keinem Fall über 80°C erhitzt werden, weil damit die Amylose inaktiviert wird.

Abläutern

Die durch den Maischvorgang nicht gelösten Malzbestandteile (Treber), wie Spelzen (das sind hauptsächlich aus Zellulose bestehende Malzbestandteile) und nicht gelöste Eiweißbestandteile des Malzes, werden beim klassischen Verfahren in einem so genannten Läuterbottich von der Würze getrennt.

Dieser Vorgang lässt sich auch wieder in zwei Phasen unterteilen:

Zuerst wird die Maische im Läuterbottich einige Zeit stehen gelassen, so dass der Treber sich in einer etwa 30-35cm dicken Schicht auf dem eingelegten Senkboden absetzen kann. Dieser Senkboden besteht aus Blechen mit zahlreichen feinen Schlitzern, die in der Art auf dem eigentlichen Läuterbottich ausgelegt sind, dass dazwischen ein schmaler Zwischenraum für das Abfließen der Würze frei bleibt. Nach der Ausbildung des Treberkuchens wird die besonders extraktreiche Vorderwürze (Trübwürze) in ein Vorlaufgefäß bzw. die Würzepfanne abgelassen. Die Würze muss dabei durch den Treberkuchen fließen, der so eine natürliche Filterschicht darstellt. Hier zeigt sich, ob beim Schroten die Vermahlung des Malzes

korrekt erfolgt ist. Der verbleibende Treberkuchen besteht zu 80% aus Wasser, beinhaltet aber doch noch größere Extraktmengen, die in der zweiten Phase gewonnen werden.

In der 2. Phase des Abläuterns wird der im Läuterbottich liegende Treberkuchen mit eingebauten Drehmessern zerschnitten und gedreht. Gleichzeitig wird er mit heißem Wasser besprüht. Durch dieses „Anschwänzen“ laufen in der Folge die extraktärmeren „Nachgüsse“ aus dem Läuterbottich, bis der Treberkuchen genügend ausgelaugt ist.

Zum Abschluss des Abläuterungsprozesses wird der Treberkuchen mit entsprechend verstellten Messerbalken durch eine Bodenluke aus dem Läuterbottich befördert. Da darin noch Nährstoffe enthalten sind, wird der Treberkuchen als beliebtes Viehfuttermittel weiterverwendet.

Hopfen und Kochen der Würze

Die durch den Läuterprozess gewonnene, extraktreiche Würze wird in einer Würzefanne aufgefangen und mit Hopfen vermengt. Diese Hopfengaben werden auf das jeweilige zu brauende Bier abgestimmt. Eine kurze Übersicht über die Mengenangaben der Hopfendolden gibt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 4.10: Hopfengaben für unterschiedliche Biersorten nach http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html [Lit 40]

Hopfendolden [g / hl Bier]	Biersorte
130 – 150	Helles Lagerbier
250 – 400	Pilsener Bier
130 – 170	Dunkles Münchner Bier
50 – 90	Malzbier und dunkles Bockbier

Entscheidend für die Dosierung ist der Bitterstoffgehalt des Hopfens, weswegen die Mengen von Zeit zu Zeit abweichen können.

Das nun ein- bis zweistündige Kochen der Würze bezweckt folgende Ziele:

Einstellung des Extraktgehaltes:

Je nachdem, welches Bier hergestellt werden soll, wird durch Verdampfen von Wasser die gewünschte Konzentration eingestellt. Bei Lagerbier soll der Extraktgehalt bei 11,6% bei Pilsener Bier bei 12,5% liegen. Die Bandbreite für Spezialbiere liegt im Bereich von etwa 6,6 bis 18%. Auch wird durch das Kochen das Bier entsprechend dunkler.

Lösung von Hopfenbestandteilen:

Die Hopfenbitterstoffe gehen durch das Kochen in Lösung. Dabei ist insbesondere ein Übergang der Bitterstoffe in die Isoverbindungen zu beobachten. Die Qualität der Hopfung ist wichtig für das Aroma des späteren Bieres.

Bruchbildung:

Durch das Kochen werden in der Würze gelöste Eiweißstoffe koaguliert. Es bildet sich der so genannte Heiß- oder Grobtrub.

Sterilisation der Würze:

Die Würze wird durch die Erhitzung praktisch sterilisiert. Damit können spätere Fehlgärungen vermieden werden. Außerdem werden die in der Würze ursprünglich vorhandenen Enzyme inaktiviert.

Abdampfung unerwünschter flüchtiger Substanzen

Berechnung des Energiebedarfs

Wie schon erwähnt wurde, folgt die Herstellung der Würze einem komplizierten Zeit- und Temperaturprofil. In der nachfolgenden Tabelle werden die wärmeintensiven Prozesse noch einmal zusammengefasst. Der Wärmebedarf bezieht sich hier auf die theoretischen, rechnerisch ermittelten Werte. Die durch Rekuperatoren rückgewonnenen Wärmemengen im Laufe eines Brauprozesses bleiben hier unberücksichtigt.

Tabelle 4.11: Energiebedarf bei der Würzeherstellung (Bsp. Jahresverbrauch Brauerei Murau)

Prozess	Anfangs-temp. [°C]	End-temp. [°C]	Temp. Differenz [°C]	Wärmekapazität [kJ/kgK]	Spezifischer Wärmebedarf [kJ/kg]	Jahresmenge bzw. -produktion [kg]	Jahres-wärmebedarf [GJ]	Bezugsbasis (Strom)	Heizmedium
Maischepfanne1									
Erhitzen	48,8	70	21,2	3,737	79,2	5.630.769	446,1	Teilmaische1	Dampf
Erhitzen	70	98	28	3,737	104,6	5.630.769	589,2	Teilmaische1	Dampf
30min kochen	98	98	0	3,733	2257,9	5.574.461	12.586,6	Teilmaische1	Dampf
Maischepfanne2									
Erhitzen	39,1	52	12,9	3,643	47,0	18.769.231	882,2	Restmaische	Dampf
Teilmaische2									
Erhitzen	62,6	72	9,4	3,663	34,4	10.067.133	346,7	Teilmaische2	Dampf
Erhitzen	72	98	26	3,663	95,3	10.067.133	959,0	Teilmaische2	Dampf
20min kochen	98	98	0	3,663	2257,9	10.000.019	22.579,0	Teilmaische2	Dampf
Gesamtmaische									
Anschwänzen	76	76	0	4,18	255,0	204.755	52,2	Anschwänzwasser	Warmwasser
Erhitzen	73,5	98	24,5	3,931	96,3	382.210	36,8	Maische	Dampf
1,5min kochen	98	98	0	3,931	2257,9	382.019	862,6	Maische	Dampf
80min Brüdenverdichter	98	104	6	3,933	23,6	382.019	9,0	Maische	Brüdenverdichter

4.2.3.2 Vergärung

Nach Angaben von http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html [Lit 40] zeigt die nachfolgende Abbildung schematisch den Weg von der Würze zum Bier über den Gär- und Lagerkeller zur Abfüllanlage.

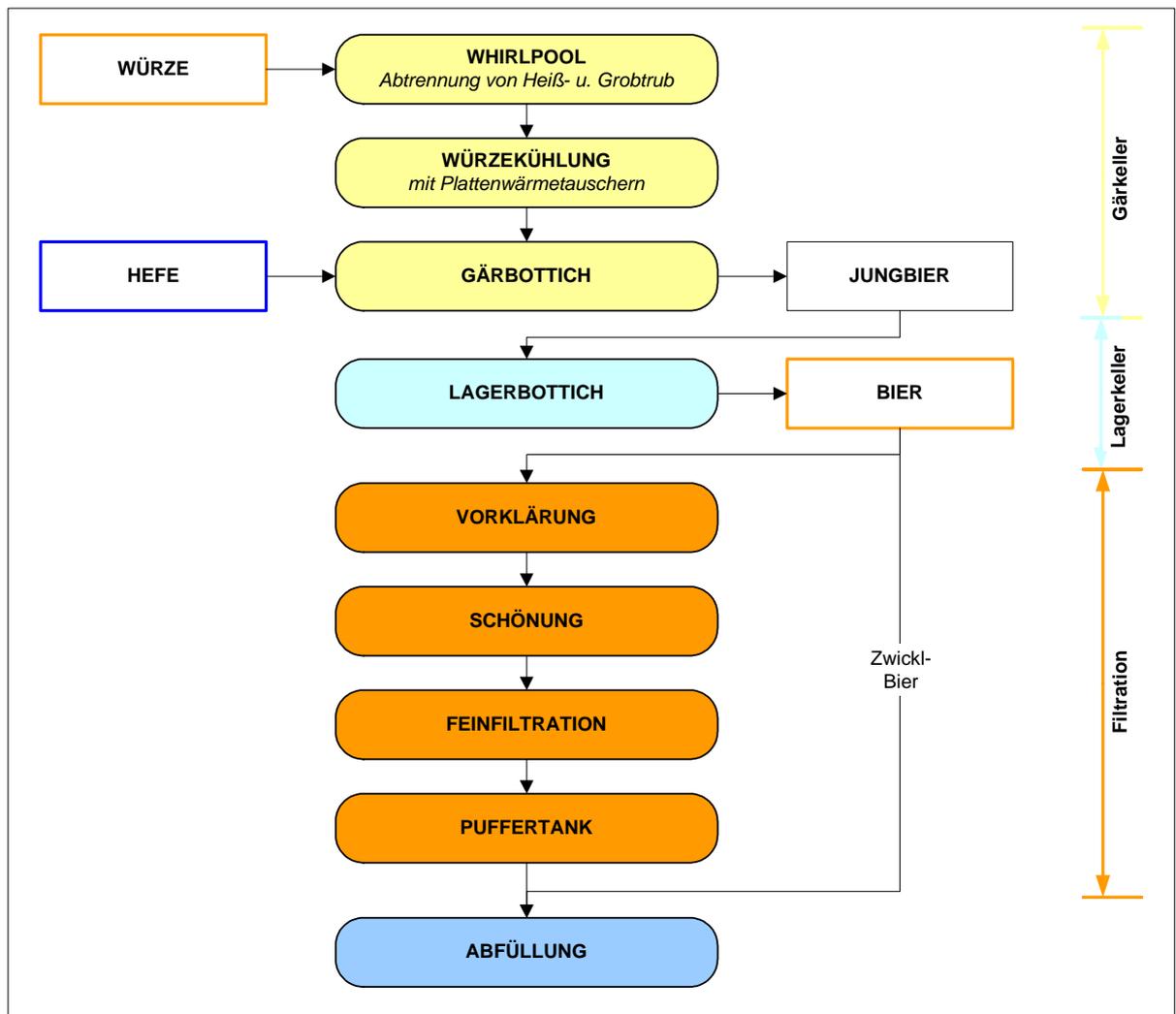


Abbildung 4.14: Schematischer Ablauf im Gär- u. Lagerkeller sowie Filtration bis zur Abfüllung

Die Würzekühlung

Heißtrubabscheidung

An die Sudhausarbeit schließt sich die Abtrennung des Heiß- oder Grobtrubes an. Dieser entsteht durch die Erhitzung der Würze. Er besteht vorwiegend aus koagulierten Eiweißstoffen, Gerbstoffen und Hopfenharzen. Diese Ausflockungen müssen entfernt werden, weil der

Hefestoffwechsel sowie die Hefezyklisierung bei der anschließenden Gärung sonst behindert würde.

Die heiße Würze wird zur Sedimentation der Trubstoffe in geeignete, stehende Tanks geleitet. Diese als Whirlpools bezeichneten Tankanlagen werden seitlich entlang der Behälterwand mit der heißen Würze beschickt, so dass sich eine relativ hohe Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit ergibt. Diese Rotationsbewegung führt dazu, dass sich der Trub in der Mitte auf dem Tankboden in Form eines kegelförmigen Haufens absetzt. Der abgezogene Trub wird dann in den Läuterbottich zurückgepumpt wodurch der Treber durch das zusätzliche Protein als Viehfuttermittel aufgewertet wird.

Würzekühlung

Die Würze muss zur Anstellung mit Hefe auf eine Temperatur von 7°C gekühlt werden. Der Wärmeaustausch geschieht durch Rückkühlung in Plattenwärmetauschern. Durch die Abkühlung auf unter 60°C bildet sich erneut eine Trübung der Würze. Man bezeichnet diese als Kühl- oder Feintrub.

Kühltrubabscheidung und Anstellen der Hefe

Nach dem Abkühlen passiert die abgekühlte Würze auf ihrem Weg zum Anstelltank eine Dosieranlage für die Zumischung von Luft und Hefe. Diese Dosieranlagen funktionieren in der Regel nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe und sorgen dafür, dass Hefe und Luftblasen in homogener Feinstverteilung mit der Angärwürze in den Anstelltank kommen. So wird gewährleistet, dass die Hefen für die gewünschte Vermehrung im Anfangsstadium der Vergärung eine gute Sauerstoffversorgung haben und der Gärprozess mit einer intensiven Angärung beginnt.

Die Angärwürze bleibt für ca. 4 Stunden im Anstelltank. Während die Hefe zu gären beginnt, wird der Kühltrub (Teilchengröße $< 1\mu\text{m}$) infolge seines höheren spezifischen Gewichts langsam auf den Tankboden absedimentiert. Die Würze wird dann zur weiteren Vergärung mit der freischwebenden Hefe in Gärbottiche im Gärkeller gepumpt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Kühltrub mitgerissen wird. Der Kühltrub wird bei der anschließenden Reinigung (mittels CIP-Anlagen) entfernt.

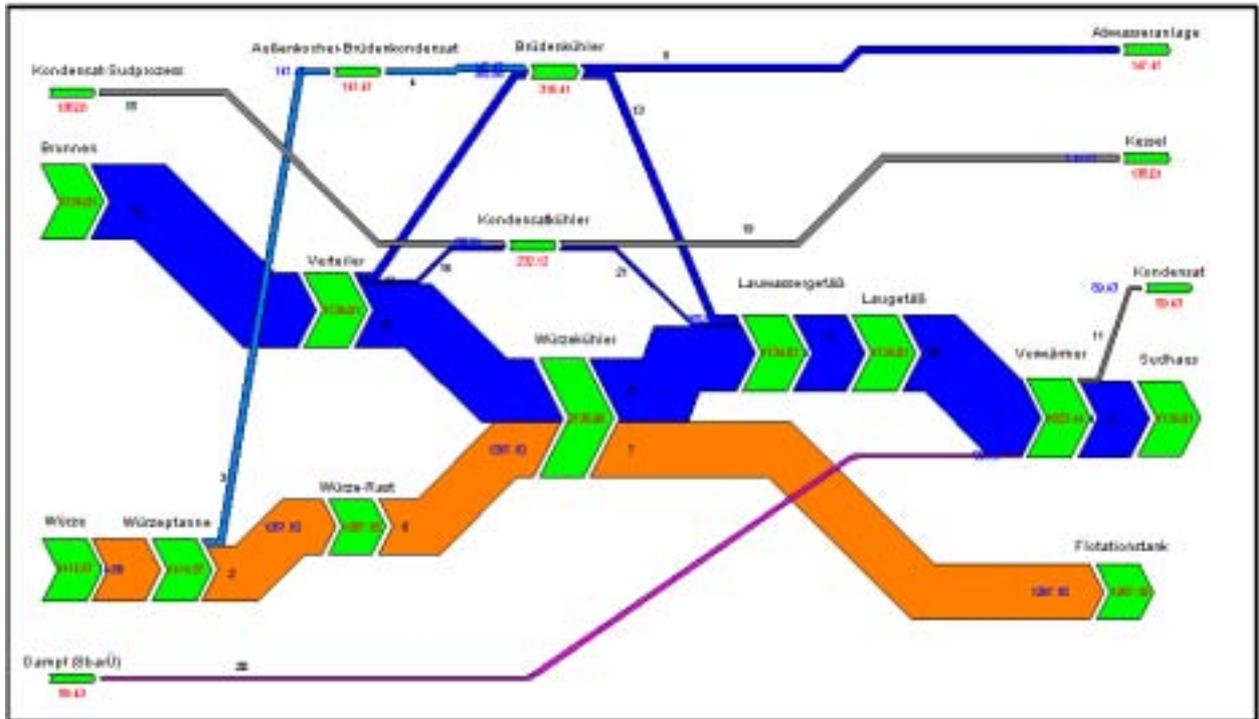


Abbildung 4.15: Stofffluss im Bereich Würzekühler – Vorwärmer (Beispiel: Brauerei Murau)

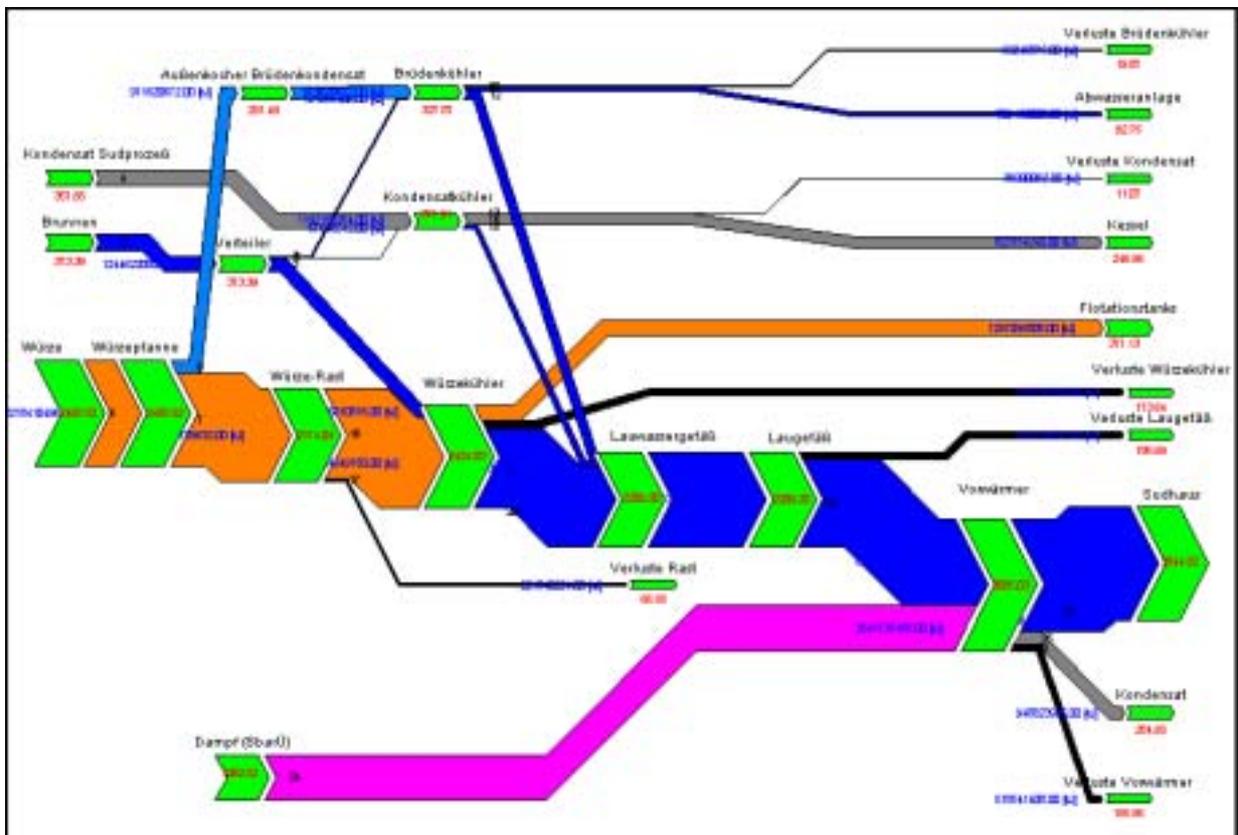
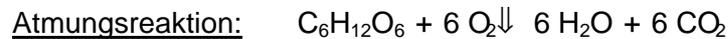
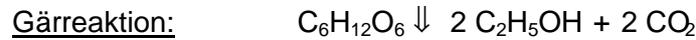


Abbildung 4.16: Wärmefluss im Bereich Würzekühler – Vorwärmer (Beispiel Brauerei Murau)

Die Vergärung

Die Hauptgärung findet im Gärkeller statt, gefolgt von der Nachgärung im Lagerkeller.

Unter dem Begriff „alkoholische Gärung“ versteht man den biologischen Abbau von Zuckern bzw. Kohlenhydraten zu Ethylalkohol und Kohlendioxid.



Als Zucker sind bei der Würzevergärung hauptsächlich das Disaccharid Maltose, daneben aber auch Saccharose, die Hexosen Glucose und Fructose sowie das Trisaccharid Maltotriose beteiligt. Das entstehende Kohlendioxid wird mittels CO₂-Rückgewinnungsanlagen aufgefangen und für die Produktion von alkoholfreien Limonaden und Säften verwendet.

Ethanol und Kohlendioxid sind allerdings bei weitem nicht die einzigen Produkte, die bei der Gärung entstehen. Die zusätzlich entstehenden Stoffwechselprodukte der Hefezellen sind ebenfalls wichtig für die Eigenschaften des späteren Bieres.

Die Hefe kann die in der Würze zur Verfügung gestellte Energie unter Gärbedingungen eigentlich nur schlecht nutzen. Aufgrund der anaeroben Bedingungen kann sie die, durch ein eigenes Enzym gewonnene Glucose nicht vollständig bis zu energiereichem Wasser und Kohlendioxid veratmen. Die Hefe muss den noch energiereichen Alkohol als für sie schädlichen Stoff ausscheiden. Alkohol beginnt auch schon bei Konzentrationen ab 6% die Hefevermehrung negativ zu beeinflussen.

Diese Differenz zwischen den aufgrund des Zuckerabbaues zur Verfügung stehenden und den effektiv biochemisch genutzten Energiemengen äußert sich als Wärme. Um die Gärtemperatur im Gärkeller aber konstant zu halten, muss die entstehende Wärme bei der Gärung natürlich laufend durch Kühlung abgeführt werden.

Hauptgärung

Die Hauptgärung beginnt mit dem Anstellen der gekühlten Würze und endet mit dem „Schlauchen“ des Jungbieres (Brauerbezeichnung für das Umpumpen in den Lagerkeller). Die Bottiche werden mit Hauben abgedeckt, um das entstehende Kohlendioxid aufzufangen. Der Keller weist zur optimalen Vergärung bei untergäurigem Bier meist eine Temperatur von 5-7°C auf. Der Temperaturbereich für die Hauptgärung reicht je nach Sorte aber von 4-11°C. Während der Hauptgärung bilden sich neben Alkohol und CO₂ auch Geruchs- und Geschmacksstoffe, die das Bukett des Jungbieres beeinflussen. Auch werden Hopfenbitterstoffe ausgeschieden, die am Ende der Gärung auf dem Bier aufschwimmen und abgehoben werden. Die Gärführung im Gärkeller dauert etwa 7-12 Tage. Dabei wird der Extraktgehalt der Maische je nach Biersorte ausgehend von 6,5-18% um 85-90% reduziert. Der erste Schritt in den Anstell tanks wird auch als „Zeuggeben“ bezeichnet. Die Angärung und Vermehrung der Hefe (auf das 2 bis 4fache) wird durch intensive Sauerstoffbeimischung stark angeregt.

Anschließend erst wird die Würze in die einzelnen Gärbottiche verteilt, wo sich nach ungefähr einem Tag der Gärbeginn zeigt: durch das entstehende Kohlendioxid steigen immer mehr Bläschen auf, die langsam einen weißen, rahmigen Schaum bilden. Dieser Schaum bildet sich aus den Eiweißbestandteilen der Würze und fällt nach ca. 3 Tagen wieder zusammen, wenn sich die Hefe langsam am Boden absetzt (untergäurige Hefe) und der Nachschub an Kohlendioxid ausbleibt. Dies zeigt die Schlauchreife des Jungbieres an.

Das Schlauchen des Jungbieres erfolgt bei Lagerbier bei einer Temperatur zwischen 5°C und 5,5°C sobald der Extraktgehalt auf ca. 2,7% gesunken und das Aussehen des Jungbie-

res im Schauglas wunschgemäß ist (Farbe, Trübung). Beim Schlauchen wird zuerst die entstandene „Decke“ mit Sieblöffeln entfernt und anschließend das Jungbier in den Lagerkeller umgepumpt und die auf das 2 bis 4fache angewachsene Hefemenge geerntet. Anschließend wird mit einer CIP-Anlage gereinigt.

4.2.3.3 Die Filtration des Bieres

Die Filtration gibt dem Bier seine Klarheit und auch seine Stabilität. Auf seinem Weg vom Lagerkeller in die Abfüllanlage passiert das Bier den Filterkeller. Dies gilt eigentlich für alle Biere außer für das so genannte Zwicklbier, das nicht filtriert wird. Die gewünschte Klarheit ist auf natürlichem Weg, das heißt durch die normale Klärung bei der Lagerung, nicht zu erreichen. Aus diesem Grund werden bei der Filtration die Trübungsbildner wie Eiweißgerbstoffverbindungen, Hopfenharze, Hefezellen und auch eventuell vorhandene bierschädliche Bakterien entfernt. Wichtig ist auch, dass bei diesem Prozessschritt keine Druck- und Temperaturunterschiede auftreten, damit das im Bier gelöste Kohlendioxid nicht zu schäumen beginnt.

Die Filtration kann unterteilt werden in eine Vorklärung, eine Schönung sowie in eine Feinfiltration. Die Vorklärung wird durch Zentrifugation oder durch Kieselgurfiltration erreicht. Für die Fein- oder Blankfiltration kommen Schichtenfilter mit Baumwollfasern zum Einsatz.

Vorklärung

Bei der Kieselgurfiltration wird die Trennung durch eine echte Filtration bewirkt. Dazu wird dem Bier mit einem Dosiergerät Kieselgur beigemischt, das vorher in einem Mischbehälter mit einem Rührwerk aufgeschlämmt wurde. Die Filterwirkung kommt durch Aufschlammung auf eine geeignete Trägerschicht zustande. Hierzu dienen so genannte „Kerzen“. Das sind Rohre aus feinem Lochblech mit Längen von über einem Meter und 4cm Durchmesser, die mit einem dünnen, rostfreiem Stahldraht umwickelt sind. Zwischen den einzelnen Windungen bleibt nur ein Abstand von etwa 50 μ m (Spaltfilter). Diese Kerzen sind ihrerseits in größerer Anzahl in druckfesten Kesseln montiert.

Der Filterdruck nimmt mit dem Aufbau der Kieselgurschicht zu. Damit dieser nicht zu hoch wird und keine Verunreinigungen durch die Kerzenspalten gedrückt werden, wird die Filtration nach einer gewissen Biermenge abgebrochen. Auch der Abstand der einzelnen Kerzen limitiert natürlich die mögliche aufzutragende Kieselgurschicht.

Der abgelagerte Kieselgurschlamm wird nach einem solchen Filtrivorgang mittels Gegendruck von den Filterkerzen abgesprengt und danach aus dem Filterkessel ausgestoßen.

Bierstabilisation

Für die Bierstabilisierung wird Kieselgur oder PVP (Polyvinylpyrrolidon) eingesetzt. Die Apparaturen sind praktisch identisch mit der für die Kieselgurfiltration, außer dass die Filterstoffe ersetzt werden. PVP ist ein hochpolymeres Produkt, das in der Lage ist auch phenolische Substanzen (wie Catechine und Flavone) zu absorbieren. Dabei werden andere Eigenschaften des Bieres wie Stickstoffgehalt, Farbe, Schaum etc. nicht in Mitleidenschaft gezogen. Ein weiterer Vorteil von PVP ist auch dessen Wiederverwendbarkeit. PVP-behandelte Biere erreichen in der Folge höchste Haltbarkeitszeiten.

Blankfiltration

Die Feinfiltration wird durch Schichtenfilter erledigt. Die einzelnen Filterelemente bestehen aus metallenen Filterplatten zwischen denen kartonartige Schichten aus Zellulose eingeklemmt werden. Das Bier wird durch einen Kanal bei einer Platte eingeleitet, durchströmt die Filterschicht und tritt an der gegenüberliegenden Seite wieder aus. Mehrere solche Filterpakete werden zur Vergrößerung der Filterfläche parallel geschaltet. Ein Schichtenfilter kann mit den entsprechenden Einlagen auch kleinste Verunreinigungen zurückhalten, so dass sogar bierschädliche Mikroorganismen reduziert werden. Der Nachteil des Schichtenfilters liegt darin, dass die eingelegten Celluloseplatten nach einer bestimmten Zeit ausgewechselt werden müssen. Mit einer Rückspülung ist bei diesem Filtertyp nur ein relativ bescheidener Regenerationseffekt zu erzielen.

Vor der Abfüllung wird das Bier schließlich noch vorübergehend in geeigneten Puffertanks gelagert.

4.2.3.4 Die Abfüllung

Die Flaschenabfüllung gilt neben dem Sudhaus als zweitgrößter Energieverbraucher in einer Brauerei. Als größte Dampfverbraucher in der Abfüllhalle sind sicherlich die Flaschenreinigungsmaschine bzw. der Kurzzeiterhitzer (zum Pasteurisieren des Bieres) zu sehen.

Da eine Abfüllanlage immer aus den fast selben Komponenten besteht, ist ein schematischer Ablauf einer Füll- und Waschanlage dargestellt. Die Wärme- und Stromverbraucher sind darin eingezeichnet und anlehnend an diesen Aufbau werden auch die Fließbilder für den Strom- und Wärmebedarf im Flaschenkeller dargestellt.

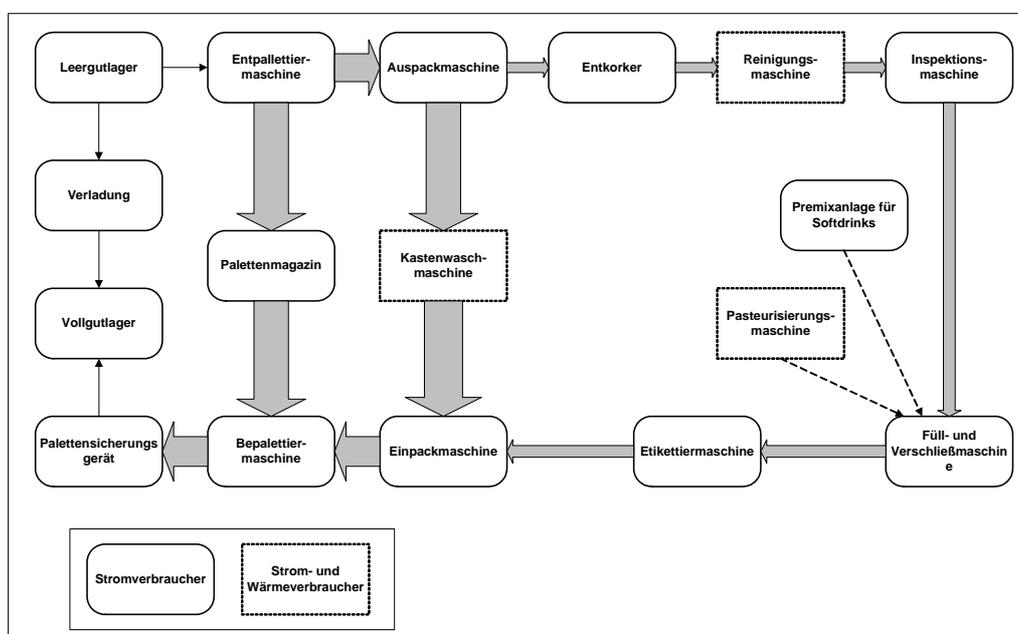


Abbildung 4.17: Schema einer Flaschenfüllkolonne mit Transporteinrichtung und Energieverbrauchsstellen aus [Lit 62]

Flaschenreinigungsmaschine

Die Haltbarkeit von Getränken ist unter anderem vom Zustand der gereinigten Flaschen abhängig. Die Mehrwegflaschen kommen mit sehr unterschiedlichem Verschmutzungsgrad vom Verbraucher zurück und sind mit unterschiedlichsten Substanzen verunreinigt. Die Flaschenreinigung hat deshalb zwei Hauptaufgaben zu erfüllen:

Verschmutzungen zu entfernen und
alle schädlichen Mikroorganismen zu entfernen und abzutöten

Die Reinigung der Flaschen erfolgt in Flaschenreinigungsmaschinen unterschiedlicher Bauart. Die Leistung heute eingesetzter Flaschenreinigungsmaschinen liegt zwischen 3.000 und 150.000 Flaschen pro Stunde.

Eine Flasche gilt in Brauereien als ordnungsgemäß gereinigt, wenn sie nach der Reinigung folgende Eigenschaften aufweist:

keine pathogenen und getränkeverderbenden Keime

keine Ausstattungsrückstände

Glanzklarheit

Geruchsneutralität

keine Chemikalienrückstände

Flaschenabgabetemperatur in Höhe der Abfülltemperatur

Tropffreiheit

Bauform von Flaschenreinigungsmaschinen

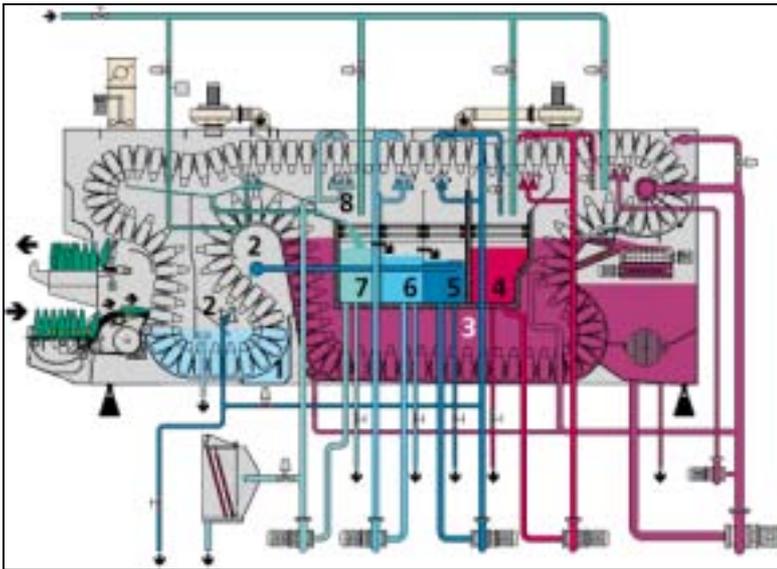


Abbildung 4.18: Beispiel einer Flaschenwaschmaschine (Firma Krones) [Lit 41]

1 Vorweiche	5 Warmwasser1
2 Vorspritzung	6 Warmwasser2
3 Hauptlauge	7 Kaltwasser
4 Nachlauge	8 Frischwasser

Ein Kriterium um Flaschenreinigungsmaschinen einzuteilen ist die Ausführung der Flaschenaufgabe und die Flaschenführung in der Maschine:

Einend-Maschinen (Aufgabe und Abgabe der Flaschen auf einer Maschinenseite)

Doppelend-Maschinen (Auf- u. Abgabe der Flaschen auf gegenüberliegender Seite)

Flaschenwaschmaschine in Spezialausführung für Kunststoffflaschen

Die heute verwendeten Maschinen werden als Weich- und Spritzmaschinen ausgeführt, die meist mit Frischdampf oder Heißwasser beheizt werden.

Der gesamte Prozess der Flaschenreinigung wird in 3 Zonen eingeteilt:

Vorwärmzone mit einer oder mehreren Vorweichen, Restentleerung und Vorspritzstationen

Laugetauch- und Laugespritzzone

Rückkühlzone mit Wärmebädern, Spritzstationen und Frischwasserspritzung

Der Zweck der Vorwärmzone besteht darin, die Restflüssigkeit aus den Flaschen zu entfernen, leicht hydrophile Verschmutzungen von den Flaschen zu lösen und die Flaschen vorzuwärmen. Hierzu werden die Flaschen durch zwei bis drei Vorweichebäder und eine oder mehrere Vorspritzstationen geführt.

Nach der Vorwärmzone gelangen die Flaschen in die Laugetauch- und Laugespritzzone. Diese Zone wird durch einen Wärmeüberträger beheizt. Die Führung durch das Laugetauchbad erfolgt in Schleifen, dass eine möglichst lange Verweilzeit erreicht und der Reinigungseffekt erhöht wird. Eine anschließende Laugespritzung bewirkt, dass noch anhaftende Etikettenreste abgelöst werden.

In der abschließenden Rückkühlzone werden die Flaschen stufenweise auf die Flaschenaustrittstemperatur abgekühlt. Die Abkühlung erfolgt durch Innen- und Außenspritzungen, die in Laufrichtung des Flaschentransportes eine immer niedrigere Temperatur aufweisen. Die letzte Spritzung erfolgt mit Frischwasser in Trinkwasserqualität. Sie dient nur noch der Spülung der Flasche, nicht aber um deren Temperatur weiter zu verringern.

Wärmeüberträger

Die Versorgung einer Flaschenreinigungsmaschine erfolgt mittels Heißwasser oder Frischdampf. Als Wärmeüberträger werden Rohrbündel-Apparate verwendet. Vorlauftemperaturen von maximal 130°C bzw. Frischdampfdrücke von maximal 3bar sind die Regel. Das Material der Wärmeüberträger ist Cr-Ni-Stahl.

Je nach Betriebszustand (Aufheizen, Betrieb) der Flaschenreinigungsmaschine werden unterschiedliche Frischdampfdrücke gemessen. Die Wärmeübertragungsfläche des Wärmeüberträgers ist bei Heißwasserbeheizung größer als bei Frischdampfbeheizung. Neben der konventionellen Wärmebereitstellung über eine Dampf- oder Hochdruckheißwasserkesselanlage kann ein verbrennungsmotorisch angetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW) eingesetzt werden. Es wird eine maximale Temperatur der Lauge in der Flaschenreinigungsmaschine von 80 bis 85°C benötigt, so dass man Vorlauftemperaturen des Heißwassers aus dem BHKW von wenigstens 95°C bereitzustellen hat. Standardgekühlte Verbrennungsmotoren erreichen im Dauerbetrieb maximal diese Vorlauftemperatur. Es ist deshalb anzuraten zur Beheizung einer Flaschenreinigungsmaschine ein heißgekühltes Aggregat einzusetzen. Diese Motorenbauart erreicht Vorlauftemperaturen von bis zu 125°C, so dass das erforderliche Temperaturniveau immer erreicht werden kann.

Temperatur

Bei der Reinigung von Glasflaschen werden in den Laugenbädern Temperaturen von 80 bis 83°C erreicht. Eine Temperaturerhöhung über dieses Optimum hinaus bewirkt keine Verbesserung der Reinigung. Handelt es sich um Flaschen aus Kunststoff, kommen Temperaturen von 55 bis 58°C zur Anwendung, da sonst eine Schädigung des Flaschenmaterials eintritt.

Im Bereich der Vorwärmzone durchlaufen die Flaschen die einzelnen Vorwärmstufen und werden somit stufenweise temperiert. Bei Eintritt in die Laugezone wird die Reinigungstemperatur von ca. 80°C konstant gehalten und anschließend erfolgt eine erste Abkühlung über eine Laugespritzung. In der Rückkühlzone werden die Flaschen wieder in Kaskaden durch die Warmwasserspritzungen, Kaltwasserspritzungen und die abschließende Frischwasserspritzung auf die Abgabetemperatur abgekühlt.

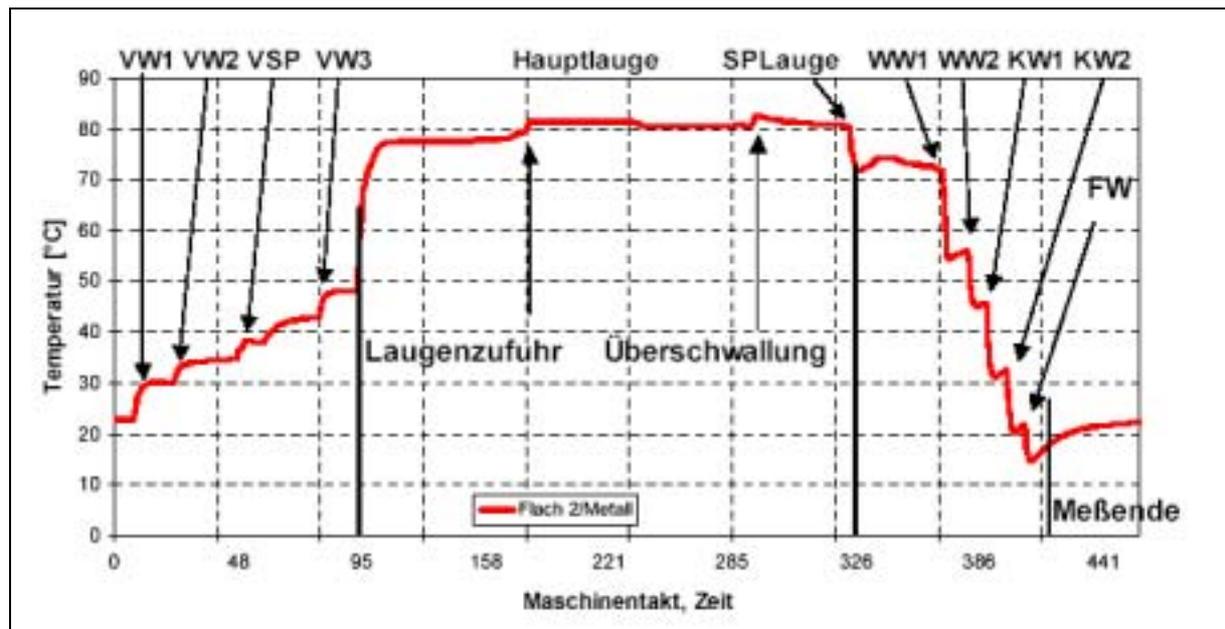


Abbildung 4.19: Temperaturprofil des Reinigungsprozesses [Lit 63]

Zeit

Als zweiter Parameter ist die Einwirkzeit zu nennen. Die Flaschenreinigungsmaschinen werden so geplant, dass eine Laugeneinwirkzeit von mindestens 6 – 7 Minuten gegeben ist. Der Reinigungseffekt steigt mit der Verlängerung der Zeit, wobei die Flaschenmaterialien berücksichtigt werden müssen, da Kunststoffe nur bestimmte Kontaktzeiten mit heißer Reinigungslösung unbeschadet überstehen. Die Bauart der Reinigungsmaschine legt die Einwirkzeit der Lauge fest. Eine Verlängerung ist demnach nur durch eine verringerte Leistung der Maschine möglich.

Chemie

Neben dem Wasser spielt bei der Reinigung von Flaschen die Chemie eine Rolle. Die eingesetzte Reinigungslösung ist meist alkalisch und soll auch bei hohen Temperaturen wirksam sein. Meist kommen die Reinigungslaugen Natriumhydroxid (NaOH) oder Kaliumhydroxid (KOH) zum Einsatz. Sie haben die Eigenschaft, Proteine zu denaturieren und in ablösbare Form zu bringen. Die Konzentration der Reinigungslauge wird abhängig vom Verschmutzungsgrad des Leergutes auf 1,5 - 2,0 Massen% eingestellt. Der Reinigungslauge sind zusätzlich Additive in Konzentrationen von 0,1 - 0,5 Massen% zugesetzt. Dazu zählen Substanzen, die eine Schaumbildung verhindern, den Flaschen Glanzfeinheit verleihen und eine Versteinung der Maschine durch Wasserinhaltsstoffe verhindern. Der Reinigungseffekt steigert sich durch erhöhte Konzentrationen chemischer Inhaltsstoffe nur bedingt.

Mechanik

Der 4. Einflussfaktor auf den Reinigungseffekt ist die Mechanik. Früher wurde die mechanische Reinigung mit Bürsten durchgeführt. Heute beruht die mechanische Einwirkung auf Spritzungen mit Lauge und Wasser, sowie auf der Bewegung der Flaschen in den Reinigungsflüssigkeiten.

Die Wasserversorgung der Maschine erfolgt nur über die Frischwasserspritzung. Das Frischwasser in Trinkwasserqualität wird prinzipiell im Gegenstrom zu den Flaschen und dem Flaschentransportsystem geführt. Die Flüssigkeit durchläuft die Rückkühlzone und erwärmt sich dabei, umgeht die Laugetauch- und Laugespritzzone und wird in die Vorwärmzone geleitet. In der Vorwärmzone gibt der Flüssigkeitsstrom Wärme ab und erwärmt die Flaschen und das Flaschentransportsystem.

Flüssigkeitsführung

Die Wasserversorgung der Maschine erfolgt nur über die Frischwasserspritzung. Das Frischwasser in Trinkwasserqualität wird prinzipiell im Gegenstrom zu den Flaschen und dem Flaschentransportsystem geführt. Die Flüssigkeit durchläuft die Rückkühlzone und erwärmt sich dabei, umgeht die Laugetauch- und Laugespritzzone und wird in die Vorwärmzone geleitet. In der Vorwärmzone gibt der Flüssigkeitsstrom Wärme ab und erwärmt die Flaschen und das Flaschentransportsystem. Der abgekühlte Flüssigkeitsstrom (Abwasser) wird auf eine Temperatur von unter 35°C gebracht (Einleitergrenzwert nach Wasserhaushaltsgesetz).

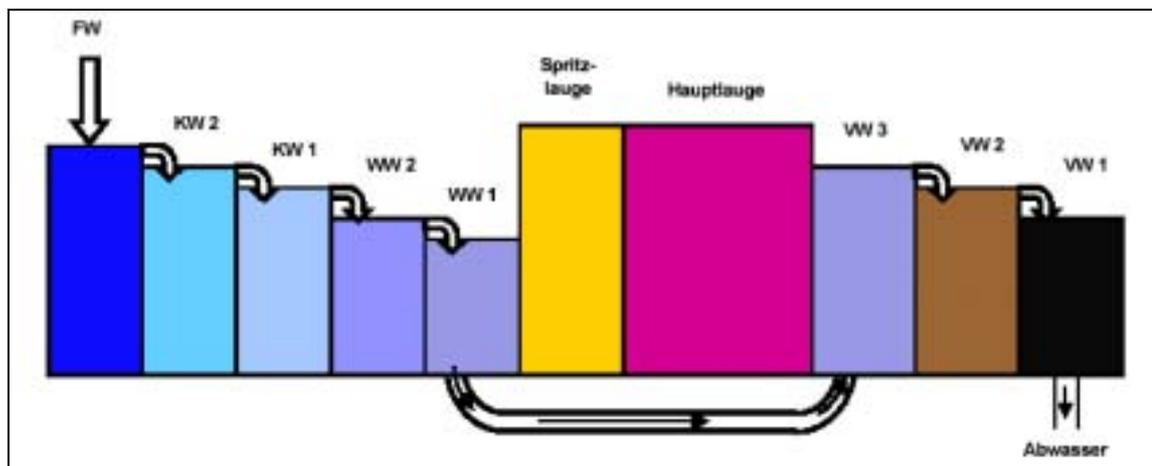


Abbildung 4.20: Schematische Flüssigkeitsführung in einer Flaschenwaschmaschine [Lit 63]

Energie- und Wasserverbrauch

Die Flaschenabfüllanlage steht beim Stromverbrauch, nach der Kälteanlage, an 2. Stelle in der Brauerei. Eine Flaschenreinigungsmaschine benötigt die elektrische Energie für den Antrieb des Flaschentransportsystems, den Etikettenustrag, die Etikettenpresse, die Gebläse der Schwadenabsaugungen und für die notwendigen Umwälzpumpen sowie für Steuerungs- und Regelungszwecke.

Auch bei der Wärme ist die Füllerei nach dem Sudhaus der größte Verbraucher in der Brauerei. Bei der Flaschenreinigungsmaschine ist prinzipiell der Aufheizwärmeverbrauch (= leistungsunabhängiger Wärmeverbrauch) vom Betriebswärmeverbrauch (= leistungsabhängiger Wärmeverbrauch) zu unterscheiden. Der Aufheizwärmeverbrauch dient dazu, die Flaschenreinigungsmaschine derart aufzuheizen, dass mit der Reinigung der Flaschen begonnen werden kann. Der Aufheizwärmeverbrauch ist abhängig vom Aufheiztag und von der Arbeitsweise in der Flaschenfüllerei (Einschicht, Zweischicht). Die Aufheizung der einzelnen

Bäder erfolgt nur über das Flaschentransportsystem. Die übliche Aufheizzeit bei einschichtigem Betrieb in der Flaschenfüllerei während der Woche beträgt rund 1,5 Stunden.

Der Wasser- und der Betriebswärmeverbrauch einer Flaschenreinigungsmaschine stehen in engem Zusammenhang. Bei Flaschenreinigungsmaschinen werden spezifische Verbrauchszahlen gebildet, die auf die effektiv gereinigten Flaschen (Effektivleistung) bezogen werden, wobei immer das Volumen und die Art der Flasche mit anzugeben sind (z. B. 0,5 Liter NRW-Flasche). Die Hersteller beziehen die spezifischen Verbrauchszahlen auf die Nennausbringung der Flaschenreinigungsmaschine, die in der Praxis kaum erreicht wird.

Einflussfaktoren auf den Wasser- und Betriebswärmeverbrauch:

Bauart
Nennausbringung
Flaschengröße
Isolierung
Wasserverbrauch
Laugetemperatur

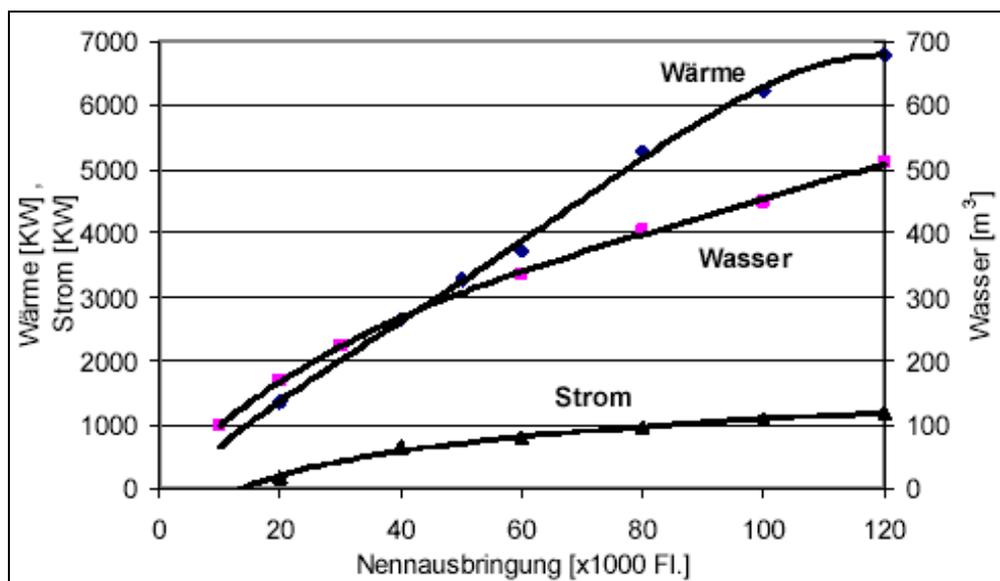


Abbildung 4.21: Spezifische Verbrauchszahlen in Abhängigkeit von der Ausbringung [Lit 63]

Tabelle 4.12: Technische Daten einer Flaschenwaschmaschine (Beispiel dt. Brauerei, Weihenstephan) [Lit 63]

Einend-Flaschenreinigungsmaschine mit Rekuperation	"Weihenstephan"
Baujahr	1997
Nennausbringung	41400 FI/h
Regelbereich	4300 bis 43500 FI/h
Flaschenzellen pro Flaschenträger	26
Taktzeit bei Nennausbringung	2,26 s
Elektrische Leistung (Grundausrüstung)	ca. 37,2 kW
Wasserverbrauch (ohne Reku/mit Reku)	ca. 7,74/6,08 m ³ /h
Spezifischer Wasserverbrauch (ohne Reku/mit Reku) ^{*)}	ca. 187/147 ml/FI.
Aufheizwärmeverbrauch (65 °C auf 80 °C)	ca. 1730 MJ
Aufheizwärmeverbrauch (12 °C auf 80 °C)	ca. 7850 MJ
Betriebswärmeverbrauch (ohne Isolation) (ohne Reku/mit Reku)	ca. 1410/1111 MJ pro h
Betriebswärmeverbrauch (mit Isolation) (ohne Reku/mit Reku)	ca. 1190/890 MJ pro h
Spez. Betriebswärmeverbrauch (mit Isolation) ^{*)} (ohne Reku/mit Reku)	ca. 28,7/21,5 kJ/FI
Gesamtdurchlaufzeit der Flaschen bei Nennausbringung	16,5 Minuten
Inhalt Vorweiche	3,9 m ³
Inhalt Hauptlaugebad	25,1 m ³
Inhalt Spritzlaugebad	2,0 m ³
*) : Berechnete Werte (keine Herstellerangaben); Reku: Rekuperation	
Die Verbrauchswerte sind bezogen auf:	
<ul style="list-style-type: none"> • 0,5 Liter NRW-Flasche • Flascheneintrittstemperatur: 15 °C • Flaschenaustrittstemperatur: 28 °C • Frischwassertemperatur: 12 °C • Hauptlaugetemperatur: 80 °C • Ohne Kastenwascher 	

Wärme- und Energieverbrauch

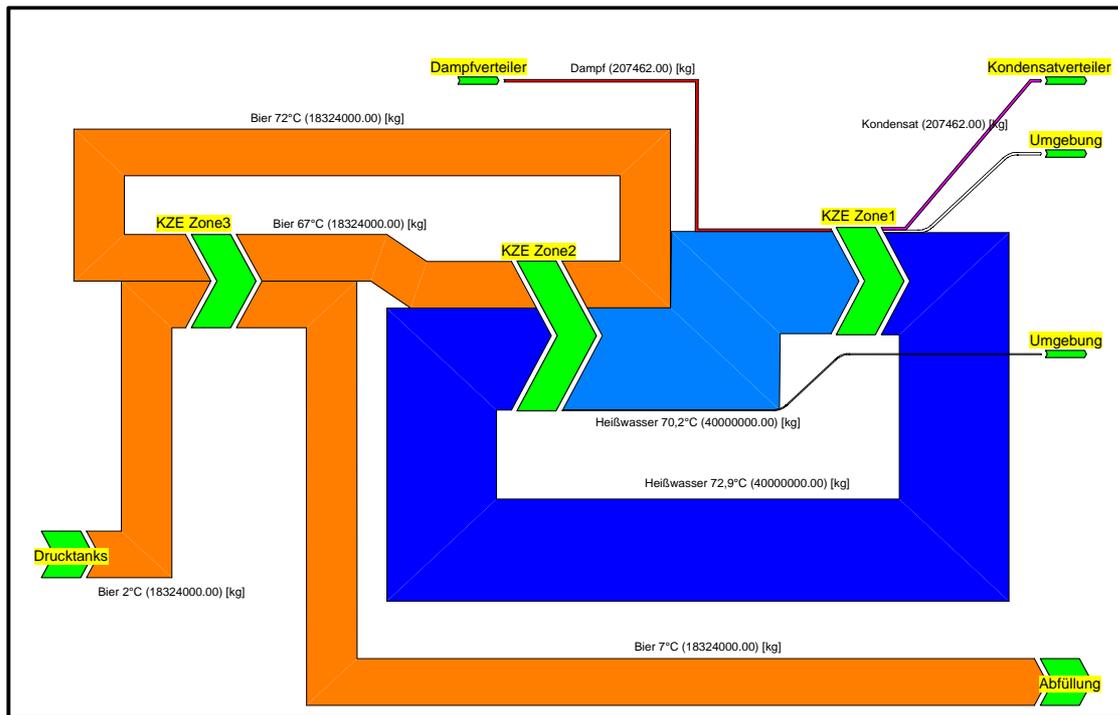


Abbildung 4.22: Mengenströme im Kurzzeiterhitzer des Flaschenkellers (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)

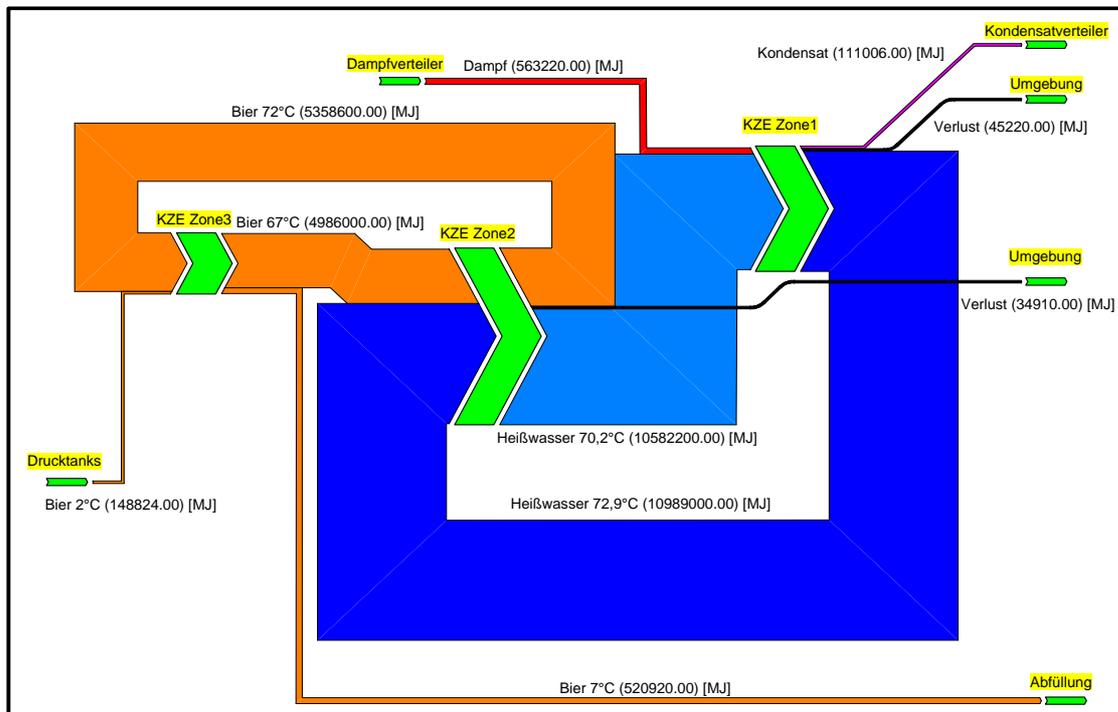


Abbildung 4.23: Wärmefluss im Kurzzeiterhitzer des Flaschenkellers (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)

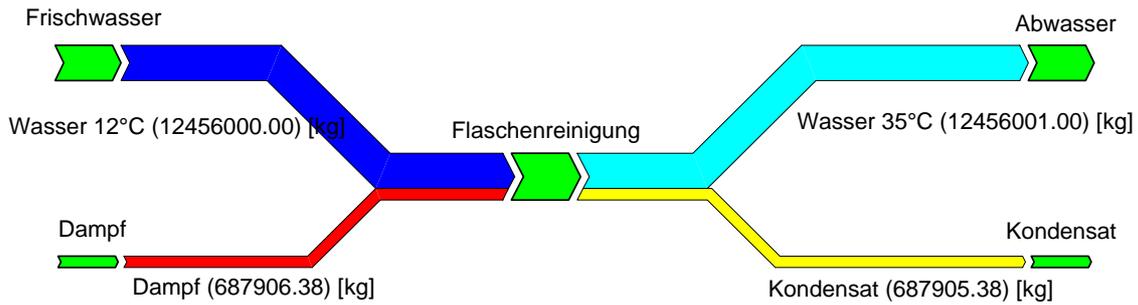


Abbildung 4.24: Mengenströme bei der Flaschenreinigung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)

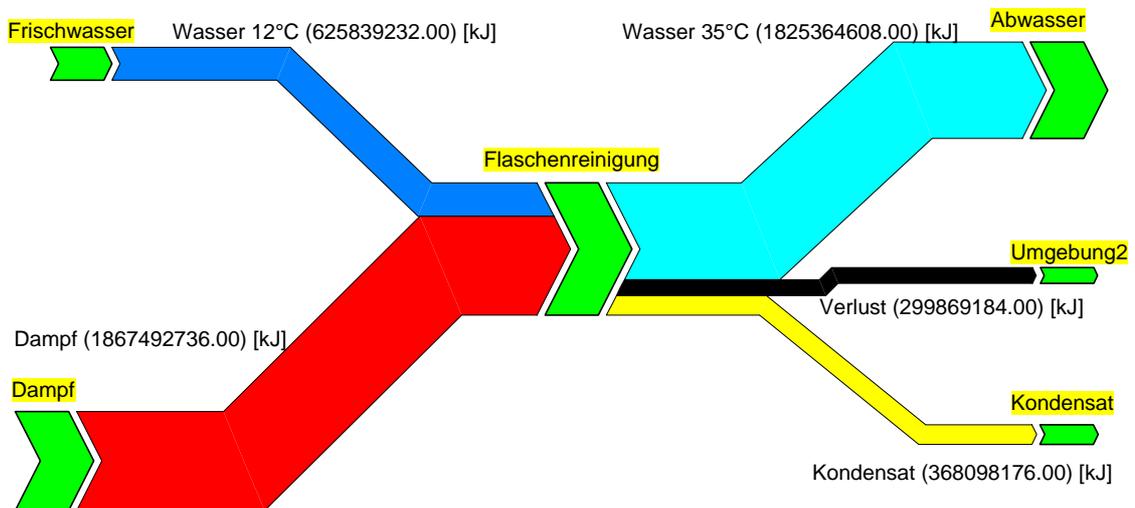


Abbildung 4.25: Wärmefluss bei der Flaschenreinigung (Bsp. Jahresverbrauch Brauerei Murau)

Tabelle 4.13: Theoretischer Energiebedarf bei der Bierpasteurisierung und Flaschenreinigung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)

Prozess	Temperatur Differenz [°C]	Wärmekapazität [kJ/kgK]	Jahresmenge bzw. -produktion [kg]	Jahreswärmebedarf [GJ]	Bezugsbasis (Strom)	Heizmedium
Pasteurisierung						
Kurzzeiterhitzer	2,7	4,18	40.000.000	451	Wasser	Dampf
Flaschenreinigung						
Aufheizwärmeverbrauch	45	188,1	5.625.000	1.058	Waschlauge	Dampf
Betriebswärmeverbrauch			Flaschenanzahl 24.400.000	561	Flaschen	Dampf

Der theoretische Energiebedarf bezieht sich auf die reinen Wärmemengen, die zum Erreichen der entsprechenden Temperaturen notwendig sind.

4.2.4 Wärmeezeugung und -verteilung

Die Wärmeezeugung in einer Brauerei findet praktisch immer zentral statt. Es gibt hier die unterschiedlichsten Bauarten von Heizkesseln oder Blockheizkraftwerken (die zusätzlich auch noch der Stromerzeugung dienen). Zum Einsatz als Heizmittel kommen vorwiegend fossile Brennstoffe, wie Heizöl und Gas. Teilweise wird auch schon auf erneuerbare Energien gesetzt wie zum Beispiel den Einsatz von Biogas aus dem hauseigenen Treberabfall.

4.2.4.1 Dampferzeugung

In einem zentralen Dampfkessel wird Prozessdampf erzeugt und meist vor Ort entsprechend gedrosselt und den verschiedenen Wärmetauschern zugeführt.

4.2.4.2 Heißwassererzeugung

Heißwasser wird entweder durch den Wärmetausch mit Dampf erzeugt, beziehungsweise in Heißwasserboilern. Da in einer Brauerei der Heißwasserverbrauch im Verhältnis zum Dampfverbrauch sehr gering ist, wird der zentralen Heißwassererzeugung keine große Bedeutung gemessen. Einzig bei der Flaschen- bzw. Fässerwaschmaschine ist der Anteil höher, dies wird aber immer durch Wärmetausch mit Dampf und einem mehrere Kubikmeter großem Tank zur Speicherung an Heißwasser gelöst.

4.2.5 Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz

Grundsätzlich sind in Brauereibetrieben die selben Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz gegeben, wie in jedem anderen Lebensmittel erzeugenden Betrieb. Meistens kann man schon mit einer besseren Wärmedämmung der Rohrleitungen ein großes Einsparpotential abdecken.

Da sich meist auch über die Jahre hinweg die Produktionsmenge geändert hat, ist eine Neuberechnung und -auslegung der Wärmetauscherflächen notwendig um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen.

Der Einsatz von so genannten Wärmeschaukeln bzw. Rekuperatoren ist eine weitere Lösung zur Senkung des Wärmebedarfs. Denn beispielsweise die große Wärmemenge, welche bei der Hefegärung frei wird, lässt sich leicht zur Vorwärmung des Brauwassers verwenden.

Der Einsatz von Brüdenverdichtern ist gerade in Brauprozessen eine ideale Möglichkeit den beim Würzekochen in verhältnismäßig großen Mengen entstehenden Dampf zu nutzen.

Die Ausnutzung von solarthermischen Anlagen ist eine weitere Möglichkeit Wärme zu erzeugen. Hier bietet sich vor allem die Flaschenreinigung als Einsatzgebiet an. Da im Flaschenwäscher die Hauptlauge auf mind. 80°C gehalten werden muss und meist mehrere Tausend Liter hat (ca. 20 bis 30m³ Waschlauge), kann man hier ideal Wärme speichern. Denn gerade der relativ große Temperaturunterschied der Waschlauge (abgekühlt und bei Betriebstemperatur) begünstigt den Einsatz von Solarthermie.

4.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den nachfolgenden Tabellen werden die wärmerlevanten Prozesse in einer Tabelle sowohl an Hand des Beispiels der Brauerei Murau (siehe auch Tabelle 2 und Tabelle 4!) als auch für den gesamten österreichischen Markt übersichtlich zusammengefasst. Der theoretische Wärmeverbrauch bezieht sich auf die rein rechnerischen Wärmemengen, die in einem Brauprozess notwendig sind, ohne Berücksichtigungen von Wärmerückgewinnungen. Wie man in den Tabellen erkennen kann, beträgt dieser Wert nahezu das Doppelte des betrieblichen Wärmeverbrauches.

Tabelle 4.14: Wasser- und Wärmeverbrauch Brauerei Murau

	Produktion [hL]	Wasserverbrauch [hL]	Wärmeverbrauch [kWh]	Wärmeverbrauch [TJ]	Wärmeverbrauch Theor. [TJ]
pro Jahr	244.677	1.203.430	7.383.735	26.581	49.843
bezogen auf 1hL Getränk	1	4,92	30	0,11	

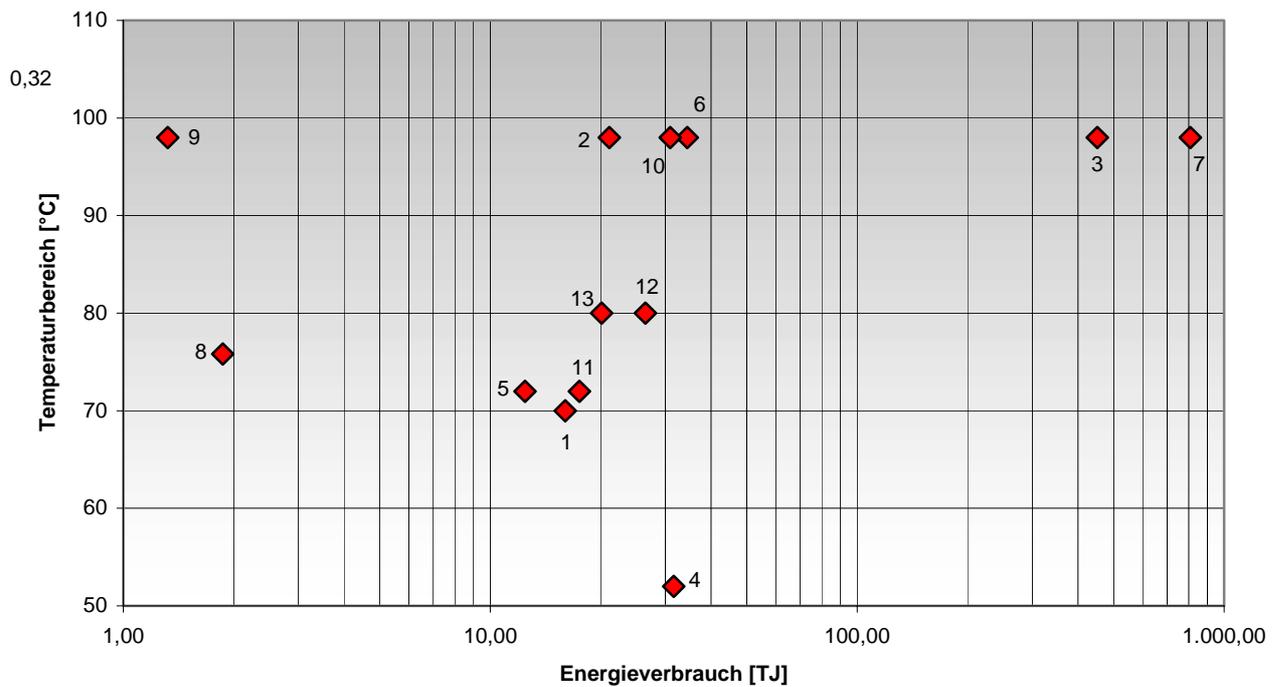
Tabelle 4.15: Wasser- und Wärmeverbrauch aller österreichischen Brauereien [Lit 35]

	Produktion [hL]	Wasserverbrauch [hL]	Wärmeverbrauch [kWh]	Wärmeverbrauch [TJ]	Wärmeverbrauch Theor. [TJ]
pro Jahr	8.750.300	48.126.650	245.008.400	882.030	1.787.403
bezogen auf 1hL Getränk	1	5,5	28	0,10	

Tabelle 4.16: Alle wärmerlevanten Prozesse bezogen auf die gesamtösterreichische Bierproduktion

Prozess	Anfangstemperatur [°C]	Endtemperatur [°C]	Temperatur Differenz [°C]	Spezifischer Wärmebedarf [kJ/kg]	Jahresmenge bzw. -produktion [kg]	Jahreswärmebedarf [TJ]
Sudhaus						
Maischepfanne1						
Erhitzen	48,8	70	21,2	79,2	201.923.077	16
Erhitzen	70	98	28	104,6	201.923.077	21
30min kochen	98	98	0	2257,9	199.903.846	451
Maischepfanne2						
Erhitzen	39,1	52	12,9	47,00	673.076.923	31
Teilmaische2						
Erhitzen	62,6	72	9,4	34,44	361.013.986	12
Erhitzen	72	98	26	95,26	361.013.986	34
20min kochen	98	98	0	2.257,90	358.607.226	809
Gesamtmaische						
Anschwänzen	15	76	61	254,98	7.342.649	1,8
Erhitzen	73,5	98	24,5	96,33	13.706.294	1,3
1,5min kochen 8%	98	98	0	2.257,90	13.699.441	30,0
80min Brüdenverdichter	98	104	6	23,60	13.699.441	0,3

Flaschenkeller						
Kurzzeiterhitzer	67	72	5	20	875.000.000	17,50
Flaschenreinigung						
Aufheizwärme- verbrauch	35	80	45	188,1	140.625.000	26
Betriebswärme- verbrauch					Flaschenan- zahl: 875.000.000	20



1	Erhitzen	Maischepfanne 1
2	Erhitzen	Maischepfanne 1
3	30 min. Kochen	Maischepfanne 1
4	Erhitzen	Maischepfanne 2
5	Erhitzen	Teilmaische2
6	Erhitzen	Teilmaische2
7	20 min. Kochen	Teilmaische2
8	Anschwänzen	Gesamtmaische
9	Erhitzen	Gesamtmaische
10	1,5 min. Kochen	Gesamtmaische
11	Kurzzeiterhitzer	Flaschenkeller
12	Aufheizwärmeverbrauch	Flaschenreinigung
13	Betriebswärmeverbrauch	Flaschenreinigung

Abbildung 4.26: Wärmerelevante Prozesse der österreichischen Brauunternehmen nach Temperaturniveau und Jahresenergiebedarf

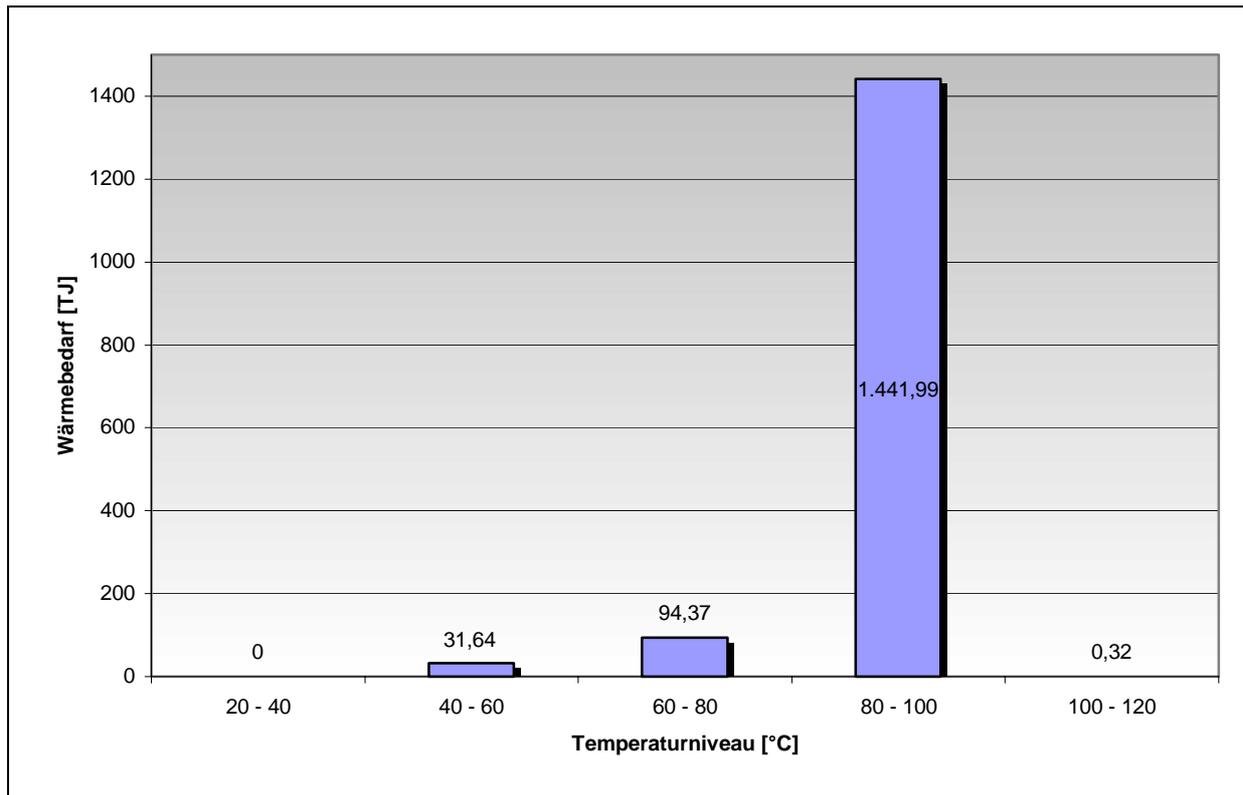


Abbildung 4.27: Absolutjahresbedarf an Niedrigtemperaturwärme bei den österreichischen Brauereien nach Temperaturniveaus

Auf Grund des hohen Energiebedarfs im Bereich zwischen 80 und 100°C (eigentlich nahe 100°C) ist eine Nutzung von Solarthermie in Brauereien nur sehr bedingt geeignet und hängt stark von den jeweiligen Randbedingungen des Standortes ab.

In großen Brauereien kommen zunehmend Kraft-/Wärme-Kopplungsanlagen und Biogasanlagen im Bereich der Abwasserreinigung zum Einsatz, wodurch fast immer ein Überschuss an Wärme gegeben ist. In kleinen Anlagen (typische Gasthausbrauereien) ist durch die unregelmäßige Betriebsweise ein sinnvoller Einsatz von Solarthermie ebenfalls nur sehr bedingt möglich, da die schlechte Auslastung der Anlagen (Stillstandsverhalten !!) einen sehr geringen solaren Deckungsgrad ergibt.

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C:	1.570 [TJ]
Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C:	50 [TJ]

4.3 Schlachthäuser und Fleischverarbeitung - NACE 151

4.3.1 Betriebswirtschaftliche Randbedingungen

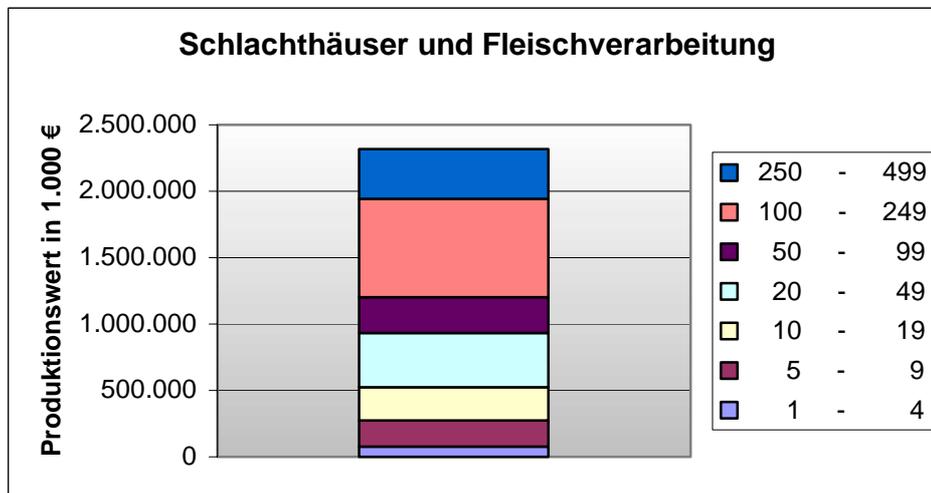


Abbildung 4.28: Produktionswert nach Größenklassen entsprechend Anzahl der Mitarbeiter [Lit 67]

Nach Statistiken der Agrarmarkt Austria (www.ama.at) wurden im Jahr 2002 knapp 900.000 t Fleisch in entsprechenden Betrieben erzeugt bzw. verarbeitet.

4.3.2 Energieverbrauch nach Trägern und Verwendungszweck

Im wesentlichen kommen in Fleischereien folgende Energieformen zum Einsatz:

elektrische Energie für

Antrieb der Maschinen und Werkzeuge

Kühlung der Verarbeitungsräume

Pluskühlung (Produkttemp. > 0°C)

Minuskühlung (Produkttemp. < -18°C)

Druckluft

Beleuchtung, EDV

thermische Energie

Dampf zwischen 1,5 und 8 bar

Heißwasser mind. 82°C für Desinfektion

Heißwasser ca. 65°C für Reinigung

Warmwasser ca. 45°C für Handwaschbecken

je nach Heizung Heiß- oder Warmwasser

4.3.3 Prozesse mit Niedertemperaturanwendungen

Die Prozesse mit Warm- und Heißwasserbedarf sind Desinfektion, Produktreinigung, Reinigung der Werkzeuge und Handwäsche und Heizbedarf. Nach Untersuchungen des Oberösterreichischen Energiesparverbandes ESV liegt der spezifische Verbrauch an thermischer Energie für Fleischereien, die bis zu 250 t/a herstellen, bei durchschnittlich 1,32 kWh/kg, für größere Fleischereien bei ca. 0,73 kWh/kg (nach Branchenkonzept des Oberösterreichischen Energiesparverbandes [Lit 29]).

Für die jährliche Produktion von 900.000 t Fleisch (alle Fleischsorten) und unter der Annahme eines mittleren spezifischen Energieverbrauches von 1 kWh/kg (nach Branchenkonzept des Oberösterreichischen Energiesparverbandes [Lit 29]) ergibt sich ein Niedertemperatur-energieverbrauch von ca. 900.000.000 kWh oder 900 GWh entsprechend 3.240.000 GJ oder 3.240 TJ.

Dieser Energiebedarf verteilt sich auf die Temperaturniveaus von ca. 80°C, 65°C und 45°C. Für eine solarthermische Nutzung sind ca. 2/3 dieses Bedarfs geeignet, das restliche Drittel wird aus Wärmerückgewinnung und insbesondere aus Abwärmenutzung aus den Kühlprozessen bereitgestellt.

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C:	3.240 [TJ]
Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C:	2.000 [TJ]

4.4 Herstellung von Textilien und Textilwaren - NACE 17

Die Textilindustrie zählt zu den energieintensiven Industriezweigen. Die Textilindustrie zeichnet sich durch extreme Produktspezialisierung aus. Die meisten Hersteller verarbeiten nur eine Faser bzw. führen nur einen Herstellprozess oder überhaupt nur einen Teilprozess wie z.B. Spinnen, Weben oder Färben durch. Die Unternehmen sind typischerweise kleine und mittlere Betriebe (Tabelle 4.17).

Die breite Produktpalette und große Vielfalt möglicher Verfahren und Betriebsparameter machen eine realitätsnahe Zuordnung des Wärmeenergieeinsatzes zu bestimmten Prozessen, Produkten und Temperaturniveaus sehr aufwendig, sodass eine solche im Rahmen dieses Projektes nicht durchführbar war.

Eine Abschätzung des Niedertemperaturenergiebedarfs und Solarpotenziales erfolgt deshalb in der Zusammenfassung über den Endenergieverbrauch der Branche.

4.4.1 Betriebswirtschaftliche Randbedingungen

4.4.1.1 Betriebsstatistik

Tabelle 4.17: Textilunternehmen nach Sparten und Beschäftigungsgrößenklassen (Stand Dezember 1993) aus Branchenkonzept Textil [Lit 14]

Sparte	Betriebsgrößenklassen							Gesamt
	0 - 20	21 - 50	51 - 100	101 - 250	251 - 500	501 - 1 000	über 1 000	
Baumwollspinner u. -weber	3	5	1	8	1	5	0	23
Wollspinner u. Weber	3	1	4	5	2	0	0	15
Stricker u. Wirker	13	13	6	6	3	5	1	47
Teppiche u. Möbelstoffe	1	3	5	2	0	2	0	13
Textilveredlung	5	4	3	4	2	0	0	18
Seide	2	4	1	2	0	0	0	9
Spitzen u. Gardinen	11	10	0	1	0	0	0	22
Sticker	36	20	3	0	0	0	0	59
Bastfaser	7	9	1	2	2	1	0	22
Band- u. Flechtwaren	9	8	0	2	0	0	0	19
Watte u. Verbandstoffe	2	0	1	3	1	1	0	8
Andere	4	2	1	0	0	0	0	7
Insgesamt	96	79	26	35	11	14	1	262

4.4.1.2 Produktionsstatistik

Tabelle 4.18: Rohstoffverbrauch in der Textilindustrie im Jahr 1993 aus Branchenkonzept Textil
[Lit 14]

Rohmaterial	t/a
Baumwolle	46 521
Wolle	6 612
Sonstige Naturfasern	1 217
Viskose	39 187
Synthetische Fasern	49 391
Mischfasern	5 520
Sonstige (Gummi etc.)	2 772

1993 wurden in der Textilveredelung über 150.000 t Rohstoffe verarbeitet, Baumwolle und synthetische Fasern stellten dabei jeweils ca. ein Drittel des Verbrauchs dar, Viskosefasern ca. ein Viertel.

4.4.2 Beschreibung der wichtigsten Produktionsprozesse

Die Arbeitsvorgänge der Textilveredelung lassen sich grob in die nachfolgend aufgeführten Prozessschritte untergliedern:

Vorbehandlung

Färben

Bedrucken

Appretieren

Ziel der Veredelung ist es, der textilen Rohware die vom Konsumenten gewünschte Optik und die Gebrauchseigenschaften zu verleihen. Der Umfang der einzelnen Veredelungsprozesse sowie die Art der benötigten Textilhilfsmittel werden u.a. von folgenden Parametern bestimmt:

Herkunft der textilen Rohstoffe

Aufmachungsform der Textilien

Anforderungsprofil

Einen Überblick über die verschiedenen Verfahren der Textilveredelung könne sie folgender Abbildung entnehmen:

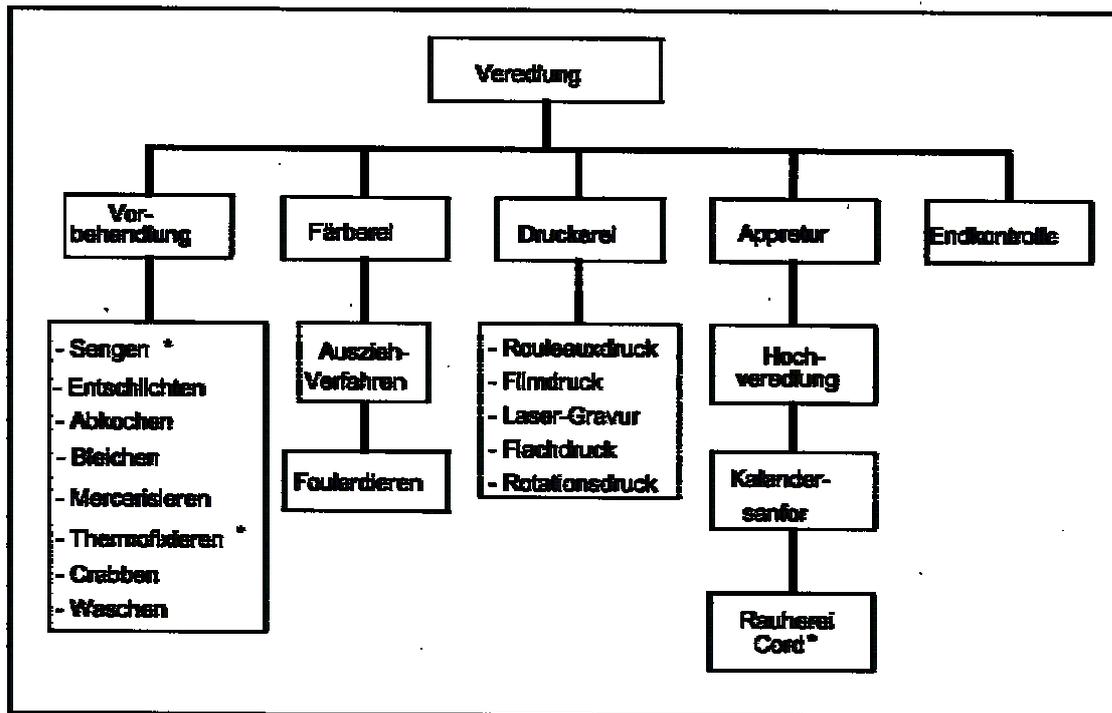


Abbildung 4.29: Überblick über die Verfahren der Textilveredlung aus Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen [Lit 70]

4.4.2.1 Vorbehandlung

Die Vorbehandlung (man unterscheidet in Nass- und Trockenvorbehandlung) ist ein wichtiger erster Veredlungsschritt, bei dem es zunächst darauf ankommt, die beim Spinnen, Weben, Wirken oder Stricken verwendeten Hilfsmittel sowie natürliche Faserbegleitstoffe wieder zu entfernen bzw. auszuwaschen. Hierdurch erhält das Textilgut die für die nachfolgenden Prozesse erforderliche Reinheit. Darüber hinaus wird durch mechanische Einwirkung die Struktur positiv beeinflusst.

Eine optimale Vorbehandlung ist Voraussetzung für das angestrebte Veredelungsziel. Die ihrer Herkunft und ihrer Verhaltensweise nach sehr unterschiedlichen Faserarten erfordern unterschiedliche Vorbehandlungsprozesse. Alle Prozesse (Wärmeenergie für Wasch- und Trockenprozesse) sind mit hohem Energieverbrauch verbunden.

In der Vorbehandlung wird das Gewebe von den zuvor eingesetzten Hilfsmitteln für die Garn- und Gewebeerzeugung, den „Schlichtmitteln“, befreit und gereinigt, um das Gewebe für die nachfolgenden Veredlungsschritte, die immer in wässriger Lösung stattfinden, saugfähig zu machen.

Sengen

Aus dem Gewebe herausstehende Fasern werden über offener Flamme oder über einer heißen Kupferplatte abgesengt. Diese Behandlung ist notwendig für Stoffe, die bedruckt werden

sollen, damit die Farbe nicht verläuft, sie gibt dem Gewebe einen weichen Griff und verhindert „Pilling“.

Entschlichten

Schlichtmittel, welche die Lauffähigkeit der Garne auf den Verarbeitungsmaschinen verbessern, müssen vor der Weiterverarbeitung entfernt werden, um Reaktionen mit Chemikalien, die in folgenden Verarbeitungsschritten eingesetzt werden, zu vermeiden. Stärke ist das hauptsächlich verwendete Schlichtmittel, Kunstfasern werden mit wasserlöslicher Stärke behandelt, Naturfasern oft mit wasserunlöslichen Stärkeverbindungen und Gemischen verschiedener Schlichtmittel, die beim Entschlichten den Einsatz von Enzymen erforderlich machen. Wasserlösliche Stärkeverbindungen werden mit reinem Wasser bei Temperaturen von 80 –90°C herausgewaschen.

Alkalisches Abkochen:

Dabei handelt es sich um eine Reinigung, typischerweise mit Alkalien wie NaOH oder Na₂CO₃, die natürliche Wachse und Fette aus dem Gewebe entfernt. In manchen Fällen werden allerdings auch Lösungsmittel eingesetzt. Das alkalische Abkochen trägt erheblich zur BSB-Belastung der Abwässer bei. Entschlichten und alkalisches Abkochen können auch in einem einzigen Prozess durchgeführt werden.

Bleichen

Die Bleiche entfärbt (für die Farbgebung) störende farbige Unreinheiten aus Fasern, Garnen und Geweben. Die eingesetzten Bleichmittel sind sehr unterschiedlich, abhängig vom Rohmaterial und Verwendung des Endprodukts. Standard-Bleichmittel sind Wasserstoffperoxyd (>90% der Bleichanwendungen), Natriumchlorit, Natriumhypochlorit und Schwefeldioxid-Gas. Beim Bleichvorgang wird das Gewebe mit Bleichmittel gesättigt, Hilfschemikalien werden zugegeben und dann auf die je nach Faser notwendige Bleichtemperatur gebracht. Anschließend wird das Gewebe gewaschen und eventuell getrocknet.

Mercerisieren

Unter Mercerisieren versteht man eine NaOH-Behandlung unter Spannung bei Raumtemperatur, die dem Gewebe Glanz verleiht und für bessere Reißfestigkeit und Färbbarkeit sorgt. Der Prozess wird nur an pflanzlichen Fasern und Mischgeweben angewendet. Die von Natur aus flache Faser quillt durch die Behandlung mit der Lauge zu einer runden Querschnittsfläche auf. Das Mercerisieren kann vor oder nach der Bleiche stattfinden.

Nach dem Mercerisieren wird das Gewebe unter Spannung mit heißem Wasser eingesprüht und in mehreren Gängen gespült, eventuell mit Säure neutralisiert und nochmals gespült.

Thermofixieren

Thermofixieren ist eine Heißluftbehandlung, die der Formbeständigkeit von synthetischen Fasern und Mischgeweben dient.

Crabben

Ist die dem Thermofixieren entsprechende Heißwasserbehandlung für Wollgewebe.

Waschen

Der letzte Schritt vor der Veredlung ist immer ein Waschgang zum Entfernen von Chemikalienrückständen und Schmutz.

4.4.2.2 Färben

Färben ist das Aufbringen und Fixieren von Farbstoffen auf Textilien, wobei – im Gegensatz zum Bedrucken – eine gleichmäßige Verteilung der Farbstoffe im gesamten Färbegut angestrebt wird.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Textilien zu färben:

Ausziehverfahren: im Wasser gelöste oder dispergierte Farbstoffe ziehen aus der Farbflotte (Farbbad) auf die Fasern auf, dringen (diffundieren) mehr oder weniger in diese ein und werden über chemische/physikalische Wechselwirkung am Substrat fixiert. Diese Applikationsmethode erfolgt immer diskontinuierlich.

Foulardieren (Klotzfärbung): In einem Behälter mit Quetschwalzen (Foulard) werden Farbstoffe aus einer hochkonzentrierten wässrigen Lösung bzw. Dispersion auf die Ware aufgetragen, über den Quetschdruck in das Substrat gepresst und anschließend durch Dampf, Trockenhitze und gelegentlich auch in Gegenwart von Chemikalien an die Faser gebunden (fixiert). Je nach Prozessführung spricht man auch von Kontinue- oder Semikontinueverfahren.

Gegenüber dem Foulardieren ist das Ausziehverfahren durch die Aufheizung der Farbflotte energieintensiver. Die Verfahrensweise wird vor allem durch folgende Parameter bestimmt:

Substrataufmachung (Breit- oder Strangware)

Substratart

Chargengröße

Maschinenpark

Das Rohmaterial kann in jeder Zustandsform von der Flocke bis zum Gewebe gefärbt werden. Farbstoffe und Zusätze sind abhängig vom Rohmaterial sehr unterschiedlich. Der Färbeprozess passiert immer in wässriger Lösung in einem bestimmten Flottenverhältnis (kg trockene Ware : Liter Färbebad) das von den eingesetzten Fasern und Farben abhängig ist.

Bei der Vielzahl von eingesetzten Technologien unterscheidet man prinzipiell zwei grundsätzliche Verfahren, nämlich Batch-Verfahren, auch „Diskontinue- oder Ausziehverfahren“ genannt und kontinuierliche oder semikontinuierliche Verfahren, bei denen man von „foulardieren“ spricht, weil die Walze, über die der Stoff gezogen wird ~~Die Ware wird~~ vor dem Färben gewaschen und gespült, nach dem Färben gegebenenfalls reduktiv gereinigt, gespült, bei Bedarf abgesäuert. Spülbäder werden üblicherweise aufbereitet und wieder eingesetzt. Farbstoffe bleiben zum größten Teil auf der Ware, Hilfsstoffe gehen zur Gänze ins Abwasser.

Die meisten Farben sind synthetisch auf Rohölbasis hergestellt, kaum Naturfarben. Die Farben haben eine hohe Affinität zu den Geweben, für die sie verwendet werden, sie verlassen aufgrund des Gleichgewichts das Färbebad und dringen in die Faser ein. Hilfschemikalien und Prozesskontrolle tragen ihren Teil dazu bei, dass das Färbebad optimal ausgenutzt wird. Jeder Färbeprozess verlangt unterschiedliche Mengen und Qualitäten an Farbe und Färbemitteln (vor allem Salz wie Kochsalz und Glaubersalz), die das Prozesswasser stark belasten.

Die gängigsten Batch-Färbemethoden sind beam, beck, jet, and jig processing. Pad dyeing (Klotzfärben) kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich durchgeführt werden.

Kontinuierliche Prozesse auflisten! Unter den kontinuierlichen Prozessen ist das Das Flex-nip-System eine Technologie die sehr sparsam im Wasserverbrauch ist, aber nicht für alle Gewebe anwendbar. Dabei wird die Farblösung auf das Gewebe aufgesprüht. Nicht auf der Faser fixierte Farbe muss anschließend wieder ausgewaschen werden.

4.4.2.3 Stoffdruck

Nach dem Färben ist der Stoffdruck die wichtigste Veredelungstechnik, um Textilien farbig zu gestalten. Man unterscheidet den

Rouleauxdruck: Das gewünschte Druckmuster wird in Metallwalzen eingraviert, wobei jede Farbe eine eigene Walze erfordert. Es handelt sich um ein Tiefdruckverfahren, das insbesondere bei großen Partien Anwendung findet.

Flachfilmdruck: Die zu behandelnde Ware ist auf ein Transportband aufgelegt und bewegt sich automatisch jeweils um eine Rapportlänge weiter. Während des Warenstillstandes wird mit stationär angebrachten Flachsablonen gedruckt, die sich automatisch über die Ware heben und senken (diskontinuierlicher Druckablauf).

Rotationsdruck: Es handelt sich um eine Weiterentwicklung des Flachfilmdruckes unter Realisierung eines kontinuierlichen Produktionsablaufes. Flache Schablonen sind dabei in die Form von Hohlzylinder überführt. Die druckenden Partien der Schablone sind perforiert.

Thermo- oder Heißtransferdruck: Das Muster wird zunächst auf Papierbahnen gedruckt und in einem weiteren Arbeitsgang mittels eines beheizten Kalanders auf den Stoff übertragen (aufgebügelt).

Dem Druckprozess nachgeschaltet (Ausnahme Transferdruck) sind Trocknungs-, Fixier- und Waschprozesse. Es werden mittels verschiedener Verfahren, aber großteils mit den gleichen Farbstoffen wie beim Färben die Muster aufgedruckt. Die Farbstoffe werden beim Drucken in dickflüssiger Form aufgebracht, die Verdickungsmittel müssen danach durch Waschen wieder entfernt werden.

Pigmente sind, anders als Farben, nicht in der Faser löslich sondern werden mittels Harzen an die Faser gebunden. Die Pigmente werden nicht mehr ausgewaschen, und die Lösungsmittel, die für die Verarbeitung der Harze notwendig sind, verdampfen und verursachen so wenig Abwasserbelastung.

4.4.2.4 Endbehandlung

In der folgenden Tabelle ist ein Überblick über die Vielzahl möglicher Prozessschritte in der Endbehandlung dargestellt. In der Praxis werden diese Verfahren kombiniert zum Einsatz gebracht.

Tabelle 4.19: Übersicht über Ausrüstungsverfahren für textile Flächenproduktion aus Branchenkonzzept Textil [Lit 14]

Garn-Ausrüstung	Mechanische Ausrüstung	Thermische Ausrüstung	Chemische Ausrüstung	
z. B.	z. B.	z. B.	ohne chemische Reaktion	mittels chemischer Reaktion von Ausrüstungsmittel m. d. Faser
- Weichmachen	- Rauhen	- Verdichten	z. B.	z. B.
	- Schleifen	- Kalandern	- Weichmachen	- waschechtes Griffverbessern und Füllen
	- Schmirgeln	- Mangeln	- Füllen	- Quellfest-Ausrüsten
	- Scheren	- Dämpfen	- Beschweren	- Schrumpffrei-Ausrüsten
	- Brechen	- Dekatieren	- Versteifen	- Knitterfrei-Ausrüsten
	- Bürsten	- Thermofixieren	- Mattieren	- Hydrophobieren
	- Klopfen		- Metallisieren	- Hydrophilieren
	- Prägen (Gaufrieren)		- Ändern des Warenbildes	- Schiebefest- und maschenfest-Ausrüsten
	- Moirieren		- Cloqués	- Flammhemmend-Ausrüsten
	- Plissieren		- Kräuselkrepp	- Antimikrobiell-Ausrüsten
	- Crashen		- Craquelé	- Motten-/Käferschutz-Ausrüsten
	- Ratinieren		- Kiebcloqué	- Antistatisch Ausrüsten
				- Desodorierend Ausrüsten
				- Oleophobieren
				- Optisch aufhellen
				- Filzfrei-Ausrüsten

Unter der Bezeichnung Appretur (alter Begriff) bzw. Ausrüstung werden alle Arbeitsvorgänge zusammengefasst, die zunächst dazu dienen, den aus Bleicherei, Färberei oder Druckerei kommenden Artikeln die gewünschten Eigenschaften hinsichtlich des Warenbildes, des Griffes bzw. des äußeren Erscheinungsbildes zu verleihen. Ferner ist es Aufgabe und Ziel der Appretur, den diversen Artikeln besondere Eigenschaften zu verleihen (z.B. Flammschutz, Knitterfrei-ausrüstung, schmutzabweisende Ausrüstung).

Umfang und Koordination der Appretur mit den übrigen Textilveredelungsprozessen erfordern große Erfahrung. Die große Zahl der Appretureffekte lässt sich nicht immer und beliebig kombinieren, da sowohl von den Substraten als auch durch gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Appreturprozesse Grenzen gezogen werden. Die Trockenappreturprozesse sind sehr verbrauchsintensiv bzgl. elektrischer Energie (Bsp.: Rauhen, Schmirgeln, Scheren).

Die Nassappretur hat einen sehr hohen Wärmebedarf (z.B. beim Trocknen, Krumpfen, Beschichten, Imprägnieren).

Mechanische und thermische Ausrüstung werden meist kombiniert, einen Überblick über mögliche Ausrüstungsverfahren ist folgender Abbildung zu entnehmen.

4.4.2.5 Beispiele für Fließschemata

Die folgenden drei Darstellungen sind durch Hunderte weitere zu ergänzen, um eine umfassende Darstellung aller möglichen und realisierten Prozesse in der Textilveredelung darzustellen. Sie stehen beispielhaft für die Vielzahl möglicher Produkte, Prozesse und Prozessparameter im Bereich der Textilveredelung. Alleine die Waschprozesse vor, während und nach

der Veredelung sind sowohl in der Wassermenge als auch im Temperaturniveau sehr weit gestreut.

Prinzipiell ist aber festzuhalten, dass nach Ausnutzung der Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung die solare Erwärmung des Waschwassers eine interessante Option darstellt, die noch den Vorteil bietet, den Chemikalienverbrauch durch die bessere Reinigungsleistung bei höherer Temperatur abzusenken.

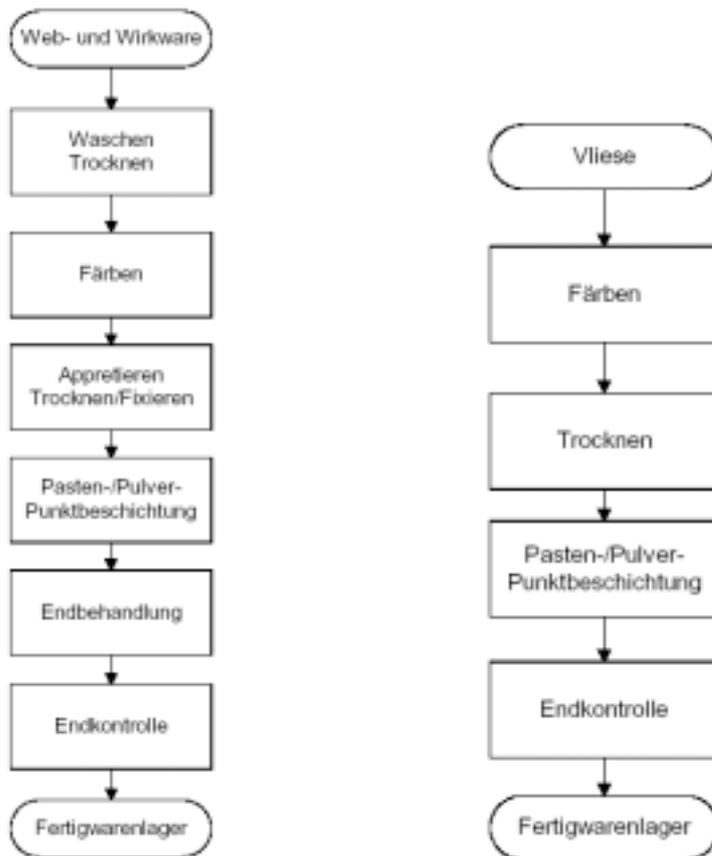


Abbildung 4.30: Veredelungs-Fließschematas für Web- und Wirkwaren und für Vliese bei der Fa. Kufner [Lit 4]

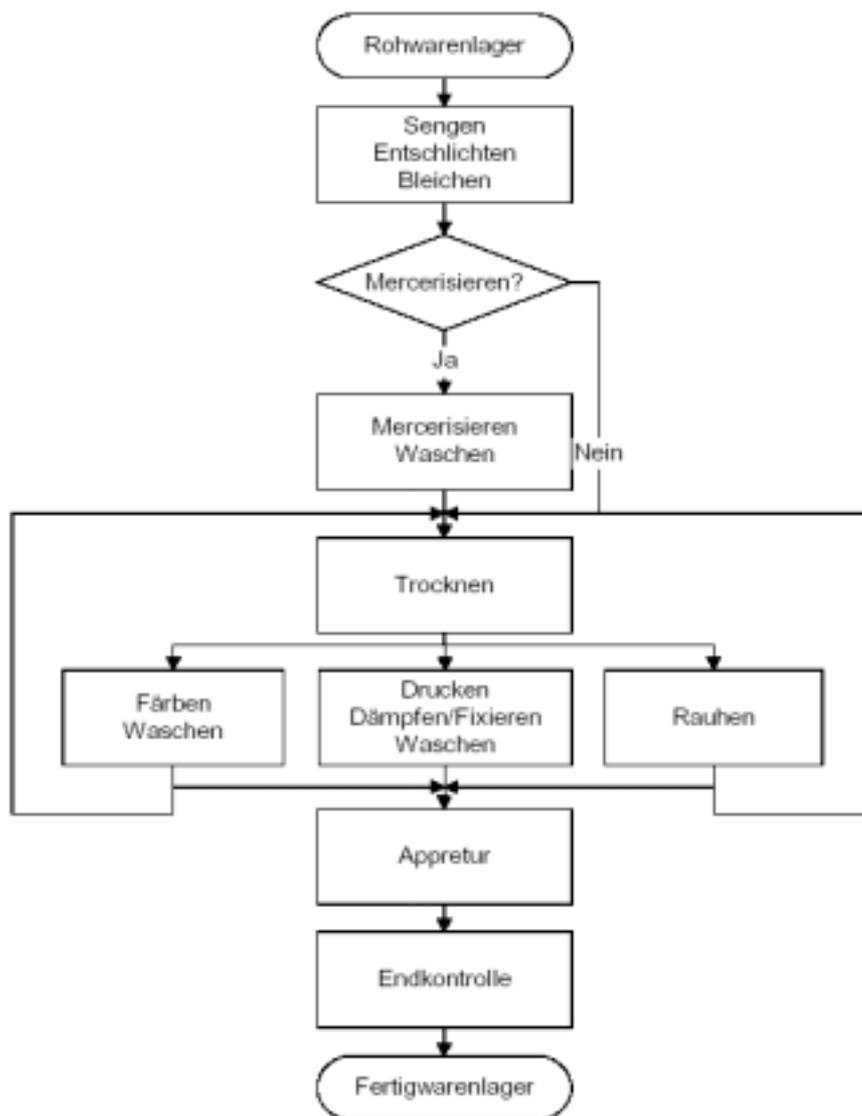


Abbildung 4.31: Veredelungs-Fließschema bei der Fa. BTW [Lit 4]

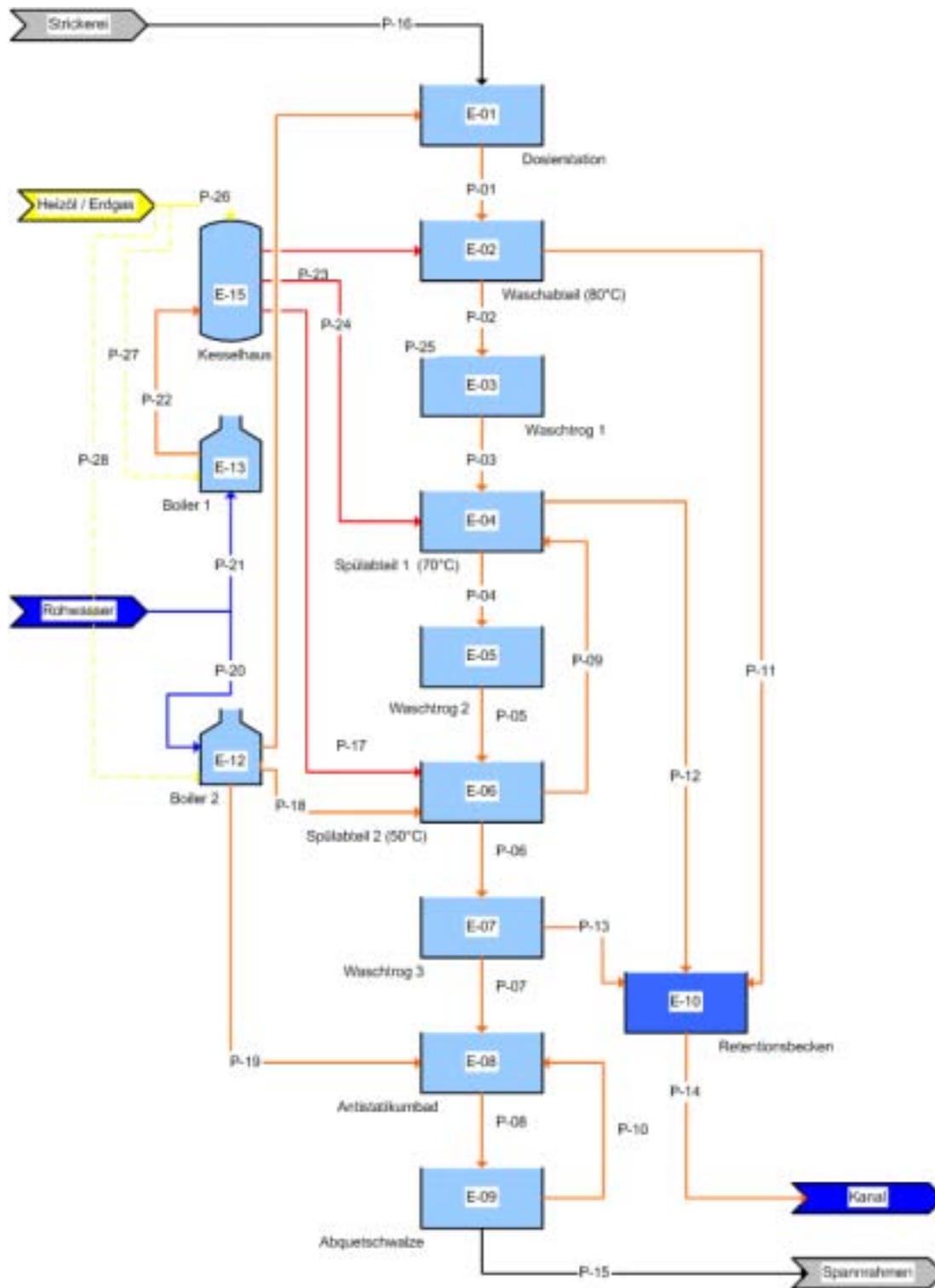


Abbildung 4.32: Typische Anordnung verschiedener Prozess- und Waschschrirte in einem textilverarbeitenden Betrieb

4.4.3 Energieversorgung

In nahezu allen Betrieben ist ein Dampfsystem vorhanden, um die für die Trocknungsprozesse notwendigen Energiemengen und Temperaturen zu gewährleisten. In vielen Fällen wird die Trocknung über direkte Beheizung betrieben, um notwendige Temperaturen von fast 200°C erreichen zu können.

Oft wird das Dampfsystem auch zur Erwärmung bzw. Einstellung der Prozesstemperatur der Flotten verwendet, wobei in vielen Betrieben eine Vorwärmung dieser Bäder durch Wärmerückgewinnung realisiert ist.

Beispiele für die Verteilung des Verbrauches der fossilen Energieträger für die Prozesswärme sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

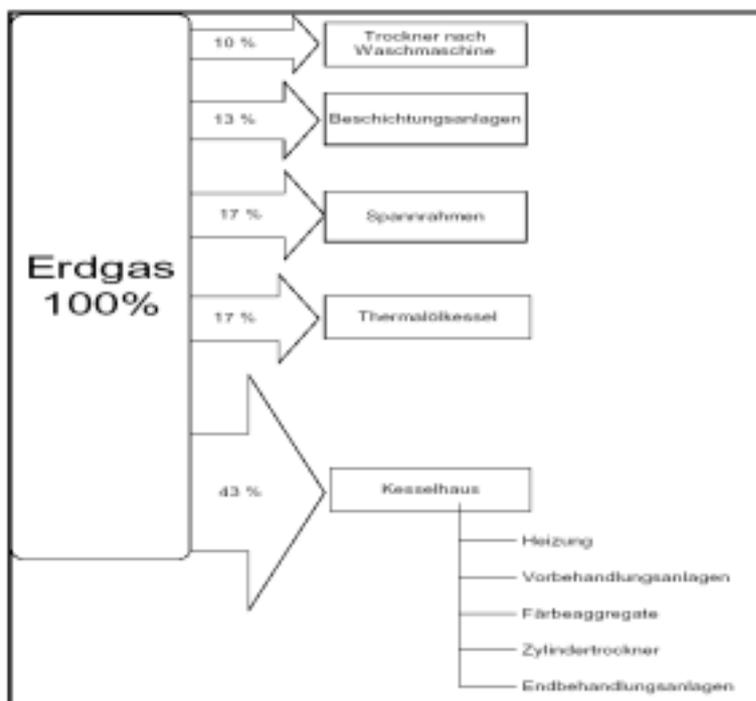


Abbildung 4.33: Aufteilung des Gasverbrauches bei der Fa. Kufner [Lit 4]

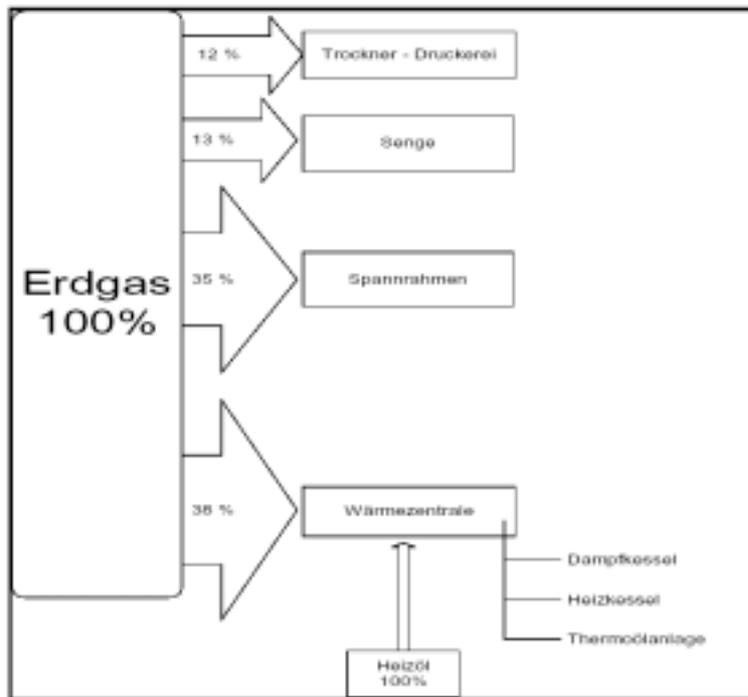


Abbildung 4.34: Aufteilung des Gasverbrauches bei der Fa. BTW [Lit 4]

4.4.4 Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs für die wichtigsten Prozesse

Wie sich der nachfolgenden Tabelle entnehmen lässt, ist der Wasser - und damit auch der Energieverbrauch – für nasse Prozesse in der Textilveredelung sehr unterschiedlich (das Verhältnis zwischen maximalem und minimalem spezifischen Verbrauch liegt oft im Bereich von 100 oder sogar darüber).

Auch Ergebnisse aus Fallstudien (z.B. PREPARE-Projekte in den Unternehmen Leichtfried GmbH&Co. KG (Möbersdorf/Stmk.), Kufner Textilwerke GmbH (Weißkirchen/Stmk.), Borkenstein AG (Neudau/B.)) deuten darauf hin, dass es selbst bei der Produktion gleicher Waren große Unterschiede im spezifischen Wasser- und Energieverbrauch gibt.

Tabelle 4.20: Wasserverbrauchszahlen für nasse Verfahren in der Textilveredelung aus UNEP / IE – United Nations Environment Programme / Industry and Environment (Technical Report Series): The Textile Industry and the Environment (Report No. 16). UNEP, 1993. ISBN 92-807-1367-1 [Lit 73]

Sub-category	Amounts of Water Typically Used in l/kg (gallons/pound) of Product Produced		
	Minimum	Median	Maximum
Wool Scouring	4.2 (0.5)	11.7 (1.4)	77.6 (9.3)
Wool Finishing	110.9 (13.3)	283.6 (34.1)	657.2 (78.9)
Dry Processing	0.8 (0.1)	9.2 (1.1)	140.1 (16.8)
Woven Fabric Finishing			
Simple Processing	12.5 (1.5)	78.4 (9.4)	275.2 (33.1)
Complex Processing	10.8 (1.3)	86.7 (10.4)	276.9 (33.2)
Complex Processing plus Desizing	5.0 (0.6)	113.4 (13.6)	507.9 (66.9)
Knit Fabric Finishing			
Simple Processing	8.3 (0.9)	135.9 (16.3)	392.8 (47.2)
Complex Processing	20.0 (2.4)	83.4 (10.0)	377.8 (45.2)
Hosiery Products	5.8 (0.7)	69.2 (8.3)	289.4 (34.8)
Carpet Finishing	8.3 (1.0)	46.7 (5.6)	162.6 (19.5)
Stock & Yarn Finishing	3.3 (0.4)	100.1 (12.0)	557.1 (66.9)

† Adapted from *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Textile Mills*, US EPA, October, 1979

Die große Vielfalt an Produktionsprozessen und die starken Unterschiede beim spezifischen Wasser- und Energieverbrauch machen Hochrechnungen für den Energieverbrauch in einzelnen Prozessen über die gesamte Branche unmöglich. Eine bessere Annäherung für realistische Werte erhält man von Rückschlüssen aus den Werten für den tatsächlichen Energieverbrauch der Textilindustrie.

4.4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Auf Grund der bereits oben erwähnten und dargestellten Vielzahl und Unterschiede der Produkte, Prozesse und Produktionsparameter wird der Endenergieverbrauch für diese Branche für eine Abschätzung des Solarpotenzials aus den statistischen Verbrauchsdaten der gesamten Branche abgeleitet.

Nach Abbildung 5.1: Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion beträgt der Endenergieverbrauch der Branchen Textilien und Bekleidung ca. 5,6 PJ für das Jahr 1998. Knapp über 3 PJ davon wurden für Nieder- und Mitteltemperaturanwendungen verbraucht, ca. 1 PJ für Raumheizung und Warmwasser, ca. 2 PJ zur Dampferzeugung für Bereitstellung von Prozesswärme (hauptsächlich Trocknung und Flottenerwärmung à Färbe-, Wasch- und andere nasse Veredelungsverfahren).

Da die Differenzierung der Produkte und Prozesse in der Textilindustrie sehr groß ist und außerdem Produktionszahlen nur in monetären Angaben vorliegen, muss für eine Grobabschätzung des Niedertemperaturanteiles und des Solarpotenziales auf Einzelwerte aus Fallstudien zurückgegriffen werden.

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass zwischen 20 und 60% des Energieeinsatzes für Prozesse benötigt wird, die unterhalb von 100°C betrieben werden. Berücksichtigt man noch Einsparungsmöglichkeiten durch Wärmerückgewinnung für Niedertemperaturwendungen, ergibt eine Grobabschätzung für das Potenzial für NT-Nutzwärme unter 100°C ca. 500 bis 1.000 TJ, von denen grob geschätzt ca. 25 bis 50% solarthermisch interessant sind.

Somit ergeben sich folgende Werte:

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C:	750 [TJ]
Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C:	350 [TJ]
Nutzwärme zwischen 150 und 250°C:	1.250 [TJ]

4.5 Herstellung von Kunststoffwaren - NACE 252

4.5.1 Produkte und deren Herstellung

Im Bereich der Kunststoffverarbeitung sind in Österreich mehr als 1000 Unternehmen mit annähernd 25.000 Beschäftigten tätig. 1999 wurden in diesen Betrieben 750.000 Tonnen Rohkunststoffe zu Kunststoffprodukten verarbeitet. Die wichtigsten in Österreich hergestellten Produkte sind: Verpackungsprodukte (Folien und Hohlkörper wie z.B. Fässer, Kanister, Flaschen, Dosen, Becher), technische Teile für den Automobilbau, den Maschinenbau und die Elektrotechnik sowie Rohre und Bauprodukte.

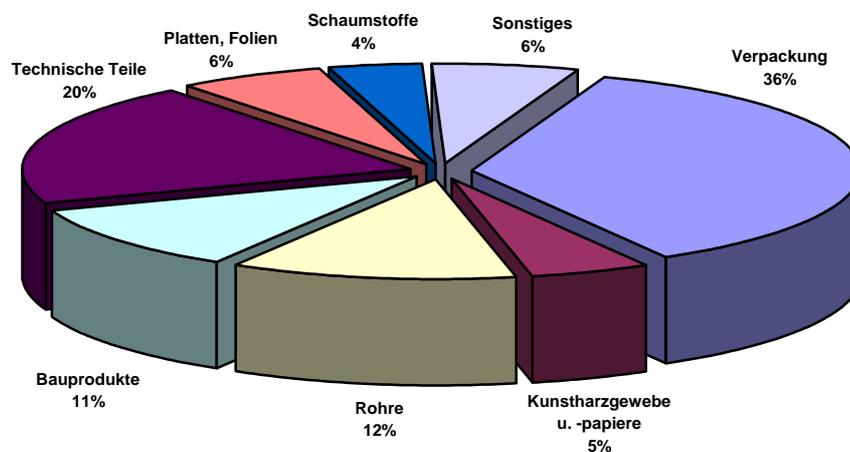


Abbildung 4.35: Kunststoffverarbeitung in Österreich (nach Angaben des Verbandes der chemischen Industrie Österreichs [Lit 39])

Nach Sorten und Einsatzgebieten kann man die österreichische Kunststoffverarbeitende Industrie wie in Tabelle 1 genau beschrieben aufteilen.

In nachfolgenden Tabellen, Abbildungen und auch im Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

HDPE:	High Density Polyethylen
LDPE:	Low Density Polyethylen
PP:	Polypropylen
PVC:	Polyvinylchlorid
PS:	Polystyrol
EPS:	Expanded Polystyrol
PET:	Polyethylenterphtalat
ABS:	Acrylnitril-Butadien-Styrolpropfpolymer
PUR:	Polyurethan

Tabelle 4.21: Einsatz nach Sorten und Bereichen in Österreich in Tonnen im Jahr 1995 nach Angaben aus Hutterer [Lit 32]

	KFZ [1000 t]	Elektro [1000 t]	Verpack. [1000 t]	Bau [1000 t]	Sonstiges [1000 t]	Gesamt [1000 t]
HDPE	2	2	54	15	18	91
LDPE	0	6	106	6	32	150
PP	20	11	36	6	28	101
PVC	8	15	3	113	12	151
PS	1	15	24	1	18	59
EPS	0	0	5	11	1	17
PET	2	3	10	0	2	17
ABS	7	10	0	0	6	23
andere Thermopl.	12	12	1	3	11	39
PUR	10	4	1	12	25	52
andere Duropl.	4	10	0	4	14	32
Gesamt	66	88	240	171	167	732

4.5.1.1 Rohstoffe

Die Rohstoffe der kunststoffverarbeitenden Industrie sind meist Granulate aus den so genannten Rohkunststoffen. In Österreich werden hauptsächlich 4 verschiedene Rohkunststoffe erzeugt: Polyethylen, Polypropylen, schäumbares Polystyrol und Polymethylmethacrylat (Acrylglas). Die restlichen Rohkunststoffe werden meist im Ausland zugekauft beziehungsweise in kleinen Mengen in den Unternehmen selbst synthetisiert.

4.5.2 Beschreibung und Energiebedarf der wichtigsten Prozesse im Temperaturbereich bis 250°C

In der Kunststoffverarbeitung unterscheidet man grundsätzlich zwischen Ur- und Umformen. Eine detaillierte Übersicht befindet sich in Abbildung 4.36. Als Urformen bezeichnet man Verfahren, bei denen das Werkstück direkt aus dem Rohstoff erstellt wird. Dies ist zum Beispiel bei allen Gusstechniken der Fall, wie bei Kunststoffen dem Spritzgießen. Von Umformen spricht man, wenn das Werkstück aus einem vorher erstellten Ausgangsmaterial, dem Halbzeug, durch äußere Krafteinwirkung hergestellt wird. Dazu zählt das Tiefziehen und Kalandrieren.

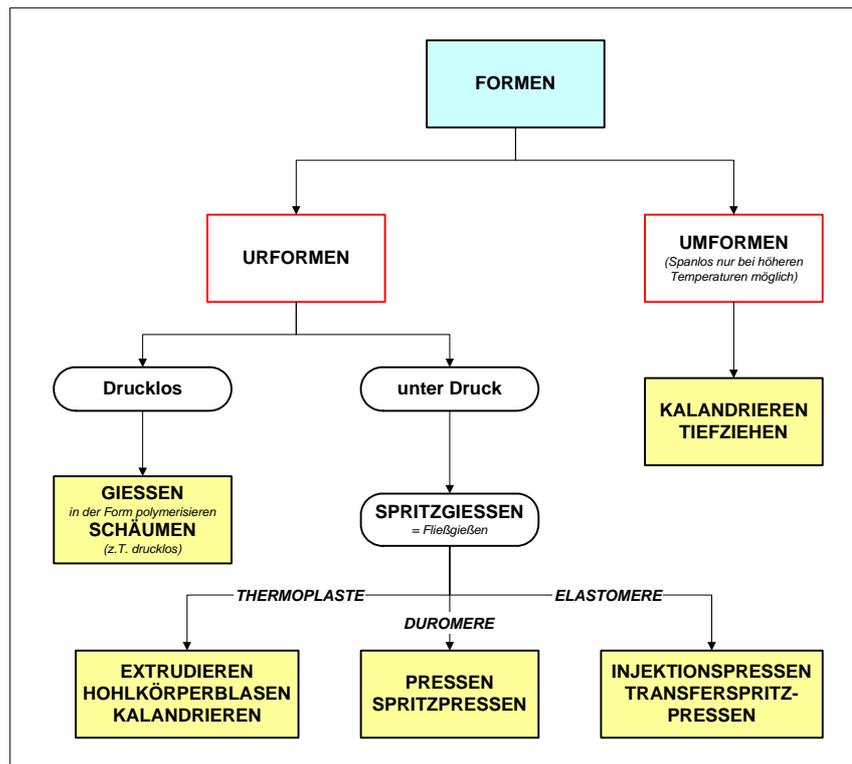


Abbildung 4.36: Verarbeitungsverfahren in der kunststoffverarbeitenden Industrie nach Angaben aus <http://www.bertha2bertha.de/pdf/fertig.pdf> [Lit 34]

4.5.2.1 Der Spritzguss

Keine andere Produktionstechnologie hat das aktuelle Alltags- und Industriedesign stärker geprägt, als die Spritzgusstechnik. Die beliebige Form- und Farbgestaltung, die definierbaren Materialeigenschaften und die rationelle Serienfertigung haben der Spritzgusstechnik ein ungeahnt breites Anwendungsgebiet erschlossen.

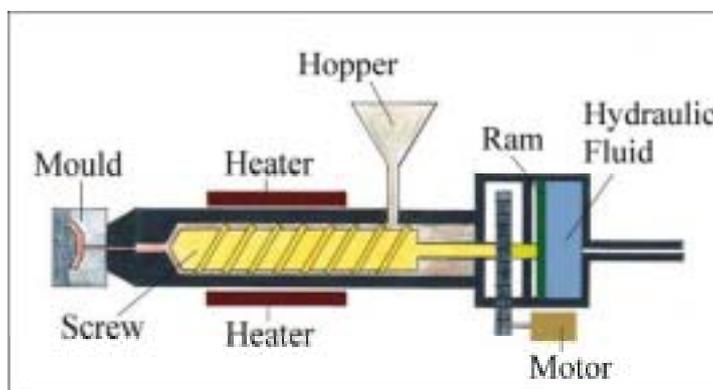
4.5.2.1.1 Funktionsweise

Kunststoffarten wie Plastomere und Duromere werden durch Spritzguss verarbeitet. Die Rohstoffgranulate werden zunächst einmal automatisch gemischt und den Trocknungstrichtern zugeführt. Dort werden sie mittels trockener Heißluft erwärmt und über ein Vakuumfördersystem zu den Spritzautomaten transportiert. Die Handlingroboter sorgen für den automatischen Wechsel der Werkzeuge und Plastifiziereinheiten, sowie für die sorgfältige Entnahme der Spritzgussteile.

4.5.2.1.2 Die Kunststoffspritzgussmaschine

Die Spritzgussmaschine besteht aus zwei Grundeinheiten: der Spritz- und der Schließeinheit. Die Spritzeinheit besteht aus einem beheizten Zylinder und einer Schnecke. Der Kunststoff, der in der Regel als Granulat verarbeitet wird, wird durch die Schnecke gefördert. Dabei schmilzt das Granulat durch die Wärme auf, die Schnecke bewegt sich nach hinten und baut an der Schneckenspitze ein Massepolster auf. Nach dem Ende der Förderung wird die Schnecke nach vorne geschoben und spritzt dabei das geschmolzene Material in das Werkzeug, welches sich in der Schließeinheit befindet, ein. Dabei beträgt der Druck 600 – 1.500 bar.

Die Schließeinheit besteht aus zwei Aufspannplatten, der beweglichen Schließseite und der feststehenden Düsenseite. Spritzgusswerkzeuge bestehen in der Regel aus zwei Hälften, die jeweils auf einer der Seiten befestigt werden. Die Schließseite wird auf die Düsenseite gefahren, wobei der Zuhaltedruck beim Einspritzen bei den größten Spritzgussmaschinen bis zu 4.000 Tonnen betragen kann. Nach Ablauf einer Abkühlphase öffnet sich das Werkzeug und das Formteil wird herausgenommen bzw. automatisch ausgestoßen. Werden kleinere Teile benötigt, spritzt man gleich mehrere. Die Formhohlräume sind durch Kanäle verbunden. Die Metallformen sind je nach Produkt austauschbar. Spritzgussmaschinen, wie sie heutzutage in dem meisten Unternehmen zu finden sind, können verschiedenfarbige Teile produzieren. Durch die Zugabe von Treibmitteln, wie z. B. Azodicarbonamid, Sulfohydraziden oder Natriumhydrogencarbonat zum Granulat oder Einblasen von Stickstoff erhält man Kunststoffteile, die innen porig sind und außen eine geschlossene, glatte Oberfläche besitzen. Aus diesem so genannten Strukturschaum werden z. B. Grundplatten oder Gehäuse gefertigt.



Mould...	Gussform
Screw...	Extruderschnecke
Heater...	Heizelement
Hopper...	Schüttgutbehälter

Abbildung 4.37: Kunststoffspritzgussmaschine aus <http://www.design-technology.org/injectiondrawing.JPG> [Lit 38]

4.5.2.1.3 Wärmebedarf

Wie in Abbildung 4.37 ersichtlich, wird die Förderschnecke beheizt, um eine entsprechende Temperatur des Kunststoffes zu erreichen. Diese Heizung erfolgt noch in vereinzelt Fällen über ein Öl als Wärmeträger, jedoch wird meist nur mehr mit elektrischem Strom beheizt, da es so wartungsfreier und baulich leichter zu realisieren ist. Die Gussform muss anschließend

schnell gekühlt werden, was einen erhöhten Energiebedarf auf der Kühlseite entspricht. Die notwendigen Temperaturen beim Spritzgießen zeigt Tabelle 4.22 an den Beispielen von HDPE, LDPE und PP.

Tabelle 4.22: Temperaturniveaus beim Spritzgießen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]

	LDPE	HDPE	PP
Massetemperatur [°C]	160 bis 260	200 bis 280	220 bis 270
Gussformtemperatur [°C]	30 bis 70	50 bis 70	40 bis 100

4.5.2.2 Das Tiefziehen

Beim Tiefziehen wird ein ebenes Werkstück durch Krafteinwirkung in Form gebracht. Man unterscheidet zwei Methoden: Tiefziehen als Pressung in die gewünschte Form durch Positiv- oder Negativform und als Vakuumverformung oder Vakuumtiefziehen, bei dem eine Folie oder dünne Platte durch Verwendung von Niederdruck einer Form angepasst wird. Um die Materialdicke konstant zu halten, muss auf eine ungehinderte Verteilung des Werkstoffes geachtet werden. Das Halbzeug wird auf Ziehtemperatur, das bedeutet mittels Heißluft oder Wärmestrahler auf eine Temperatur gebracht, bei der er seine mechanische Festigkeit verliert und an Duktilität gewinnt. In diesem Zustand ist er weich genug, um sich auch kleinsten Hohlräumen und Aussparungen anzupassen. Der Formvorgang selbst ist sehr einfach: der Rohling wird in die Maschine eingelegt. Er wird dabei zwischen Ziehstempel und Niederhalter eingespannt. Beim Schließen des Werkzeugs bewegt sich der Ziehring nach vorne und verformt die Kunststoffplatte zur Schale. Beim Vakuumverfahren wird nach der Erwärmung der Kunststoffplatte diese einem Vakuum ausgesetzt und dadurch zielgerecht gezogen, das heißt verformt.

Ist der Rohling erweicht, wird er erst durch einen leichten Überdruck gedehnt. Seine Oberfläche beult sich aus und wird so vergrößert. Gleichzeitig nimmt die Dicke der so gedehnten Platte ab. So wird der Rohling noch weicher und anschmiegsamer. Nach der Aufdehnung wird nun von einem Überdruck auf Unterdruck gewechselt. Eine Vakuumpumpe verformt die entstandene Kunststoffblase in die entgegengesetzte Richtung. Die Positivform wird nun in Stellung gebracht, und der weiche Kunststoff schmiegt sich an das aus Aluminium bestehende Werkzeug an. Damit ist der Ziehvorgang abgeschlossen. Die Positivform im Inneren des so entstandenen Kunststoffhohlkörpers wird durch Wasser oder Pressluft aktiv gekühlt. Dies beschleunigt den Abkühlvorgang und damit die Verfestigung des Werkstücks. Innerhalb kürzester Zeit kühlt es so ab, wobei zur Beschleunigung zusätzlich noch von außen Druckluft angeblasen wird. Um es nun vom Positivwerkzeug zu trennen und aus der Maschine zu entfernen wird ebenfalls mit Druckluft gearbeitet. Sie gelangt zwischen die Form und den neuen Plastikbehälter. Der steigende Druck befreit den neuen Hohlkörper aus seiner Lage. Abschließend muss das fertige Teil von seinem „Kragen“ befreit werden, der aufgrund der Einspannung des Kunststoffrohrlings übrig geblieben ist. Das überschüssige Material wird je nach Prozess und Größe der Formteile auf unterschiedliche Weise entfernt, z. B. durch ausstanzen der Formteile wie beim Joghurtbecher, oder bei großen Einzelstücken auch von Hand mittels einer elektrischen Schere.

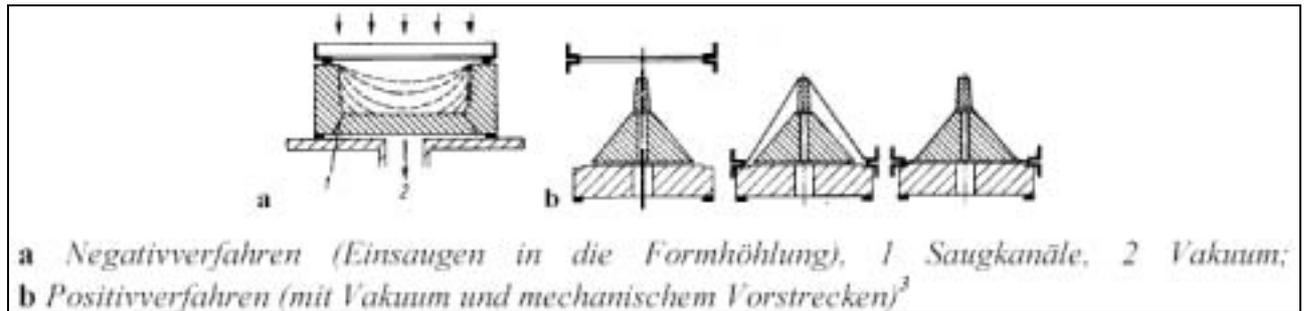


Abbildung 4.38: Beispiele für das Tiefziehen nach Angaben aus <http://www.bertha2bertha.de/pdf/fertig.pdf> [Lit 34]

4.5.2.2.1 Wärmebedarf

Dadurch, dass die Werkstücke erhitzt werden müssen, ist auch hier ein gewisser Wärmeeintrag notwendig, der über eine elektrische Widerstandsheizung erfolgt. Da die Kunststoffe in unterschiedlichen Temperaturfenstern erweichen, ist es hier schwierig Tabellen aufzustellen, da die jeweiligen Kunststoffe für spezielle Formungen unterschiedlich weich sein müssen. Anschließend müssen die Formen sehr schnell abgekühlt werden, was den Kühlbedarf erhöht.

4.5.2.3 Das Kalandrieren

(calender = rollen, mangeln, kalandrieren). Dieses Verfahren hat seine größte Bedeutung bei der Herstellung von Folien aus PVC und beschichteten Geweben. Kunststoffe wie z.B. Polyethylen, deren Schmelze zu dünnflüssig ist, können auf Kalandern nicht verarbeitet werden.

4.5.2.3.1 Wärmebedarf

In diesem Prozess wird nur elektrische Energie für den Antrieb des Kalanders benötigt. Wärme- und Kühlleistung wird hier nicht benötigt.

4.5.2.4 Das Extrudieren

In einem beheizten Zylinder dreht sich eine Schnecke, welche die Formmasse nach vorn fördert, verdichtet, plastifiziert, das heißt aufschmilzt, und homogenisiert. Am Ende des Schneckenzyklinders befindet sich das Werkzeug. Dieses gibt der plastisch austretenden Masse die gewünschte Form.

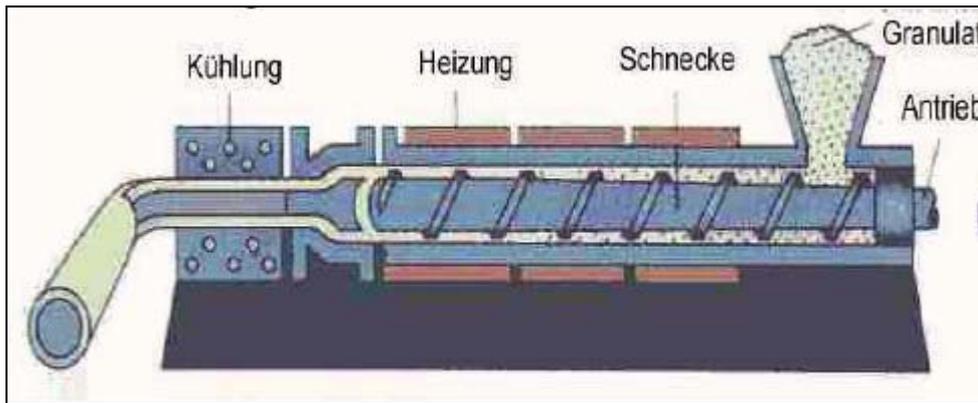


Abbildung 4.39: Symbolische Darstellung eines Extruders

4.5.2.4.1 Wärmebedarf

Von der gesamten elektrischen Leistung, die ein Extruder aufnimmt werden ca. 60% für den Antrieb eingesetzt, der zur Aufheizung des Granulates durch Reibungswärme dient. 30% werden zur direkten elektrischen Beheizung des Extruders eingesetzt, rund 4% werden für den Antrieb des Corrugators (Maschine zur Profilierung von Kunststoffrohr durch (gekühlte) Metallprofilbacken. Dieser Schritt erfolgt unmittelbar nach der Extrusion, bevor das Rohr ganz abgekühlt ist) benötigt. Die verbleibenden 6% speisen ein Niederdruck- Gebläse, mit dem das am Produkt nach der Sprühkühlung anhaftende Wasser abgeblasen wird. Die Heizung erfolgt elektrisch, um die Temperatur genau regeln zu können. Die benötigte Kühlung erfolgt durch Luft oder mittels Wasser-Sprühkühlung.

Tabelle 4.23: Temperaturniveaus beim Extrudieren nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]

	LDPE	HDPE	PP
Massetemperatur [°C]	150	180 bis 200	235
Werkzeugtemperatur [°C]	150	180 bis 200	235

4.5.2.5 Das Schäumen

Schaumkunststoffe bilden eine besondere Gruppe in der großen Familie der Schaumstoffe und werden durch verschiedenen Verfahren hergestellt: In die Grundmasse wird durch Rühren Luft eingebracht wie beim Eischnee oder Luft (Gas) eingeblasen wie bei der Konditorsahne. Oder es werden schon bei der Herstellung der Grundmasse chemische Treibmittel zugesetzt. Durch den Erstarrungsvorgang werden die Luftbläschen in der Gerüstsubstanz fixiert und verleihen so der Masse eine geringe Dichte.

4.5.2.6 Das Extrusionsblasformen und Folienblasen

Dieses Verfahren dient der Herstellung von Hohlkörpern aus Thermoplasten. Ein Extruder drückt einen fast plastischen Schlauch in ein zweiteiliges Hohlwerkzeug. Durch das Schließen des Werkzeugs wird der Schlauch oben und unten luftdicht abgequetscht. Eingeblassene Luft drückt ihn dann zur Abkühlung an die Innenwände.

Beim Folienblasen wird der extrudierte Kunststoffschlauch nicht in ein Werkzeug gedrückt sondern so stark mittels Druckluft aufgeblasen, bis eine sehr dünne Schicht entsteht. Dieser riesige Schlauch wird dann mantelseitig aufgeschnitten und ergibt so eine rechteckige Folie. Die folgenden Tabellen zeigen übliche Temperaturniveaus beim Hohlkörperblasen und Folienblasen.

Tabelle 4.24: Temperaturniveaus beim Hohlkörperblasen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]

	LDPE	HDPE	PP
Massetemperatur [°C]	140	160 bis 190	235
Werkzeugtemperatur [°C]	140	160 bis 190	235

Tabelle 4.25: Temperaturniveaus beim Folienblasen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]

	LDPE	HDPE	PP
Massetemperatur [°C]	140	180 bis 250	220 bis 240
Werkzeugtemperatur [°C]	140	180 bis 250	220 bis 240

4.5.2.7 Anwendungen

Tiefgezogene und im Spritzguss hergestellte Bauteile werden in vielen Bereichen verwendet. Eine kleine Übersicht darüber vermittelt die folgende Tabelle.

Tabelle 4.26: Übersicht - Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoffen

Duroplastische Kunststoffe		
PU	Polyurethan als Hartschaumstoff	Dämmplatten Isolation
PF	Phenolharze als Hartschaumstoff	Elektroisolierteile Dämmplatten
UP	Ungesättigte Polyesterharze	glasfaserverstärkte Tanks
EP	Epoxidharze	Beschichtungen Vergußmassen
Thermoplastische Kunststoffe		
LDPE HDPE	Polyethylene Hochdruckpolyethylen Niederdruckpolyethylen	Baufolien Abflussrohre
PP	Polypropylen	Rohrleitungen
PVC	Polyvinylchlorid	Fassadenplatten Fußböden Isolationsmaterial
PS	Polystyrol als Hartschaumstoff	Deckenraster Dämmplatten
ABS	Acrylnitril-Butadienstyrol	Rohre
PA	Polyamid	Dübel
PBTP	Polybutylenterephthalat	Schaltergehäuse

Quelle: <http://www.bera2bera.de/pdf/fertig.pdf> [Lit 34]

4.5.3 Wärmeezeugung und -verteilung

Die notwendige Wärme für die Kunststoffverarbeitung wird meist elektrisch erzeugt um eine genaue Temperaturverteilung im zu bearbeiteten Werkstoff zu gewährleisten.

4.5.3.1 Dampferzeugung

Dampf wird in der Kunststoffverarbeitenden Industrie nur bedingt benötigt. Meist wird Dampf nur eingesetzt um Rohre und Küchen- und Sanitärprodukte zu reinigen, und nicht um Prozesswärme bereitzustellen. Die Dampferzeugung erfolgt meist zentral in kleineren Kesseln.

4.5.3.2 Heißwassererzeugung

Ebenso wie Dampf wird Heißwasser zur Produktion selbst nicht benötigt. Einzig zur Raumheizung und im Sanitärbereich wird es benötigt. Wie in fast jedem Unternehmen gibt es hier eine zentrale Erzeugung, jedoch kommen auch dezentrale kleine Boiler zum Einsatz.

4.5.4 Möglichkeiten der Optimierung der Energieeffizienz

4.5.4.1 Branchenspezifische Merkmale der Energieverwendung

In der Kunststoffverarbeitenden Industrie gibt es ein weites Spektrum unterschiedlicher Betriebe. Die Gründe liegen u.a. in unterschiedlichen Betriebsgrößen, -Strukturen und Betriebszeiten (Schichtbetrieb), der im Betrieb vorhandenen Verarbeitungsstufen (Fertigungstiefe), Produktionsanlagen, Produktarten und verschiedenem Mechanisierungsgrad. Dadurch entsteht ein inhomogenes Bild der Energieverwendung in der Branche.

Dennoch gibt es eine Reihe gemeinsamer Merkmale, die eine allgemeine Gültigkeit besitzen: Allen Betrieben gemeinsam ist der Umformungsprozess aus Kunststoffgranulat, das zunächst zur Erzielung der Verformbarkeit erhitzt wird, meist durch elektrische Heizung und Reibungswärme in dem ebenfalls elektrisch oder hydraulisch angetriebenen Extruder. Durch diese Produktionsmaschinen wird der weitaus größte Anteil des Stromverbrauchs bedingt.

Im Anschluss an die Plastifizierung des Kunststoffes erfolgt die eigentliche Formgebung. Dabei wird vor allem mechanische Energie, Druckluft und Vakuum zur Umformung, Produktfixierung und teilweise zur Kühlung eingesetzt.

Während und nach der Umformung muss die im Kunststoff vorhandene Wärme wieder abgeführt werden. Dazu und zur Maschinenkühlung wird ein umfangreiches Kühlsystem mit Rückkühlung benötigt. Das benötigte Temperaturniveau liegt dabei häufig im Bereich knapp unter Raumtemperatur (z. B. zwischen 10°C und 20°C), wodurch sich eine Kühlung durch Außenluft anbietet sodass nur unterhalb der Außentemperatur ein energieaufwändigerer Kältemaschinenbetrieb notwendig wird. Bei sehr hohen inneren Wärmelasten müssen auch Produktionsräume gekühlt bzw. belüftet werden.

Je nach Anwendungsfall herrscht punktuell ein zusätzlicher Bedarf an Prozesswärme für produktspezifische Verfahren wie Granulattrocknung, Warmumformung, Aufschäumung und Oberflächenbehandlung (Reinigung, Sterilisation, Lackierung, Trocknung usw.). Die dazu eingesetzten Energieträger sind teils stark prozessspezifisch, teils kann die Prozesswärmeversorgung aber auch durch weit verbreitete übliche Verfahren erfolgen (Warmwasser- oder Dampfkessel, direktbefeuerte Lufterhitzer, usw.). Insbesondere bei großen Wärmeströmen ist die Abwärmenutzung hier eine sinnvolle Option, wenn an anderer Stelle ein Wärmebedarf besteht.

Der Raumwärmebedarf ist oft innerhalb des Betriebes räumlich sehr inhomogen, da in einigen Betriebsbereichen durch Produktionsanlagen hohe innere Wärmelasten anfallen, so dass hier nur wenig Heizbedarf besteht, manchmal sogar im Winter ein Wärmeüberschuss besteht. In anderen Bereichen ohne intensive Kunststoffproduktion besteht dagegen meist ein Bedarf an zusätzlicher Heizwärme.

Druckluft ist ein wichtiger Energieträger für sehr viele Produktionsanlagen; von besonderer Bedeutung sind hier die Blasformanlagen sowie Stützluftanwendungen. Da die Druckluft ein sehr kostenintensiver Energieträger ist, sollte daher der Erzeugung, Verteilung und Anwendung von Druckluft besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Es fallen teilweise erhebliche Abluftmengen an, die aus lokalen Maschinenabsaugungen oder Hallenabluftanlagen stammen und teils mit Schadstoffen aus der Kunststoffherstellung,

teils mit Produktionsabwärme belastet sind. Wenn im Betrieb in größerem Umfang lösemittelhaltige Stoffe eingesetzt werden, so ist oft eine Anlage zur Behandlung der belasteten Abluft erforderlich. Die Wärme aus einer thermischen Nachverbrennungsanlage (TNV) kann meist lokal verwendet werden, z. B. für die Erwärmung der Trockenluft einer Lackieranlage, aus der die Lösemittel stammen.

4.5.4.2 Prozessspezifische Ansatzpunkte zur Energieoptimierung

Auch bei der Maschinenkonstruktion und den Prozessparametern bieten sich Ansatzpunkte zur Energieeinsparung:

elektromotorischer statt hydraulischer Extruderantrieb: oft ist noch ein hydraulischer Antrieb der Extruderschnecke verbreitet. Durch den direkten Antrieb durch einen Elektromotor werden die Verluste im Hydrauliksystem vermieden, da hier der zusätzlicher Energieumwandelungsschritt entfällt

Materialvorwärmung des Granulates mit Extruderabwärme: dadurch muss im Extruder selbst weniger Wärmeenergie für die Aufheizung des Granulates aufgebracht werden.

Schneckenengeometrie: das geometrische Design der Extruderschnecke ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf den Energieeintrag in das Granulat und die Fördereigenschaften. Eine darauf hin optimierte Schneckenengeometrie kann daher zu Energieeffizienzsteigerungen führen.

Reduktion der Ausschussmenge: auch für die „Produktion“ der Ausschussmengen muss Energie aufgewendet werden, die mit dem Ausschussmaterial verworfen wird. Daher ist nicht nur vom materialwirtschaftlichen Standpunkt her eine Minimierung des Ausschusses anzustreben. Hier sind durch angepasste Betriebsweise z. B. beim An- und Abfahren der Anlage, oder bei der Gestaltung von Spritzgusswerkzeugen oft Verbesserungen möglich.

Wärmedämmung von Anlagenteilen: diese Maßnahme lässt sich verallgemeinern auf praktisch alle Anlagen, bei denen Wärmeverluste an Oberflächen auftreten. Je höher die Temperatur und je länger die jährliche Betriebsdauer, desto interessanter wird eine Wärmedämmung.

Extruderbeheizung mit Erdgas: aus regelungstechnischen Gründen wird die Beheizung des Extruders bisher elektrisch realisiert. Als wirtschaftlich und ökologisch attraktive Alternative befinden sich derzeit erdgasbefeuerte Ringheizelemente zur Extruderheizung in Erprobungsphase.

4.5.5 Prozesstechnische Hemmnisse für den Einsatz von Solarenergie in der Kunststoffindustrie – Abschätzung Solarpotenzial

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits ausführlich beschrieben, gibt es in der Kunststoffverarbeitenden Industrie ein äußerst geringes Potential Solarthermie einzusetzen. Der Hauptanteil an eingesetzter Energie wird durch Strom aufgebracht und kann nicht durch solarthermische Prozesswärme ersetzt werden.

Wie eine Fallstudie (Fa. Körner) gezeigt hat, kann es in einzelnen Fällen dennoch auf Grund besonderer Randbedingungen sinnvoll sein, solarthermische Prozesswärme einzusetzen. Deshalb wird das Potenzial dieser Branche in der Zusammenfassung mit einem geringen Wert ausgewiesen und nicht null gesetzt.

Weiters bestehen prozesstechnische Hemmnisse, die den Einsatz von Solarthermie nicht ermöglichen:

Der benötigte Temperaturbereich ist nur schwer bis gar nicht erreichbar (meist weit über 200°C).

Die apparatebaulichen Voraussetzungen sind meist nicht gegeben und nur mittels teurer und komplizierter Umbauten realisierbar.

4.5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie Ausnahmen (à Fallstudie Körner, Kapitel 7.3) zeigen, gibt es im Bereich der Kunststoffverarbeitung doch Möglichkeiten für den Einsatz von solarer Prozesswärme.

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C:	500 [TJ]
Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C:	50 [TJ]

4.6 Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips - NACE 266

4.6.1 Betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen

4.6.1.1 Betriebsstatistik

Die Betriebe der ÖNACE-Gruppe 266 (Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips) umfasst drei der wichtigsten Berufsgruppen des Fachverbandes Steine & Keramik. Zusammen machen sie ca. 40% des Gesamtumsatzes dieses Fachverbandes aus.

Bei den Betriebsgrößen dominieren kleine und mittlere Unternehmen, wie in der folgenden Tabelle zu erkennen ist. Die Zahlen in der ersten Spalte entsprechen den Mitarbeiterzahlen, die Einheit des Produktionswerts sind 1.000 Euro.

Tabelle 4.27: Verteilung der Betriebsgrößen nach Statistik Austria [Lit 67]

			<i>Unternehmen</i>	<i>Beschäftigte</i>	<i>Produktionswert</i>
1	-	4	96	200	59.984
5	-	9	48	352	71.716
10	-	19	44	662	133.560
20	-	49	71	2.088	321.012
50	-	99	30	2.105	312.039
100	-	249	18	3.087	520.475
250	-	499	7	2.485	323.395
<i>Summen</i>			313	10.979	1.742.181

4.6.1.2 Produktionsstatistik

Basis für die Berechnungen des Wärmebedarfs der einzelnen Produktlinien sind die Produktionszahlen aus dem Jahresbericht 2002 des Fachverbandes Stein & Keramik in der folgenden Tabelle.

Tabelle 4.28: Produktionsmengen verschiedener Produkte der Beton- und Fertigteilindustrie

Beton- und Fertigteilindustrie	4.053.677 to
Betondachsteine	279.212 to
Betondeckensteine	75.387 to
Betondeckenträger	18.568 to
Betondeckenplatten	730.983 to
Betonmauersteine	356.185 to

nach Angaben des FV Stein & Keramik [Lit 18]

4.6.1.3 Gesamtenergieverbrauch in der Betonindustrie

Wie leicht zu erkennen ist, ist der Sektor Glas, Steine Erde der drittgrößte Energieverbraucher. Allerdings geht ein Großteil der Energie in Hochtemperaturprozesse in Industrieöfen. Der relativ geringe Aufwand für Dampf- und Warmwassererzeugung scheint dennoch für Solarthermie einen interessanten Nischenmarkt darzustellen.

4.6.2 Rohstoffe

Beton ist ein formbarer Verbundstoff aus durch Bindemittel verklebten Gesteinskörnern, Spänen oder Fasern, allgemein als Zuschlag bezeichnet. Bei Zementbeton (im Unterschied zu Asphalt- oder Polymerbeton) ist das Bindemittel ein Gemisch aus Zement und Wasser – der so genannte Zementleim. An der Luft ebenso wie unter Wasser erhärtet dieser und verkittet dabei die Zuschlagskörner fest und dauerhaft miteinander. Zusatzstoffe beeinflussen sowohl die Verarbeitbarkeit (Frischbetoneigenschaften) als auch die physikalischen Eigenschaften des Endproduktes (Festbetoneigenschaften) – vor allem die Festigkeit.

Die Festigkeit ist vom Verhältnis zwischen Wasser und Zement abhängig, dieses Verhältnis ist der so genannte Wasserzementwert. Die Reaktion des Zements mit Wasser ist die Hydratation, zur vollständigen Hydratation benötigt man 40% der Zementmasse an Wasser, der ideale W/Z-Wert beträgt also 0,4.

Das Erstarren des Zementleims beginnt bei einer Temperatur von ca. 20°C nach etwa 1 bis 1,5 Stunden nach dem Mischen, nach maximal 12 Stunden ist dieser Prozess abgeschlossen und geht in die Erhärtung über. Diese verläuft unterschiedlich schnell und wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst: verwendete Zementsorte und Mahlfineinheit, Zuschlagstoffe, W/Z-Wert und Temperatur.

4.6.3 Sparten und Produkte der Beton- und Fertigteilindustrie

Die Beton- und Fertigteilindustrie stellt sowohl vom Umsatz als auch von der Anzahl der Beschäftigten die wichtigste Berufsgruppe des Fachverbandes Stein & Keramik dar. Innerhalb dieser Gruppe gibt es eine Vielzahl von Produkten:

4.6.3.1 Betondachsteine

Betondachsteine werden häufig für die Deckung von Steildächern eingesetzt. Betondachsteine werden hauptsächlich im alpinen Raum zur Dacheindeckung verwendet. Das Produkt wird auch als "Hartdeckung" bezeichnet.

Herstellung: Ausgangsstoff ist die Mischung von quarzhaltigem Sand, Zement (Portlandzement) und Wasser. Durch die Beimischung von Farbpigmenten (zumeist auf Eisenoxidbasis) sind verschiedenste Farbtöne möglich. Mit speziellen Fertigungsverfahren werden aus dem entstehenden "Beton-Mörtelteil" verschiedene Steinprofile geformt. Nach Verfestigung der so genannten "Formlinge" in Trocknungskammern bei ca. 60 ° C (ca. 8 Stunden lang) und einer ca. vierwöchigen Aushärtung an der Luft werden diese mit einer witterungsbeständigen Feuerglasur versehen. Der Energieaufwand bei der Herstellung eines Betondachsteines ist deutlich geringer als bei der Tondachziegelherstellung.

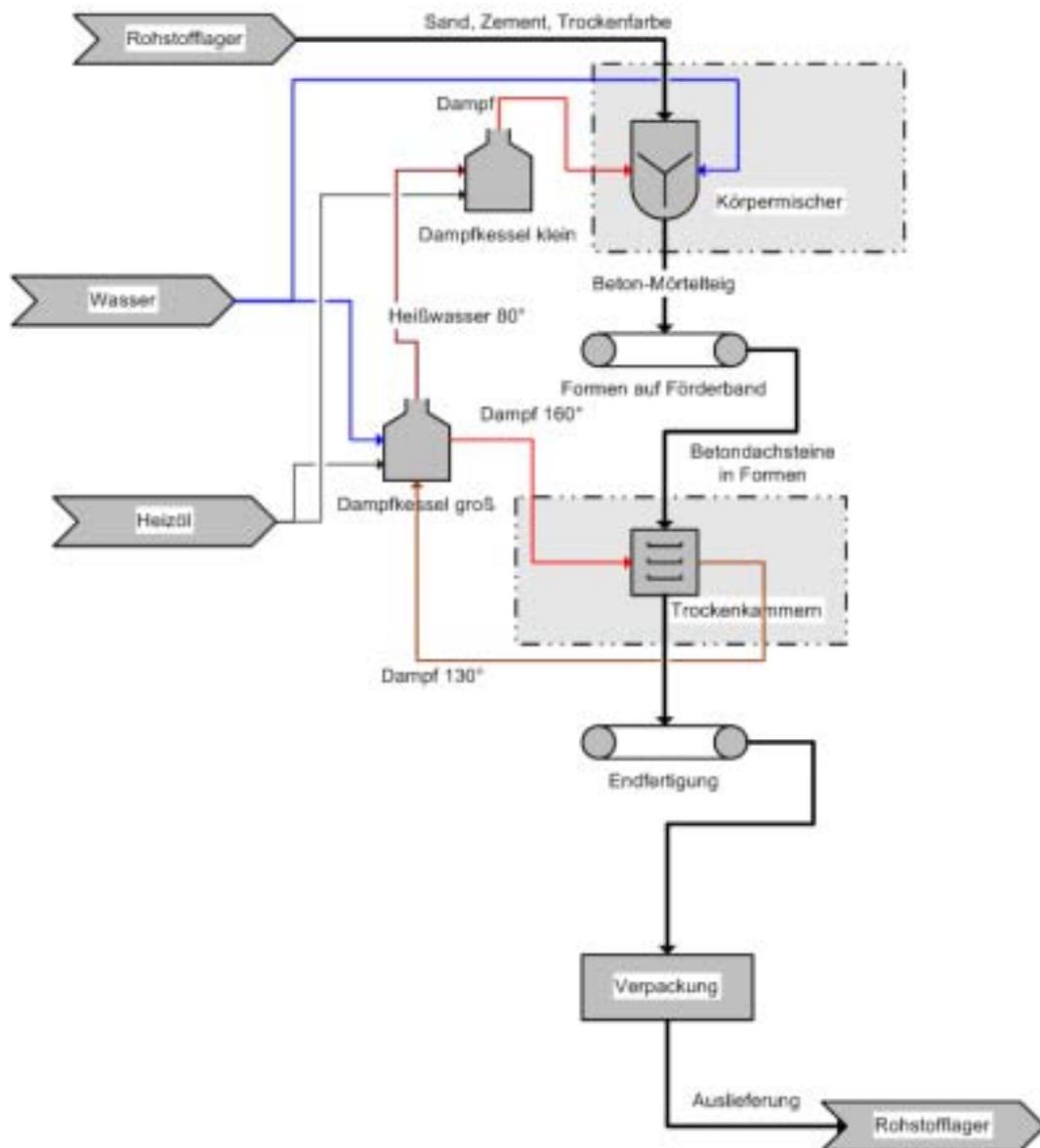


Abbildung 4.40: Beispielhaftes Produktionsschema für die Herstellung von Betondachsteinen

4.6.3.2 Schachtringe und andere Betonfertigteile

Fertigteile aus Beton werden fabrikmäßig in Betonwerken (Betonfertigteilwerken) hergestellt. Es gibt sie als bewehrte (mit Stahleinlagen) und unbewehrte Elemente. Nach der Lagerung und Kommissionierung werden Betonfertigteile auf die Baustelle geliefert und dort eingebaut (montiert).

Bauteile aus Betonfertigteilen sind z.B. Treppen, Treppenstufen, Betonfertigdecken, Betonstützen, Wandscheiben, Fassadenelemente, Fenster- und Türstürze, Betonplatten für die Wegegestaltung, Bordsteine und viele mehr.

Der Einsatz von Betonfertigteilen ist aufgrund der schnellen Montagezeit wirtschaftlich vor allem bei geplanten kurzen Bauzeiten und aufgrund ihrer möglichen Massenanfertigung bei Bauwerken mit sich wiederholenden gleichen Elementen (z.B. bei Fassadenelementen) sinnvoll.

4.6.4 Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs und des Temperaturniveaus für die wichtigsten Prozesse im Temperaturbereich bis ca. 150°C

Die Abschätzung der Werte für die Prozesstemperatur und für den spezifischen Energieverbrauch erfolgen einerseits durch Berechnung der theoretisch notwendigen Energiemengen und andererseits durch Kennwerte aus Fallstudien in Produktionsbetrieben und Literaturrecherchen.

4.6.4.1 Das Abmischen des Beton-Mörtelteils

Aus Sand, Zement, Farbpigmenten und Wasser wird nach verschiedenen Rezepturen eine Masse zur Weiterverarbeitung abgemischt. Neben Zusammensetzung und Wassergehalt ist vor allem die Endtemperatur der Mischung ein entscheidender Parameter für die Weiterarbeitbarkeit im Produktionsprozess und die Eigenschaften der fertigen Produkte.

In der Praxis wird mit Zugabe von Dampf, Warm- und Heißwasser die ideale Temperatur eingestellt. Diese liegt immer über einer Grenztemperatur von ca. 18 bis 20°C, unter welcher der Abbindevorgang in der Masse nicht ausreichend funktioniert. Für einige Produkte ist die ideale Temperatur höher, so beträgt diese z.B. für Betondachsteine ca. 35°C.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in den Sommermonaten kein Bedarf an Warmwasser für das Anmischen des Betonmörtelteils notwendig ist, sehr wohl aber während der Übergangsmonate und ganz speziell während der Wintermonate.

Viele Unternehmen der Beton- und Fertigteilindustrie sind KMUs, die nach den Bedürfnissen des Marktes – also der Bauindustrie - produzieren. Da es in diesem Markt während der Winterzeit nur relativ wenig Nachfrage gibt, wird oft auch die Produktion in den Werken der Beton- und Fertigteilindustrie stark reduziert, in manchen Fällen sogar komplett eingestellt. Vor allem während der Übergangszeit vom Winter zum Sommer gibt es eine besonders starke

Nachfrage aus der Bauwirtschaft und somit auch erforderliche maximale Produktionszahlen in den Betrieben der Betonbranche.

Die erforderlichen Wassermengen für die verschiedenen Produkte der Beton- und Fertigteilindustrie seien an Hand zweier Vertreter aus diesem Bereich charakterisiert. Zum einen wurde eine Betrieb untersucht, in dem Betonteile für Abwasserreinigungsanlagen gefertigt werden. Dort besteht eine Mischung von knapp 3 t aus ca. 2.400 kg Kies, 400 kg Zement und Wasser, der Massenanteil des Zements beträgt etwas über 13%.

In einem Werk, in dem Betondachsteine hergestellt werden, besteht eine Mischung von gut 2 t aus ca. 1.500 kg Sand, 430 kg Zement und Wasser, der Massenanteil des Zements beträgt ca. 21,5%.

Aus der Statistik des Fachverbandes [Lit 18] kennen wir die Gesamtjahresproduktion für die Beton- und Fertigteilindustrie, sie betrug 2001 ca. 4 Mio. t für Österreich. Für einen angenommenen durchschnittlichen Zementgehalt von 20% (800.000 t) und einen W/Z-Wert von 0,4 erhält man eine benötigte Wassermenge von 320.000 t bzw. m³ (das entspricht 8% der Betonmenge), die je nach Jahreszeit so warm zuzuführen ist, dass die Mischungstemperatur von Wasser, Zement und Zuschlag ca. 18 bis 20°C erreicht. Dieser Wasserbedarf ergibt sich als Gesamtmenge von vielen kleinen und mittleren Betrieben, die in den meisten Fällen je nach Nachfrage 1- oder 2-schichtig während 5 Wochentagen produzieren und die relativ gleichmäßig über ganz Österreich verteilt sind.

Für ein Gesamt-Bedarfsprofil müssen daher folgende weitere Annahmen getroffen werden: Der größte Wärmebedarf je kg Beton besteht in den Wintermonaten Dezember, Jänner und Februar, während in den Sommermonaten Juni, Juli und August kaum Wärmebedarf besteht. Da in den Wintermonaten aber nur sehr wenig produziert wird und sich das spezifische Bedarfsprofil genau entgegengesetzt dem solaren Angebot verhält, ist die Bereitstellung der benötigten Warmwassermengen vor allem in den Übergangszeiten von großer Bedeutung. In der folgenden Tabelle ist ein Modell für ein Branchenbedarfsprofil skizziert, das für einzelne Produkte bzw. Betriebe stark von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen kann.

Es wurden die Mischungstemperaturen berechnet unter der Annahme, dass die Temperatur des Warmwassers 60°C beträgt. Für diese Annahme wird auch in den Randmonaten März und November eine Mischungstemperatur von über 20°C erreicht, die Bedingung für die Erstarrungsphase ist. Die Mischungstemperatur für die Sommermonate beträgt knapp über 30°C, was aus betontechnologischer Sicht ein unbedenklicher Wert ist.

Will man umgekehrt jene Wassermengen berechnen, die zur Aufwärmung der Mischung bis auf 20°C notwendig sind, erhält man die Ergebnisse in der folgenden Tabelle. Der Wärmebedarf für das Anmischen des Betonmörtels für die gesamte Produktpalette für Österreich beträgt damit ca. 26 TJ pro Jahr.

Tabelle 4.29: Jahreswarmwasserbedarf für Beton- u. Fertigteilindustrie mit Mischtemperatur > 20°C

	Betonprod. [t]	Rohstoff-temp. [°C]	Rohstoffmenge mit Cp=0,8 kJ/kgK (Zement + Zuschlag) [t]	Wassermenge mit Cp=4,19 kJ/kgK [t]	angenommene Wassertemp. [°C]	errechnete Mischungs-temp. [°C]
Jänner	50.000	-5	46.000	4.000	60	15,34
Februar	50.000	0	46.000	4.000	60	18,78
März	500.000	5	460.000	40.000	60	22,21
April	600.000	10	552.000	48.000	60	25,65
Mai	550.000	15	506.000	44.000	60	29,08
Juni	500.000	18	460.000	40.000	60	31,14
Juli	500.000	20	460.000	40.000	60	32,52
August	400.000	18	368.000	32.000	60	31,14
September	300.000	15	276.000	24.000	60	29,08
Oktober	300.000	8	276.000	24.000	60	24,27
November	200.000	5	184.000	16.000	60	22,21
Dezember	50.000	0	46.000	4.000	60	18,78
Summen	4.000.000		3.680.000	320.000		

Die Tabelle gilt für die Annahme, dass mit Überschusswärme auf mehr als 20°C aufgeheizt wird (beschleunigt Abbinde- und Erhärtungsprozess)

Tabelle 4.30: Jahreswarmwasserbedarf für Beton- u. Fertigteilindustrie – Mischtemperatur 20°C

	Betonprod. [t]	Rohstoff-temp. [°C]	Rohstoffmenge mit Cp=0,8 kJ/kgK (Zement + Zuschlag) [t]	Wassermenge mit Cp=4,19 kJ/kgK [t]	angenommene Wassertemp. [°C]	errechnete Mischungs-temp. [°C]	Zieltemp. [20]	benötigte Warmwassermenge mit 60 °C
Jänner	50.000	-5	46.000	4.000	60	15,34	20	5.489
Februar	50.000	0	46.000	4.000	60	18,78	20	4.391
März	500.000	5	460.000	40.000	60	22,21	20	32.936
April	600.000	10	552.000	48.000	60	25,65	20	26.348
Mai	550.000	15	506.000	44.000	60	29,08	20	12.076
Juni	500.000	18	460.000	40.000	60	31,14	20	4.391
Juli	500.000	20	460.000	40.000	60	32,52	20	0
August	400.000	18	368.000	32.000	60	31,14	20	3.513
September	300.000	15	276.000	24.000	60	29,08	20	6.587
Oktober	300.000	8	276.000	24.000	60	24,27	20	15.809
November	200.000	5	184.000	16.000	60	22,21	20	13.174
Dezember	50.000	0	46.000	4.000	60	18,78	20	4.391
Summen	4.000.000		3.680.000	320.000				129.107

Die Werte in obiger Tabelle gelten für die Annahme, dass nur auf 20°C aufgeheizt wird. Das restliche Anmachwasser muss dann mit der Zieltemperatur zugeführt werden, was bei einer Frischwassertemperatur von 10 bis 15°C eine leichte Erhöhung der Werte in der letzten Spalte zur Folge hat.

4.6.4.2 Trocknen der Betondachsteine

Der Trocknungsprozess von Betondachsteinen ist sehr zeit- und energieaufwendig, um die Anforderungen der Betontechnologie erfüllen zu können. Der Prozess muss insgesamt lang-

sam durchgeführt werden, die Dauer bei der Trocknung beträgt ca. 8 Stunden, dabei wird der Feuchtegehalt der Dachsteine um ca. 4 bis 5% gesenkt.

Für die Prozessbedingungen Temperatur und Feuchtigkeit sind sehr enge Rahmenbedingungen vorgegeben. So sollte die Umgebungstemperatur und jene der Bausteine bei der Trocknung von Betondachsteinen 60°C nicht überschreiten und die Feuchtigkeit der Umgebung sollte idealerweise 100% betragen. Werden diese Werte nicht eingehalten, kommt es zu Rissbildungen und anderen Beeinträchtigungen der Bauteile.

Die Trocknung erfolgt in Trockenkammern, die mittels Hubstapler und Stahlkörben beladen werden. Über seitlich angebrachte mit Dampf durchströmte Lamellenheizkörper wird die Wärme zugeführt, es gibt keine Umluft- oder Ablufteinrichtungen. Die aus den Dachsteinen entweichende Feuchte führt rasch zu einer 100% gesättigten Atmosphäre während des Trocknungsprozesses, diese bietet die idealen Bedingungen (möglichst gleichmäßiges und langsames Absinken der Feuchte im Betondachstein) aus betontechnologischer Sicht.

Insgesamt wurden in Österreich im Jahr 2001 280.000 t Betondachsteine produziert. In einem untersuchten Werk betrug die durchschnittliche Jahresproduktion der letzten 3 Jahre 64.500 t, also ca. 23%. Rechnet man den Wärmebedarf für die Trocknung für die Gesamtproduktion in Österreich hoch, beträgt der jährliche Energiebedarf für die Trocknung ca. 24 TJ.

Die gewünschte Temperatur bei der Trocknung liegt zwischen 60 und 70°C, der Bedarf über das Jahr ist abgesehen von den Monaten Dezember und Jänner relativ gleichmäßig bei 2-schichtigem Betrieb an 5 Werktagen.

4.6.5 Energieerzeugung und –verteilung

4.6.5.1 Dampferzeugung

Trotz der geringen Zieltemperaturen für das Anmischen des Beton-Mörteltes ist es manchmal – z.B. bei der Produktion von Betondachsteinen - notwendig, für eine konstante Produktqualität Dampf für das Anwärmen der Rohstoffe einzusetzen, da durch die geringen Wassermengen nicht genügend Wärme eingebracht werden kann. Aus diesem Grund gibt es z.B. bei der Herstellung von Betondachsteinen auch einen Dampfkreislauf, der zusätzlich auch zur Beheizung der Trockenkammern eingesetzt wird.

4.6.5.1.1 Heißwassererzeugung

Falls kein Dampfsystem eingesetzt werden muss, wird Heißwasser für das Anmischen des Betonmörtels in kleinen gas- oder ölbetriebenen Wärmeerzeugungssystemen bereit.

4.6.5.2 Optimierungspotenzial beim Energieeinsatz

Eine Erhöhung der Energieeffizienz durch Abwärmenutzung erscheint nicht zweckführend. Die zugeführte Energie geht sowohl im Bereich der Dachsteintrocknung als auch in jenem des Anmischens des Betonmörteltes direkt ins Produkt und durch Abstrahlung an die umgebende Luft. Eine Übertragung der beispielsweise in den Dachsteinen gespeicherten Wärme für die Vorwärmung der Rohstoffe könnte nur mit großem Aufwand betrieben werden und rechnet sich nicht.

4.6.6 Prozesstechnische Hemmnisse für den Einsatz von Solar-energie in der Beton- und Fertigteilindustrie

Die Temperaturniveaus beim Anmischen des Betonmörtels aber auch beim Trocknen von z.B. Betondachsteinen sind prinzipiell sehr gut für den Einsatz von Solarthermie geeignet, d.h., sind durch Heißwasser erzeugt mit Solarkollektoren zu erreichen. Wärmerückgewinnung spielt in dieser Branche nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Überlegenswert scheint zu sein, ob nicht Alternativen zum Vorwärmen der Rohstoffe (beheizte Bunker!) das Einbringen der benötigten Wärmemengen mittels Dampf oder Warmwasser wirtschaftlich ersetzen könnten. Für Zieltemperaturen von 30°C (Anmischen) bzw. 60°C (Trocknung) erscheint das Betreiben eines Dampfkessels bzw. –netzes nicht effizient zu sein.

Der Prozesswärmebedarf in der Betonerzeugung und –verarbeitung ist jahreszeitlich stark schwankend, da diese Branche mit der Bauwirtschaft eng verknüpft ist. Hingegen gibt es kaum ausgeprägten Tages- bzw. Wochenprofile – abgesehen von Wochenendstillständen. Ein Problem beim Einsatz von Solarkollektoren in Betonerzeugungs- und Verarbeitungsbetrieben könnte die hohe Staubbelastung sein, die den Kollektorwirkungsgrad herabsetzt oder die Pflege- und damit Betriebskosten erhöht.

4.6.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Wärmebedarfswerte für das Anmischen des Betonmörtels und das Trocknen der Betondachsteine scheinen im Vergleich mit den Werten z.B. aus dem Lebensmittelsektor recht gering zu sein. Insbesondere ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in dieser Branche sehr interessant, sind doch viele alte Anlagen vorhanden und Modernisierungsschritte ohnehin notwendig.

Niedertemperaturnutzwärme bis ca. 150°C:	50 [TJ]
Solarpotenzial zur Abdeckung bis ca. 150°C:	5 [TJ]

5 Potenzialanalyse

Die Ermittlung des Gesamtpotenzials von solarthermisch generierter Wärme für Prozesse und die Beheizung bzw. Kühlung von Betriebsgebäuden in österreichischen Wirtschaftsbetrieben aus dem Bereich der Sachgüterproduktion unterliegt folgenden Randbedingungen:

Alle Angaben zum Endenergieverbrauch von Branchen beruhen auf statistischen Daten der NACE-2-Klassifizierung.

Diese statistischen Werte bestehen nur für die NACE-2-Klassifizierung, d.h., z.B. nur als Summe für den Gesamtbereich Nahrungs- und Genussmittel. Daten für einzelne Branchen der detaillierteren NACE-4-Klassifizierung (z.B. Milchverarbeitung, Schlachthäuser) sind nicht vorhanden bzw. nicht zugänglich.

5.1 Ausgangslage – Endenergieverbrauch im produzierenden Bereich für Österreich

Betrachtet man den Energiefluss für Österreich im Jahr 2000 [Lit 17] und insbesondere die Seite des Endenergieeinsatzes (insgesamt 940 PJ³), kann man erkennen, dass weit mehr als ein Drittel (37%) des Energieendverbrauches für Raumwärme und Warmwasserbereitung (inkl. Kochen und Klimatisierung) aufgebracht wird. Der Anteil der Prozesswärme wird mit 23% ausgewiesen. Beinahe zwei Drittel des Endenergieeinsatzes in Österreich erfolgen also für Heiz- und Kühlzwecke.

Der Anteil der Betriebe am Endenergieverbrauch lässt sich aus den Angaben der Literatur nicht ableiten, da auch in den Bereichen Mechanische Arbeit (z.B. stationäre Motoren in der Industrie), Raumheizung und Warmwasser, Fahrzeuge und Beleuchtung & EDV Anteile aus der Industrie stecken.

Eine Betrachtung der Wirtschaftszweige nach der NACE-2-Klassifikation wurde in der Nutzenergie-Analyse der Statistik Austria [Lit 68] durchgeführt. Für jeden Wirtschaftszweig wurde eine Aufstellung des Endenergieverbrauchs bezogen auf die eingesetzten Energieträger und die so genannten Nutzenergie-Kategorien Raumheizung & Klimaanlage, Dampferzeugung, Industrieöfen, Standmotoren, Kraftfahrzeuge, Beleuchtung und EDV sowie elektrochemische Zwecke erstellt. Eine grafische Darstellung dieser Aufstellung für die Klassen der Sachgüterproduktion ist der folgenden Abbildung zu entnehmen, die Zahlenwerte sind aus der nachfolgenden Tabelle entnommen.

³ 1 PJ = 1 Petajoule = 1 000 000 000 000 000 Joule = 277,8 GWh

Der Gesamtenergiebedarf der österreichischen Industrie betrug im Jahr 1998 demnach 264 PJ pro Jahr. Die Kategorien Raumheizung & Kühlung sowie Dampferzeugung entsprechen näherungsweise dem Niedertemperaturenergiebedarf, welcher ca. 85 PJ pro Jahr für die gesamte Industrie betrug.

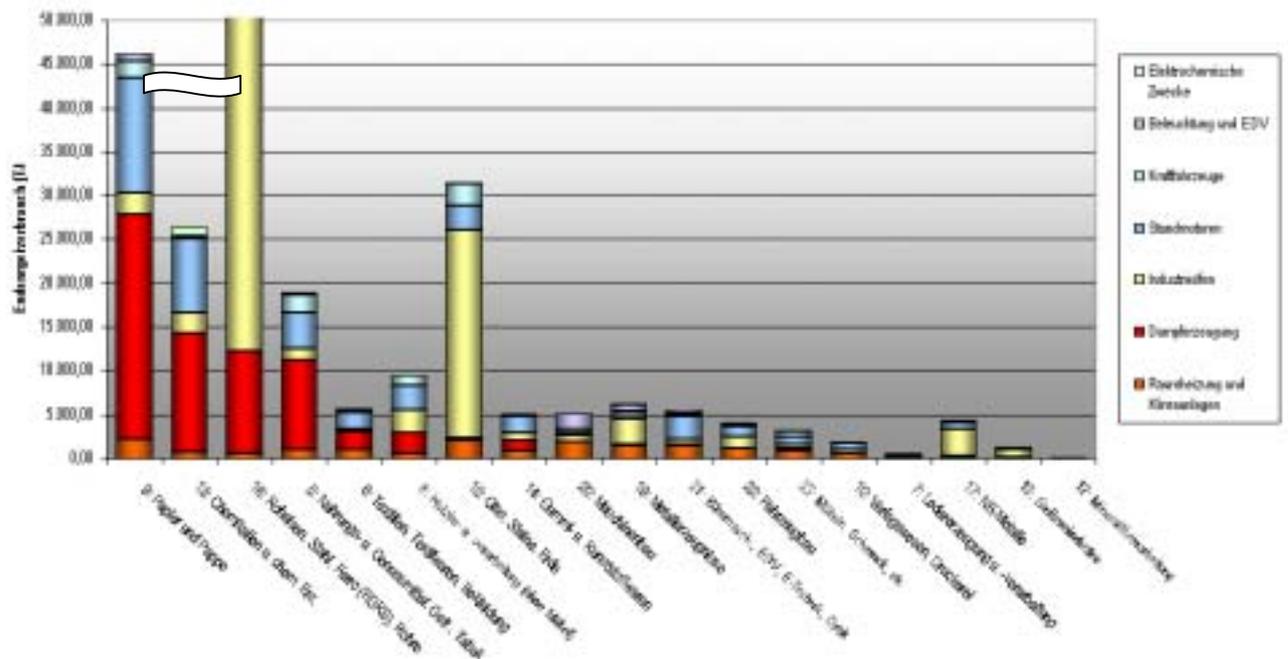


Abbildung 5.1: Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion

Tabelle 5.1: Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion

alle Angaben in TJ für das Jahr 1998								
NACE-Code und Bezeichnung der Branche	Raumheizung und Klimaanlage	Dampferzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Kraftfahrzeuge	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
21: Papier und Pappe	2.148,75	25.689,26	2.546,38	13.056,57	1.894,73	919,80	0,00	46.255,50
24: Chemikalien u. chem. Erz.	781,08	13.547,61	2.243,98	8.469,38	187,67	161,24	1.001,49	26.392,45
27: Roheisen, Stahl, Ferro (EGKS), Rohre	510,89	11.731,86	66.527,28	6.853,92	348,58	2.218,24	0,00	88.190,77
15: Nahrungs- u. Genussmittel, Getr., Tabak	958,00	10.241,01	1.344,11	4.108,50	1.947,93	397,14	1,32	18.998,01
17: Textilien, Textilwaren, Bekleidung	984,19	2.036,56	266,69	2.000,84	70,65	289,90	0,00	5.648,84
20: Holzbe- u. verarbeitung (ohne Möbel)	598,34	2.260,42	2.699,29	2.777,12	1.176,64	35,39	0,15	9.547,35
26: Glas, Steine, Erde	2.091,35	189,34	23.860,83	2.688,95	2.453,92	152,74	9,23	31.446,36
25: Gummi- u. Kunststoffwaren	905,93	1.139,61	925,04	1.809,87	191,40	113,36	0,00	5.085,22
29: Maschinenbau	1.955,12	6,95	632,08	381,79	435,21	1.680,19	0,26	5.091,60
28: Metallerzeugnisse	1.485,74	139,69	2.883,32	382,90	471,56	811,14	54,74	6.229,08
30: Büromasch., EDV, E-Technik, Optik	1.493,16	92,86	670,83	2.612,78	289,26	403,65	2,53	5.565,07
34: Fahrzeugbau	1.139,97	2,64	1.380,93	1.159,30	175,50	195,73	22,87	4.076,94
36: Möbeln, Schmuck, etc	903,34	195,93	560,64	816,04	544,51	175,56	0,00	3.196,02
22: Verlagswesen, Druckerei	516,29	31,55	404,55	791,36	88,51	123,58	0,00	1.955,83
19: Ledererzeugung u. -verarbeitung	102,63	207,71	15,30	103,39	22,23	87,40	0,00	538,66
274: NE-Metalle	211,70	49,35	3.038,09	718,27	51,56	64,18	205,09	4.338,23
275: Gießereiindustrie	178,44	0,00	841,90	337,76	9,83	15,97	0,00	1.383,90
232: Mineralölverarbeitung	1,64	10,52	0,00	91,06	17,91	2,30	0,00	123,42
Summe	16.967	67.573	110.841	49.160	10.378	7.848	1.298	264.063

Die obige Tabelle gibt den Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Verwendungszweck sortiert nach Niedertemperaturenergieverbrauch (Summe aus Dampferzeugung und Raumheizung & Klimaanlage) an. Abbildung 5.1 gibt den Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion aufgeteilt nach Verwendungszweck sortiert nach Niedertemperatur-

energieverbrauch (Summe aus Dampferzeugung und Raumheizung & Klimaanlage) für das Jahr 1998 (nach Statistik Austria [Lit 68])

Wie der Tabelle 5.1 zu entnehmen ist, würde in Abbildung 5.1 die Säule für die Eisen- und Stahlproduktion eigentlich doppelt so hoch sein, sie wurde aber aus Übersichtsgründen abgeschnitten. Tatsächlich beträgt der Gesamtenergieverbrauch in dieser Branche ca. 1/3 des gesamten industriellen Endenergieverbrauchs (88 TJ von 264 TJ).

Die Branchen sind nach Summe aus Dampferzeugung und Raumheizung & Klimaanlage angeordnet, da dieser Verwendungszweck näherungsweise den Nieder- und Mitteltemperaturprozessen entspricht. Eine entsprechende Auswahl der potenzialträchtigen Branchen ist in Kapitel 2 erfolgt (entspricht den fett gedruckten Branchen in der Tabelle).

Vernachlässigt man die Branchen mit großen Abwärmemengen und Hochtemperaturprozessen (Eisen- und Stahlerzeugung, Papier & Pappe, Holzbe- und -verarbeitung, Metallerzeugung & -verarbeitung, Glas, Steine & Erde und den Maschinenbau) und die Branchen mit geringem Endenergieverbrauch für Niedertemperaturanwendungen, ergibt das für die verbleibenden Branchen

Nahrungs- u. Genussmittel, Getränke

Textilien

Chemikalien / chemische Erzeugnisse

Gummi- und Kunststoffherstellung und -verarbeitung

Einzelne Verfahren anderer Industriezweige, wie z.B.

Oberflächenbehandlungen im Metallbereich

Wasch- und Reinigungsprozesse

Mischen von Rohstoffen und Trocknung bei der Betonteileherstellung

einen primären Niedertemperaturenergiebedarf ca. 26 PJ für Dampferzeugung, die im eigentlichen Sinn als Prozesswärme zum Einsatz kommt. Für Raumheizung und Klimaanlage werden ca. 11 PJ pro Jahr in jenen Branchen der österreichischen Industrie, welche keine Hochtemperaturprozesse betreiben, benötigt. In Summe sind das ca. 37 PJ an Niedertemperaturenergiebedarf in den Branchen, die für eine solarthermische Wärmebereitstellung prinzipiell geeignet sind.

5.2 Solarthermisches Potenzial für Industrie und Gewerbe Österreichs

Im Folgenden wird das Potenzial für solare Prozesswärme und Beheizung bzw. Kühlung von Betriebsgebäuden ausgehend von den zur Verfügung stehenden Daten der Statistik Austria [Lit 68] sowie den Branchenbetrachtungen lt. Kapitel 2 wiedergegeben. In weiterer Folge werden aus dem ermittelten Energiebedarf, der solar gedeckt werden kann, die notwendigen Kollektorflächen für kurzfristige und mittelfristige Umsetzung, die eingesparten Öläquivalente sowie die damit mögliche Reduktion des CO₂-Ausstoßes angegeben.

Kurzfristiges Potenzial

Tabelle 5.2 gibt den Wärmeenergiebedarf der untersuchten Branchen (fett gedruckt) für Prozesswärme und auch für Raumwärme- und Kühlung wieder. Aufgrund der Ergebnisse der Branchenbetrachtungen ergibt sich in Folge der Anteil von Niedertemperaturnutzwärme bis 100°C von 10 PJ pro Jahr.

Tabelle 5.2: Niedertemperatur Wärmebedarf bis 100°C – Zahlenangaben in TJ

NACE-Code Bezeichnung	Auswertung Statistik Austria				Ergebnisse Promise		
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Gesamt	Summe NT-Wärme	NT-Nutzwärme (bis 100 °C) berechnet	Potenzial Solare Prozesswärme	Potenzial Solare Hallenheizung
15 Nahrungs- u. Genussmittel, Getr., Tabak	958	10.241	18.998	11.199			958
151 Schlachthäuser und Fleischverarbeitung***					3.240	2.000	
155 Milchverarbeitung					500	100	
1596 Herstellung von Bier					1.570	50	
17 Textilien, Textilwaren, Bekleidung ****	984	2.037	5.649	3.021	750	350	984
24 Chemikalien u. chem. Erz.	781	13.548	26.392	14.329	1.500	500	781
25 Gummi- u. Kunststoffwaren	906	1.140	5.085	2.046			906
252 Herstellung von Kunststoffwaren					500	50	
26 Glas, Steine, Erde	2.091	189	31.446	2.281			
266 Herstellung von Betonergebnissen*****					50	5	
28 Metallerzeugnisse	1.486	140	6.229	1.625			
285 Oberflächenveredelung*****					100	50	
andere (Nischen)Branchen und Prozesse**					2.000	1.000	
29: Maschinenbau	1.955	7	5.092	1.962			1.955
28: Metallerzeugnisse	1.486	140	6.229	1.625			1.486
30: Büromasch., EDV, E-Technik, Optik	1.493	93	5.565	1.586			1.493
34: Fahrzeugbau	1.140	3	4.077	1.143			1.140
36: Möbeln, Schmuck, etc	903	196	3.196	1.099			903
22: Verlagswesen, Druckerei	516	32	1.956	548			516
19: Ledererzeugung u. -verarbeitung	103	208					103
<i>Restliche nicht betrachtete Branchen</i>	2.164	39.602	144.149	42.076			
D Summe Sachgütererzeugung	16.967	67.573	264.063	84.539	10.210	4.105	11.225

Das Potenzial für die solare Beheizung und Kühlung von Betriebsgebäuden wird mit dem Gesamtbedarf für die gelisteten Branchen angegeben und beträgt ca. 11 PJ pro Jahr.

Dieser Energiebedarf wird zu ca. 15% durch Biomasse [Lit 57] gedeckt, weshalb ein Ersatz dieses Anteils als nicht sinnvoll erachtet wird. Der fossil gedeckte Anteil des Raumwärmebedarfs beträgt 9,4 PJ pro Jahr und jener für Prozesswärme 8,5 PJ pro Jahr. Aufgrund der betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen und möglichen Steigerungen der Energieeffizienz werden 60% des Potenzial kurz- und mittelfristig nicht erschließbar sein.

Damit stehen vom Prozesswärmebedarf der betrachteten Industriesparten 40% bzw. 3,4 PJ pro Jahr als solarthermisches Potenzial zur Verfügung.

In Summe werden somit ca. 13 PJ pro Jahr für Prozesswärme und Raumheizung nachgefragt. Bei Unterstellung der vollen Verfügbarkeit von Dach- bzw. Freiflächen und solaren Deckungsgraden von 40% für die Prozesswärmegenerierung und 20% für die Raumheizung ergibt sich ein möglicher solar gedeckter Wärmebedarf von **3,3 PJ pro Jahr**. Dieser Bedarf kann mit kostengünstigen Flachkollektoren, die eine ausgereifte Technologie darstellen, zur Verfügung gestellt werden. Zur Deckung dieses Energiebedarfs ist unter Annahme eines spezifischen Kollektorsertrages von 350 kWh/m².a eine Kollektorfläche von ca. **2.600.000 m²** nötig.

Mittelfristiges Potenzial

Betrachtet man darüber hinausgehend den Wärmebedarf bis ca. 250°C, so erhöht sich das Potenzial. Als Basis steht dann in den Branchen, die für eine solarthermische Wärmeversorgung geeignet sind, ein Bedarf von 26 PJ pro Jahr an Prozesswärme und wiederum 11 PJ pro Jahr für die Raumwärme und Kühlung zur Verfügung, in Summe also 37 PJ. Der fossile Anteil wird wieder mit 85% angenommen, womit der für Solaranlagen zur Verfügung stehende Wärmebedarf für die Raumheizung ca. 9,4 PJ pro Jahr und für Prozesswärme ca. 22 PJ pro Jahr beträgt. Der Prozesswärmebedarf reduziert sich aufgrund der schon oben angesprochenen Rahmenbedingungen um 60%, was ein restliches Potenzial von 9 PJ pro Jahr ergibt. In Summe stehen somit 18,4 PJ pro Jahr einer solarthermischen Erschließung offen.

Bei Annahme gleicher solarer Deckungsgrade wie oben können in Summe **5,4 PJ pro Jahr** durch Solaranlagen generiert werden. Kollektoren für diese Anwendungen sind wiederum Flachkollektoren, aber auch Vakuumröhrenkollektoren und Kollektoren mit Konzentratoren für die höheren Temperaturbereiche über 100°C.

Bei gleichen Randbedingungen wie oben ist mittelfristig eine Kollektorfläche von **4.300.000 m²** nötig.

Die detaillierten Daten zur Ermittlung der Potenziale können nachfolgend der Tabelle 5.3 bzw. der Abbildung 5.2 entnommen werden.

Tabelle 5.3: Ermittlung des solarthermischen Potenzials

alle Angaben in Tj für das Jahr 1997	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Industrie-öfen	Stand-motoren	Kraftfahr-zeuge	Beleuchtung und EDV	Elektro-chemische Zwecke	Gesamt
NACE-Code und Bezeichnung der Branche								
21: Papier und Pappe	2.148,75	25.689,26	2.546,38	13.056,57	1.894,73	919,80	0,00	46.255,50
24: Chemikalien u. chem. Erz.	781,08	13.547,61	2.243,98	8.469,38	187,67	161,24	1.001,49	26.392,45
27: Roheisen, Stahl, Ferro (EGKS), Rohre	510,89	11.731,86	66.527,28	6.853,92	348,58	2.218,24	0,00	88.190,77
15: Nahrungs- u. Genussmittel, Getr., Tabak	958,00	10.241,01	1.344,11	4.108,50	1.947,93	397,14	1,32	18.998,01
17: Textilien, Textilwaren, Bekleidung	984,19	2.036,56	266,69	2.000,84	70,65	289,90	0,00	5.648,84
20: Holzbe- u. verarbeitung (ohne Möbel)	598,34	2.260,42	2.699,29	2.777,12	1.176,64	35,39	0,15	9.547,35
26: Glas, Steine, Erde	2.091,35	189,34	23.860,83	2.688,95	2.453,92	152,74	9,23	31.446,36
25: Gummi- u. Kunststoffwaren	905,93	1.139,61	925,04	1.809,87	191,40	113,36	0,00	5.085,22
29: Maschinenbau	1.955,12	6,95	632,08	381,79	435,21	1.680,19	0,26	5.091,60
28: Metallzeugnisse	1.485,74	139,69	2.893,32	382,90	471,56	811,14	54,74	6.229,08
30: Büromasch., EDV, E-Technik, Optik	1.493,16	92,86	670,83	2.612,78	289,26	403,65	2,53	5.565,07
34: Fahrzeugbau	1.139,97	2,64	1.380,93	1.159,30	175,50	195,73	22,87	4.076,94
36: Möbeln, Schmuck, etc	903,34	195,93	560,64	816,04	544,51	175,56	0,00	3.196,02
22: Verlagswesen, Druckerei	516,29	31,55	404,55	791,36	88,51	123,58	0,00	1.955,83
19: Ledererzeugung u. -verarbeitung	102,63	207,71	15,30	103,39	22,23	87,40	0,00	538,66
274: NE-Metalle	211,70	49,35	3.038,09	718,27	51,56	64,18	205,09	4.338,23
275: Gießereiindustrie	178,44	0,00	841,90	337,76	9,83	15,97	0,00	1.383,90
232: Mineralverarbeitung	1,64	10,52	0,00	91,06	17,91	2,30	0,00	123,42
Summe	16.967	67.573	110.841	49.160	10.378	7.848	1.298	264.063
			Summe		fossiler Anteil 85%			Anteil Ind. ges.
NT Energiebedarf O gesamt (Raumheizung, Klima, Dampferzeugung)	16.967	67.573	84.539	71.859	32%			
			23.483.185,348	19.960.707,546				
NT Energie - Prozesswärme und Raumheizung möglicher Branchen	11.225	25.825	37.051	31.493	14%			
		7.173.666,086	10.291.847,012	8.748.069,961				
NT Energie - Solarthermisches Potenzial bei WRG von 60%	11.225	10.330	21.556	18.322	8%			
		2.869.466,434	5.987.647,361	5.089.500,257				
NT Energie - soltherm. gedeckter Bedarf (RH&K: 20% SD; PW: 40% SD)	2.245	4.132	6.377	5.421	2%			
		1.147.766,574	1.771.422,759	1.505.709,345				
NT Energie bis 100°C - soltherm. gedeckter Bedarf (RH&K: 20% SD; PW: 40% SD)	2.245	1.642	3.887	3.304	1%			
		458.111,338	1.079.747,524	917.785,595				

Solarthermisches Potenzial für Österreichs Industrie und Gewerbe

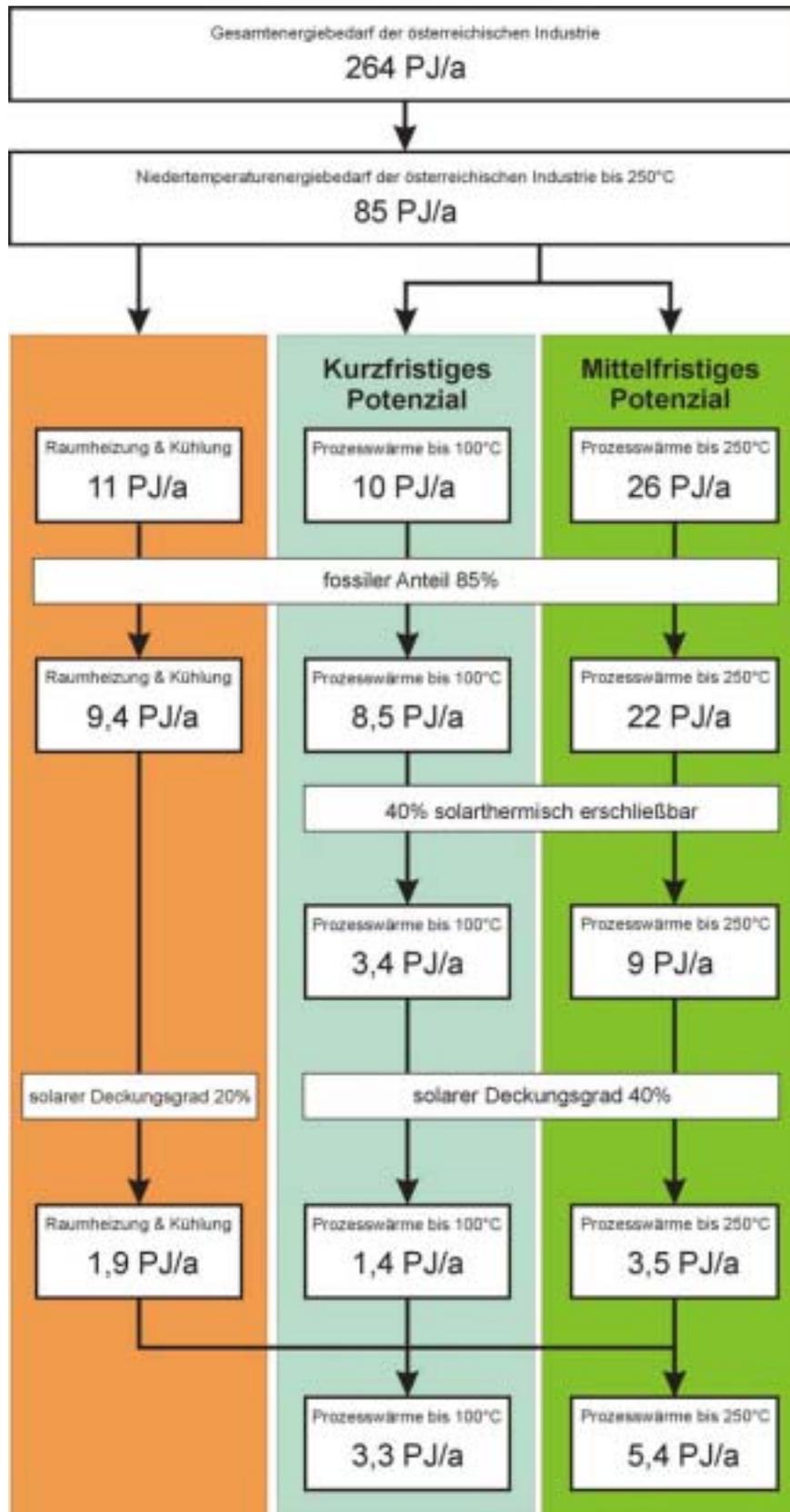


Abbildung 5.2: Ableitung des solarthermischen Potenzials für Österreichs Industrie und Gewerbe

Zusammenfassung

In der Tabelle 5.4 werden die solarthermischen Potenziale wie oben ermittelt, die dafür notwendigen Kollektorflächen, die sich ergebenden Einsparungen als Öläquivalente sowie die CO₂ – Reduktion angegeben.

Tabelle 5.4: Zusammenfassung der Potenziale

	Kurzfristiges Potenzial bis 100°C	Mittelfristiges Potenzial bis 250°C
Wärmebedarf Industrie & Gewerbe [PJ/Jahr]	21,0	37,0
Solarthermisch deckbarer Anteil [PJ/Jahr]	3,3	5,4
Eingesparte Öläquivalente [Liter/Jahr]	146.600.000	240.600.000
Eingesparte CO ₂ – Emission [t/Jahr]	400.000	656.000
Nötige Kollektorfläche [m ²]	2.600.000	4.300.000

Die Berechnung der eingesparten Öläquivalente sowie der Reduktion an CO₂-Emissionen pro Jahr erfolgte entsprechend der IEA – SHC Kollektor Statistik [Lit 23].

Kurzfristig – also mit zur Verfügung stehender Solartechnologie – könnte somit ein Anteil von 1% des gesamten österreichischen Energiebedarfs der Industrie gedeckt werden, mittelfristig – Weiterentwicklung von Kollektoren und Systemen vorausgesetzt – beträgt der Anteil 2%.

5.3 Ergebnisse aus Recherchen im internationalen Bereich – Vergleich mit Untersuchungen in anderen Staaten

Ähnliche Potenzialeinschätzungen findet man unter anderen für Spanien und Portugal (Schweiger, et. al., Lit 65), für die Schweiz (Huerdes, Lit 47) oder für Großbritannien (Lewis, Lit 52).

Gemeinsam ist allen Untersuchungen, dass sie vom Energieverbrauch der verschiedenen Branchen ausgehen. Die Berücksichtigung der Temperaturniveaus wird zwar teilweise in Übersichtstabellen angegeben (welche einzelnen Prozesse spielen sich auf welchen Niveaus ab), aber ein Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Temperaturniveau ist selten vorhanden.

Abgeleitet von den Daten aus den oben erwähnten und in Kapitel 2 beschriebenen Studien (Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.3.3) zeigt die Abbildung 5.3 eine Gegenüberstellung des Gesamtenergiebedarfs der Industrie verschiedener Länder, den Niedertemperaturanteil dieses Bedarfs und das jeweilige mittelfristig nutzbare Potenzial für solarthermische Anlagen.

Auffallend ist dabei, dass Österreich zwar über einen großen Wärmebedarf im niederen Temperaturbereich verfügt, dabei aber ein kleineres solarthermisches Potenzial im Vergleich zu Spanien oder Portugal. Es ist aber zu beachten, dass in den Studien der anderen Länder auch Branchen wie die Papierindustrie berücksichtigt wurden, die einen großen Wärmebedarf aufweisen. Für die vorliegende Studie wurden diese Branchen aufgrund der hohen Energiedichten, die von den entsprechenden Prozessen gefordert werden, ausgeschlossen.

Der Anteil an Einsparungen aufgrund von möglichen Energieeffizienzsteigerungen geht aus den Studien ebenfalls nicht eindeutig hervor und könnte das solare Potenzial der anderen Länder auch reduzieren.

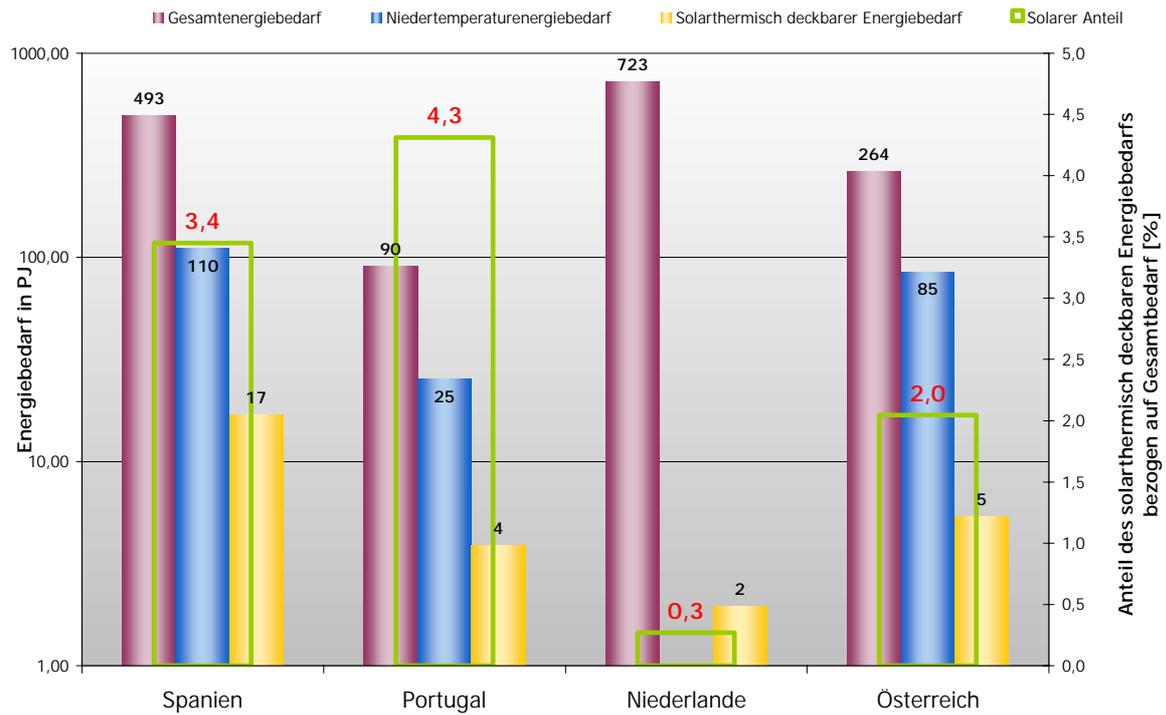


Abbildung 5.3: Energiebedarf der Industrie verschiedener Länder⁴ und mittelfristig nutzbares solarthermisches Potenzial

⁴ Anmerkung zu Abbildung 2.4: der Niedertemperaturenergiebedarf der Industrie der Niederlande wurde in der Studie nicht explizit genannt.

6 Dokumentation bestehender Anlagen

In diesem Kapitel werden Anlagen dargestellt, die für industrielle Anwendungen in Betrieb waren bzw. in Betrieb sind. Es wird zuerst ein Überblick über die installierten Anlagen in Österreich bzw. Europa sowie die zeitliche Entwicklung des Einsatzes der verschiedenen Kollektortechnologien gegeben. Im Tabellenteil sind alle Anlagen zuerst im Überblick und in weiterer Folge mit steigendem Detaillierungsgrad nach Ländern dokumentiert. Abschließend zeigt ein Datenblatt pro Anlage die wesentlichen Kennzahlen des solarthermisch unterstützten Prozesses und die Anlagendaten, soweit diese bekannt sind.

Aus Literaturdaten und Informationen von Unternehmen konnten in Europa insgesamt 68 Anlagen dokumentiert werden, wovon 36 für die Erzeugung von Prozesswärme und 32 für die Heizungsunterstützung von Produktions- oder Lagerhallen eingesetzt werden. Einige der Anlagen laufen in einem kombinierten Betrieb, d.h. sie unterstützen die Hallenheizung und produzieren Warmwasser. Außerhalb Europas konnten 3 Anlagen zur Generierung von Prozesswärme und zwei Anlagen für die Hallenheizung in Industriebetrieben dokumentiert werden.

Es ist dabei darauf hinzuweisen, dass möglicherweise weitere Anlagen errichtet aber nicht dokumentiert sind und daher der Recherche nicht zugänglich waren.

Im weiteren Verlauf werden die folgenden Abkürzungen für die verschiedenen Kollektortypen verwendet:

Tabelle 6.1: Bezeichnung der Kollektortypen

FK	Flachkollektor nicht selektiv
FK Luft	Luftkollektor
SFK	Selektiver Flachkollektor
VRK	Vakuumröhrenkollektor
CPC	CPC Kollektor
PRK	Parabolrinnenkollektor

Abbildung 6.1 zeigt die Aufteilung der Kollektorfläche von gewerblich genutzten Anlagen in Österreich nach den Anwendungen und den eingesetzten Kollektortypen.

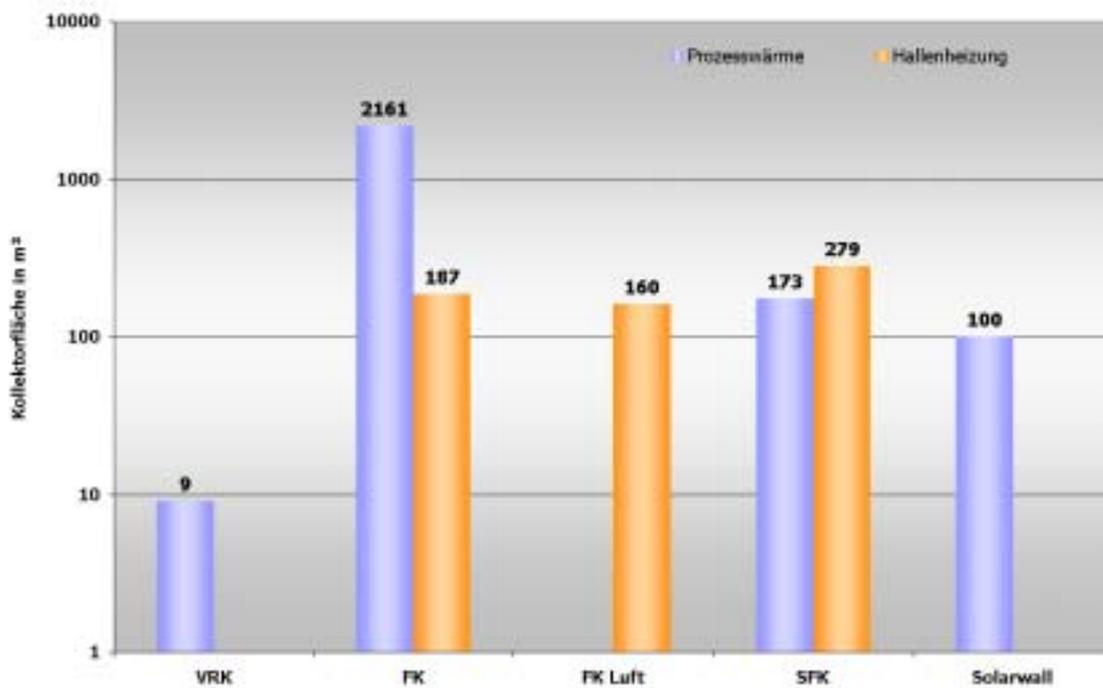


Abbildung 6.1: Aufteilung der installierten gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Österreich (inklusive stillgelegte Anlagen)

In dieser Aufstellung sind auch zwei Anlagen enthalten, die nicht mehr in Betrieb sind. Diese stellen allerdings einen Großteil der Kollektorfläche dar, da sie gemeinsam eine Fläche von 2.116 m² aufwiesen. Die genannten Anlagen wurden um 1980 als Reaktion auf die zweite Ölpreiskrise errichtet und waren jeweils ca. 15 – 20 Jahre in Betrieb. Die Stilllegung dieser Anlagen ergab sich einerseits durch den stark reduzierten Warmwasserbedarf aufgrund von Prozessoptimierungen und dem Erreichen der Lebensdauer andererseits.

Mit Stand 2003 sind daher Anlagen für die Prozesswärmegenerierung mit einer Fläche von 327 m² und für die Hallenheizung mit 539 m² in Betrieb, welche auch dokumentiert sind. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Hauptanteil für Prozesswärmeanwendungen bei den selektiv beschichteten Flachkollektoren liegt, welche die Kollektoren mit Solarlackbeschichtung abgelöst haben. Die Anwendungen, deren Wärmebedarf teils durch Solaranlagen gedeckt werden, umfassen eine Holz Trocknung, das Abbeizen von Möbeln, die Entlackung von Metallteilen, die Reinigung von Materialproben und eine Selbstbedienungsautowaschanlage. Für die Hallenheizung werden sowohl Flachkollektoren mit Wasser/Glykol-Gemisch als Wärmeträger als auch Luftkollektoren eingesetzt. Auch hier ist zu sehen, dass selektiv beschichtete Kollektoren in größerem Maße Verwendung finden als solche mit Solarlackbeschichtung. Der geringe Marktanteil von Vakuumröhrenkollektoren wird auch in diesen Anwendungsbereichen bestätigt. Bei der „Solarwall“ handelt es sich um einen Luftkollektor, der die Luft durch perforierte Metallfassaden ansaugt, die Wärme des Metalls an die Luft abgibt und so zu einem Energiegewinn führt. Die Anlage wird hier dargestellt, um die Technologie als solches zu dokumentieren, wobei sie für die Hallenheizung oder z.B. für die Trocknung von Hackenschnitzeln angewendet wird.

Aus der Literatur wurden weitere Anlagen in Europa⁵ erfasst und in gleicher Weise wie für Österreich dargestellt. Folgend zeigt Abbildung 6.2 die Übersicht für Europa, wobei auch hier Anlagen, die bereits stillgelegt wurden, inkludiert sind. Die Anlagen in Österreich sind in dieser Grafik ebenfalls enthalten.

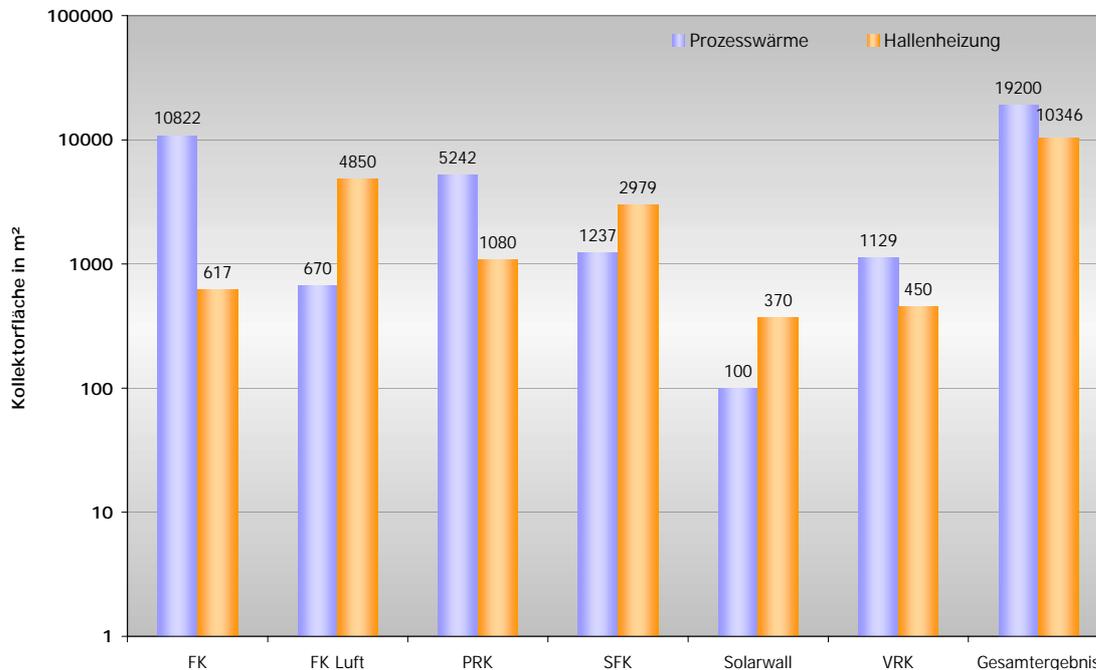


Abbildung 6.2: Aufteilung der installierten und gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Europa (inklusive stillgelegte)

In Summe wurde in Europa somit eine Gesamtfläche von 19.650 m² für die Generierung von Prozesswärme und ein Fläche von 9.896 m² für die Versorgung von Industriehallen mit Wärme installiert, was eine Gesamtfläche von 29.546 m² an dokumentierter Kollektorfläche für diese Anlagen ergibt.

Als Vergleich dazu zeigt Abbildung 6.3 die im Jahr 2001 tatsächlich aktiv betriebenen Solaranlagen für Europa – wieder inklusive Österreich. Die stillgelegten Anlagen weisen durchwegs Baujahre vor 1985 auf, wobei es in Portugal und Spanien aufgrund mangelnder Wartung zu den Stilllegungen der Anlagen kam. Im Jahr 2001 waren also Anlagen mit einer Fläche von 6.789 m² zur Prozesswärmegewinnung und 8.816 m² für die Raumwärmebereitstellung in Betrieb, womit sich eine Gesamtfläche von 15.605 m² ergibt.

⁵ Deutschland, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Italien, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweiz, Spanien

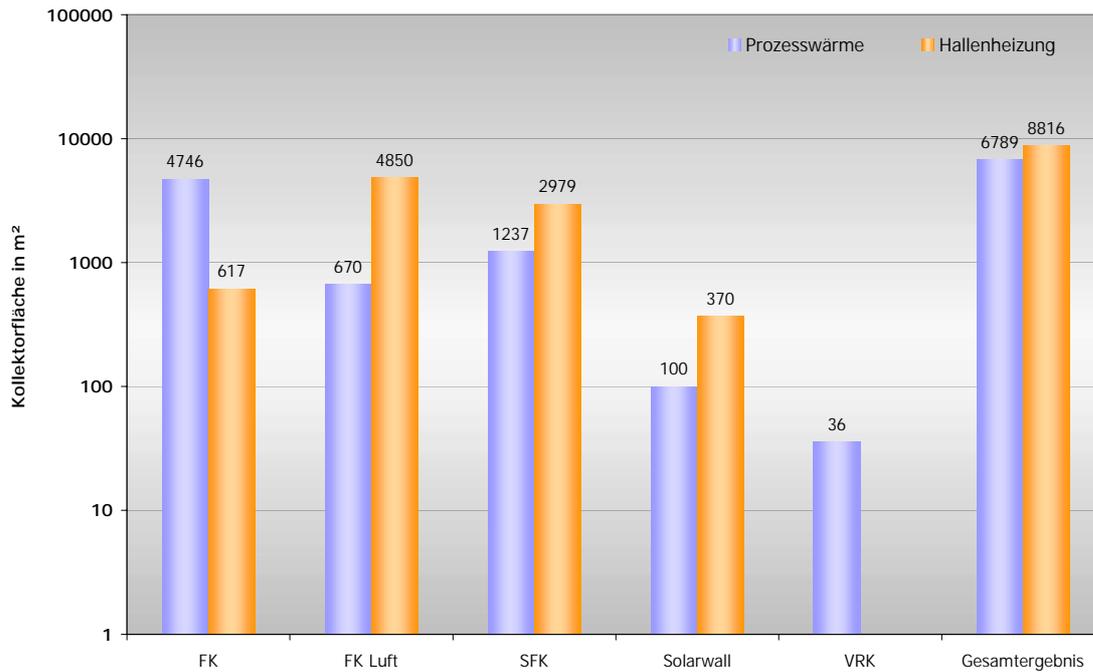


Abbildung 6.3: Aufteilung der installierten und derzeit gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Europa

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der Installation von Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme und Hallenheizung, so zeigt sich folgendes Bild. Um 1980 gibt es erste Anlagen, die in Folge der zweiten Ölpreiskrise installiert wurden. Als Kollektoren standen damals solarlackbeschichtete Flachkollektoren zur Verfügung, wobei sich aber zeigt, dass bis 1985 in Spanien und Portugal auch Anlagen mit Parabolrinnenkollektoren errichtet wurden. Ein Großteil der dokumentierten Vakuumröhrenkollektoranlagen stammen ebenfalls aus dieser Zeit. Abbildung 6.4 zeigt auch, dass ab 1985 die erste Welle der Errichtung von thermischen Solaranlagen im Prozesswärmebereich vorbei ist. Anlagen nennenswerter Größe werden erst wieder ab 1993 errichtet. Hier ist zu sehen, dass die Vakuumröhrenkollektoren kaum mehr zum Einsatz kommen und heute zunehmend die selektiv beschichteten Flachkollektoren die vorrangige Stellung auf dem Markt einnehmen. Der Parabolrinnenkollektor wird für die Erzeugung von Prozesswärme und Raumwärme in Europa derzeit nicht kommerziell verwendet. Einige Hersteller wie die israelische Firma Solel haben in jüngster Zeit erste Prototypenanlagen mit Parabolrinnenkollektoren in Israel und den USA errichtet. Als Vergleich ist aus Abbildung 6.5 die zeitliche Entwicklung der Anlagen ausschließlich für die Prozesswärmegenerierung dargestellt.

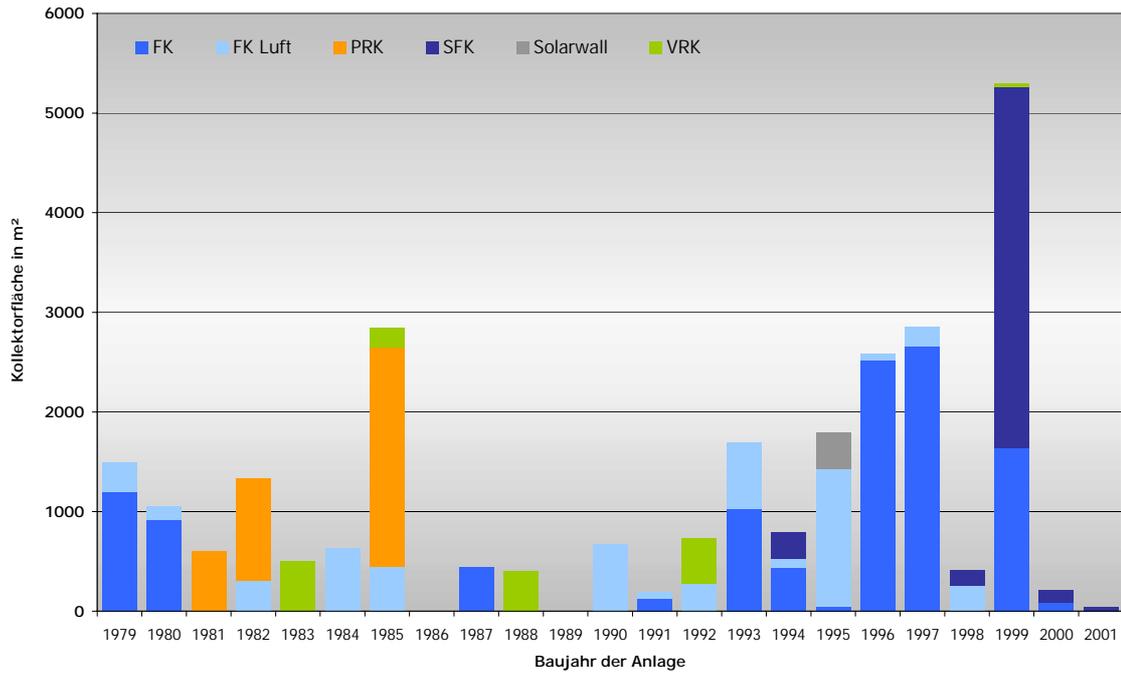


Abbildung 6.4: Zeitlicher Verlauf der Installation von Anlagen in Europa (Prozesswärme und Hallenheizung)

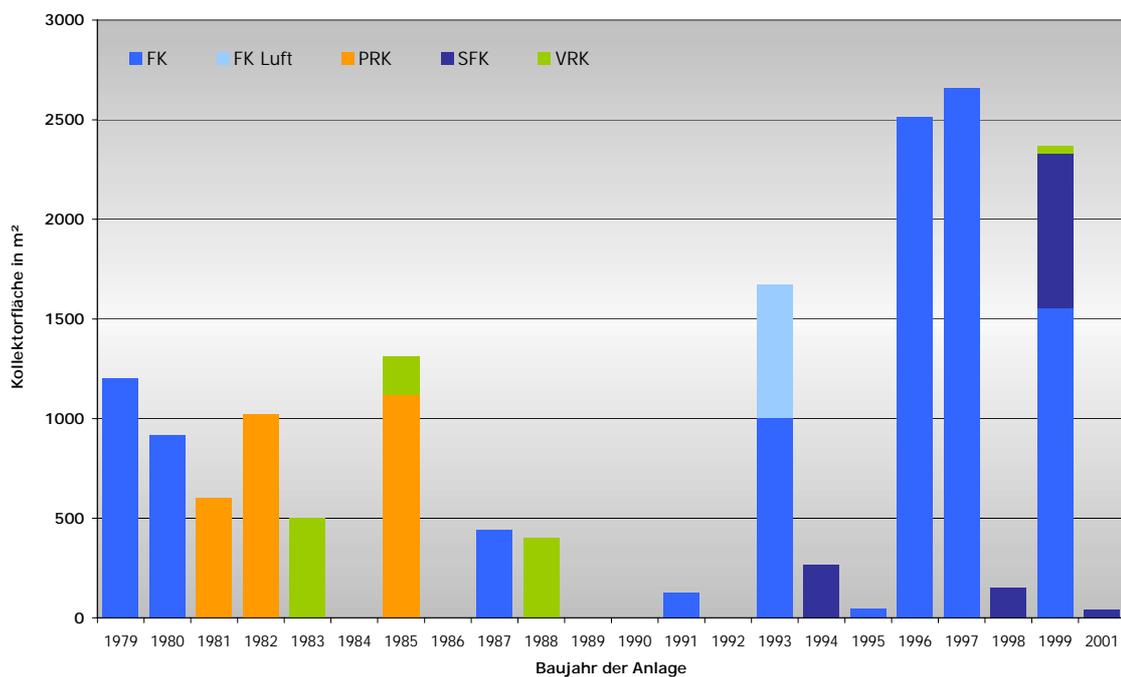


Abbildung 6.5: Zeitlicher Verlauf der Installation von Anlagen in Europa (nur Prozesswärme)

Die Anwendungsgebiete, der in Europa installierten Anlagen können dem Kapitel 2.3.4 entnommen werden.

Außerhalb Europas konnten einige Anlagen mit unterschiedlichen Anwendungen ermittelt werden. Eine Übersicht gibt Tabelle 6.2.

Tabelle 6.2: Anlagen zur solaren Prozesswärmeerzeugung außerhalb Europas

Land	Anwendung	Kollektortyp und Fläche in m ²
Brasilien	2 Anlagen zur Holz Trocknung	Flachkollektor kombiniert mit Glashaus
Sri Lanka	Holz Trocknung	Luftkollektoren – 132 m ²
USA	Trocknung von Sojabohnen	Luftkollektoren – 1.200 m ²
USA	Hallenheizung und Warmwasser für Bus-Instandhaltungseinrichtung	Luftkollektoren – 4.300 m ²
USA	Warmwasser für Fleischkonservenfabrik	Flachkollektoren – 15.380 m ²
USA	Hallenheizung	Solarwall
Kanada	Hallenheizung	Solarwall

7 Fallstudien

Während der Erhebungen für die Potenzialabschätzung des Wärmebedarfs der österreichischen Industrie wurde von den befragten Betrieben immer wieder reges Interesse an den Möglichkeiten der Errichtung einer solarthermischen Anlage bekundet. Aufgrund dieser Nachfrage wurden für fünf Unternehmen Fallstudien erstellt und diesen als Grundlage für die Bauentscheidung vorgelegt. Ein weiterer Betrieb konnte während des Workshops „PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie“ für die Durchführung einer Fallstudie gewonnen werden. Die Betriebe und die mit Wärme zu versorgenden Prozesse sind in Tabelle 7.1 aufgelistet.

Tabelle 7.1: Betriebe, für die Fallstudien erstellt wurden

Betrieb	Prozess
Körner KvK – Wies Eibiswald Chemieanlagenbau GmbH 8551 Wies Hr. Ing. Werner Snobe Tel.: 03465-2513-22	Herstellung von Epoxid-Verbundplatten Aushärteprozess bei 35°C Energiebedarf: 48.000 kWh/Jahr
Sun Wash – Köflach 8580 Köflach Hr. Roland Janko Tel.: 03144-72220	Autowaschen Heißwäsche bei 60°C Energiebedarf: 52.500 kWh/Jahr
S&W Umwelttechnik – Klagenfurt 9021 Klagenfurt Hr. Günter Trojer Tel.: 0463-31109-41	Betonteileherstellung Betonmischung bei 20°C Energiebedarf: 93.350 kWh/Jahr
Beerenfrost – Lieboch 8501 Lieboch Hr. Kaufmann Tel.: 03136-62020	Waschen von Kunststoffkisten Warmwasser mit 40°C Energiebedarf: 32.900 kWh/Jahr
Berglandmilch – Voitsberg 8570 Voitsberg Hr. Schriebl Tel.: 03142-22824-10	Waschwasser für die Käseherstellung Warmwasser bis zu 65°C Energiebedarf: 248.400 kWh/Jahr
Bramac Dachsysteme 3380 Pöchlarn Hr. Schmidt Tel.: 02757-4010363	Betondachsteinproduktion Betonmischung bzw. Trocknung der Steine Energiebedarf: 2.900.000 kWh/Jahr

Aufgrund der Studie und der darauf folgenden Diskussion mit dem Unternehmen „Sun Wash“ wurde eine Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 40 m² zur Unterstützung der Warmwasserbereitung für eine Autowaschanlage in Köflach installiert, welche seit

Oktober 2002 betrieben wird. Weitere Anlagen sind in Gratwein (Inbetriebnahme Mai 2004) sowie in Hartberg in der Steiermark (Inbetriebnahme Herbst 2004) geplant.

7.1 Vorgehensweise zur Erstellung der Fallstudien

Zu Beginn jeder Fallstudie stand der Besuch des Betriebes, um den Prozess vor Ort zu sehen und während des Erstgespräches soweit möglich alle Informationen zu sammeln, die für die grobe Auslegung einer Solaranlage und die zu erwartenden Erträge nötig waren.

Einer der wesentlichen Bestandteile dieser Arbeiten war die Ermittlung des Wärmebedarfsprofils, d.h. wie viel Energie wird zeitlich verteilt über einen Tag bzw. Woche, Monat und Jahr vom jeweiligen Prozess nachgefragt. Wochenendstillstände und Ferienzeiten wurden ebenfalls dokumentiert und in den folgenden Arbeiten berücksichtigt. In den meisten Fällen wurden Wärmebedarfsberechnungen durchgeführt, um daraus das jeweilige Bedarfsprofil ermitteln zu können, da nur die Jahresverbrauchszahlen des eingesetzten Energieträgers bekannt waren.

Sämtliche Basisdaten wurden anschließend in das Simulationsprogramm zur Auslegung von thermischen Solaranlagen T*Sol 4.0 eingegeben bzw. in zwei Fällen mit der dynamischen Simulationsumgebung TRNSYS modelliert und verschiedene Varianten simuliert, wobei die Kollektorfeldgröße, die Speichergröße bzw. das Systemkonzept variiert wurden.

Der Vergleich der verschiedenen Varianten und die Empfehlung eines bestimmten Systems wurde anhand der Wirtschaftlichkeit durchgeführt, wobei der erzielbare Wärmepreis in den meisten Fällen als Basis dafür herangezogen wurde. Eine andere Möglichkeit zum Variantenvergleich stellt die Gegenüberstellung der erreichbaren Amortisationszeiten dar.

Zusätzlich wurden in allen Fällen die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung bzw. der Energieeffizienzsteigerung geprüft, wodurch bei drei Betrieben eine Reduktion des Energieverbrauchs und bei einem anderen die Aufrechterhaltung der Produktqualität erreicht werden kann.

Die erstellten Studien wurden den jeweiligen Betrieben zugesandt und bei weiterem Interesse auch mit den Ansprechpersonen diskutiert, um eventuelle Fragen zu klären und eine nochmalige Beratung zu bieten.

7.2 Wesentliche Ergebnisse aus den Fallstudien

Einen Überblick der wichtigsten Ergebnisse aus den Fallstudien gibt Tabelle 7.2. In der Tabelle werden für jeden Betrieb die Daten der jeweils wirtschaftlichsten Variante wiedergegeben. Die Studien sind in der Form wie sie auch an die Betriebe ausgesandt wurden, vollständig im Anhang enthalten.

Tabelle 7.2: Ergebnisse der Fallstudien

	Einheit	Körner KvK	Sun Wash	S&W
Energiebedarf	kWh/a	48.000	52.500	93.350
Energie von Solar	kWh/a	31.240	13.350	23.870
Solarer Deckungsgrad	%	45	26	23
Einsparung Energieträger	l/a, m ³ /a kWh/a	8.550 m ³ /a Erdgas	1.600 l/a Heizöl EL	2.390 l/a Heizöl EL
CO ₂ Einsparung	kg/a	17.090	4.540	6.350
Kollektorfläche	m ²	60	30	40
Speichergröße	m ³	10	1	7
Wärmepreis*	€/kWh	0,038	0,039	0,042
	Einheit	Beerenfrost	Berglandmilch	Bramac
Energiebedarf	kWh/a	32.900	610.000	2.250.000
Energie von Solar	kWh/a	29.100	212.500	545.000
Solarer Deckungsgrad	%	85,6	34,6	24,2
Einsparung Energieträger	l/a, m ³ /a kWh/a	4.850 l/a Heizöl EL	28.330 m ³ /a Erdgas	54.500 l/a Heizöl EL
CO ₂ Einsparung	kg/a	13.800	56.660	144.970
Kollektorfläche	m ²	100	400	** 1 x 205 (FK) *** 1 x 1000 (VRK)
Speichergröße	m ³	2 x 9 1 x 2	1 x 20	** 1 x 10 *** 1 x 0
Wärmepreis*	€/kWh	0,042	0,020	** 0,035 *** 0,064

* Basis: statische Berechnung, Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren, Betriebskosten 1% der Anlagenkosten, 30% Förderung durch Kommunalkredit AG

** Bramac: Anwendung Körpermischer (FK ... Flachkollektoren)

*** Bramac: Anwendung Trockenkammer (VRK ... Vakuumröhrenkollektoren)

Vergleich des Preises für konventionelle Energieträger: Heizöl EL: ca. 0,032 €/kWh; Erdgas: ca. 0,034 €/kWh

Anmerkungen zu den Fallstudien

Körner KvK: Die angegebenen Ergebnisse inkludieren bereits eine Reduktion des Energiebedarfs von ursprünglich 110.000 kWh/Jahr auf 48.000 kWh/Jahr, was durch eine Veränderung des Produktionsprozesses, welche darüber hinaus kaum mit finanziellen Aufwand verbunden ist, erreicht werden kann. Mit der vorgeschlagenen solarthermischen Anlage kann zusätzlich eine Primärenergieeinsparung von 31.240 kWh/Jahr realisiert werden. Die **Reduktion des Primärenergieeinsatzes** beträgt damit für die Gesamtlösung **insgesamt 72%**.

Sun Wash: Das Unternehmen konnte davon überzeugt werden, anstelle eines Ölkessels Fernwärme aus Biomasse in Kombination mit einer Solaranlage zu installieren. Der große Vorteil aus wirtschaftlicher Sicht ergab sich daraus, dass es sich um eine Neuerrichtung der gesamten Anlage handelte, wodurch sich die Gesamtkosten und die erreichbaren Amortisationszeiten nur unwesentlich durch die Erweiterung um die Solaranlage erhöht haben. **Diese Anlage wurde im Oktober 2002 in Betrieb genommen** (siehe Zeitungsartikel Abbildung 7.2 und die fertiggestellte Anlage Abbildung 7.1). Aufgrund der ausgezeichneten Erfahrungen mit der Anlage, wurde vom Betreiber entschieden, **zwei weitere Anlagen des gleichen Typs im Jahr 2004 zu errichten**.



Abbildung 7.1: SunWash - Köflach



Karin und Roland Janko errichten in Köflach eine Autowaschanlage, die mit Sonnenenergie betrieben wird

WE 219

Mit der Kraft der Sonne werden Autos gewaschen

Ein einzigartiges Projekt startet ein Köflacher Ehepaar: Ohne Heizöl, aber dafür mit Solarkollektoren wird eine Waschanlage betrieben.

■ VON THOMAS WIESER

Die Idee hatte er im vergangenen November. Da musste der Köflacher Roland Janko nach einer Mandeloperation das Bett hüten, hatte viel Zeit zum Nachdenken. Er grübelte über Selbstbedienungs-Autowaschanlagen, bei denen das Wasser zum überwiegenden Teil mit Heizöl erwärmt wird. Aber warum eigentlich nicht mit Hilfe der Sonne?

Je länger der 29-Jährige über diese Alternative „brütete“, desto besser gefiel sie ihm. Auch seine 30-jährige Gattin Karin, eine radiologisch-technische Assistentin, war bald von der Idee, Autowaschanlagen mit Solarenergie zu betreiben, überzeugt. „In Österreich gibt es derartige Anlagen nicht. Wir wollten nichts Bestehendes kopieren“, schildert Janko.

Beim Kreisverkehr bei der Köflacher Stadteinfahrt wurde bald ein optimales Grundstück gefunden. An einer Einfallstraße, zentral gelegen. Bei einer Solar-Firma in Gleisdorf

ließen die Weststeirer danach eine Studie erstellen. „Die Sonneneinstrahlung passt perfekt zu den Betriebszeiten. Wenn's regnet, wäscht keiner sein Auto“, schmunzelt Janko. Das Grundstück wurde gepachtet, die Bauverhandlungen liefen glatt über die Bühne. Kürzlich war Baubeginn, bis Oktober werden vier



Boxen für Personenkraftwagen und eine Koje für Lkw errichtet. Mit rund 25.000 Euro beziffert Janko die Projektkosten - inklusive der Planungsgelder und sämtlicher Infrastruktur-Maßnahmen.

Solarenergie. Der Name „Sun Wash“ wird gerade patentiert. Aber was sind nun die großen Unterschiede zu herkömmlichen Waschanla-

gen? Zum einen werden die Warmwasser-Aufbereitung und im Winter die Fußbodenheizung mit Hilfe der umweltfreundlichen Solarenergie vorgenommen. 43 Quadratmeter beträgt die Gesamtfläche der Solarkollektoren. Daneben werden die Fahrzeuge mit dem Osmose-Verfahren gereinigt. Das Wasser hat einen destillierten Zustand, Kalkablagerungen werden damit vermieden. Das Schmutzwasser wird übrigens dreifach gefiltert, ehe es in die Kläranlage geleitet wird. Daneben sollen die Kunden ihre Autos wachsen können, zudem werden spezielle Reinigungsgeräte für Fußmatten aufgestellt.

Die mutigen Jungunternehmer wollen die Waschanlage zunächst selbst betreiben, in fünf bis sieben Jahren soll sich das Projekt rechnen. In Folge ist angedacht, weitere Anlagen zu errichten. Übrigens: Die Preise bei „Sun Wash“ sollen nicht teurer sein als bei der Konkurrenz: „Wir wollen die Mehrinvestitionen nicht an die Benützer weitergeben.“

Abbildung 7.2: Zeitungsartikel - SunWash

S&W Umwelttechnik: Mit der bestehenden Warmwasserbereitung kann der Betrieb im Winterhalbjahr bei der gegebenen Kapazität nur mehr einen Bruchteil eines Arbeitstages mit gleichbleibender Qualität produzieren. Die Neuanschaffung eines Warmwasserspeichers ist daher nötig, womit sich bei Kombination mit einer solarthermischen Anlage zwei Effekte erreichen lassen. Diese sind einerseits die Reduktion des Heizölverbrauchs mit allen damit verbundenen umweltwirksamen Verbesserungen und andererseits kann die Produktionsqualität über den ganzen Tag aufrechterhalten werden.

Beerenfrost: Die vorgeschlagene Solaranlage kann sowohl den Warmwasserbedarf des Waschprozesses im Sommer, als auch einen Teil des Heizenergiebedarfs in der Übergangszeit bzw. im Winter decken. Sehr vorteilhaft ist die bereits bestehende Installation von Pufferspeichern, Heizungsspeicher und Fußbodenheizungssystem. Damit bleibt als einzige Investition die Anschaffung des Kollektorfeldes übrig.

Die Fallstudien zeigen, dass durch Erarbeiten einer Gesamtlösung, die auch Energieeffizienzsteigerungsmaßnahmen enthält, Wärmepreise erzielbar sind, die im Bereich der konventionellen fossilen Brennstoffe liegen.

Berglandmilch: Der Wärmebedarf für das Käsewaschwasser wird immer nur bis zu einem Temperaturniveau von 50°C von der Solaranlage zur Verfügung gestellt, da damit die Anlage in einem guten Wirkungsgradbereich betrieben werden kann. Der restlichen Bedarf kann durch das vorhandene Dampfheizsystem gedeckt werden. Die Simulationen wurden mit dem dynamischen Simulationsprogramm TRNSYS durchgeführt. Vergleiche von Varianten mit und ohne Speicher haben gezeigt, dass die solaren Erträge mit dem Einsatz von Speichern wesentlich höher sind. Sinnvoll ist dies auch, da in der Molkerei diese Speicher bereits vorhanden sind und genutzt werden können.

Bramac: Es wurden zwei Prozesse identifiziert, welche mit Solarwärme versorgt werden können. Der Körpermischer kann bei Beibehaltung des konventionellen Wärmeversorgungssystems (Dampfkessel) durch eine Solaranlage unterstützt werden. Für die Trockenkammern müsste die Heizung auf ein Niedertemperatursystem umgestellt werden, damit eine sinnvolle Einbindung einer Solaranlage möglich ist. Mit dieser Umstellung und der Errichtung der Anlagen zur solarthermischen Versorgung der beiden Prozesse ist aber auch eine Reduktion des Energiebedarfs von insgesamt bis zu 59% möglich. Die dargestellten Wärmepreise in der Tabelle 7.2 sind höher als im detaillierten Bericht zur Fallstudie, da für das untersuchte Werk eine Förderung von insgesamt 50% möglich wäre. Für die Tabelle wurden aber die Wärmepreise aller Fallstudien auf gleicher Basis berechnet.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die unterstützende Versorgung von Produktionsprozessen bis zu 70°C mit solarthermischen Anlagen nach heutigem Stand der Technik möglich ist.

Im Folgenden werden alle Fallstudien in jener Form wiedergegeben, wie sie auch an die Unternehmen ergangen sind.

7.3 Fallstudie Solaranlage Körner - Wies

7.3.1 Einsatzgebiet

Die Firma Körner KvK fertigt Beizbecken für Galvanisieranlagen wie z.B. für das Feuerverzinken von Metallteilen. Diese Becken werden aus Platten gefertigt, welche aus einem Kunststoffkeramikern mit Glasfaserlaminatbeschichtung bestehen. Die Fertigung dieser Platten erfolgt auf einem sogenannten Produktionstisch, welcher über Heizschlangen mit Warmwasser beheizt wird. Die Beheizung ist notwendig, um die gewünschte Reaktionstemperatur für das Aushärten der Glasfaserlamine zu erreichen. Da die Arbeitsplatte des Tisches immer auf einer Temperatur von ca. 30°C gehalten wird, entsteht ein hoher kontinuierlicher Energieverbrauch und damit verbunden ein entsprechender Verbrauch an Erdgas bzw. die Emission von Luftschadstoffen und CO₂.

Die vorliegende Studie untersucht die Möglichkeit einen Teil dieses Energiebedarfs mit einer solarthermischen Anlage zu erzeugen, um so eine Reduktion des Erdgasverbrauchs und damit einhergehend der Schadstoffemissionen zu erreichen.

7.3.2 Energiebedarf für die Plattenproduktion bzw. Tischheizung

Die Beheizung des Tisches erfolgt über Heizschlangen, die in eine Polymerbetonschicht eingelassen sind. Der Aufbau des Tisches (Querschnitt) und die untersuchten Varianten inklusive Platte bzw. Abdeckung sind aus Abbildung 7.3 bis Abbildung 7.5 zu entnehmen.



Abbildung 7.3: Aufbau des Tisches ohne Platte und ohne Abdeckung



Abbildung 7.4: Aufbau des Tisches mit Platte

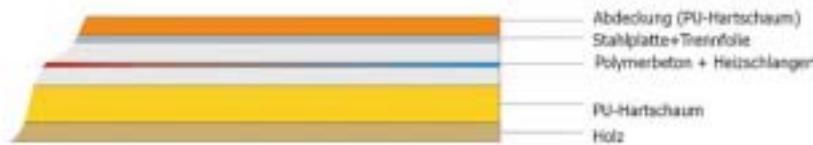


Abbildung 7.5: Aufbau des Tisches ohne Platte und mit Abdeckung

Für die Herstellung einer Platte wird zuerst eine Glasfaserlaminatschicht auf die Stahlarbeitsfläche aufgebracht und ausgehärtet. Danach erfolgt das Aufbringen der Polymerbetonschicht und einer weiteren Glasfaserschicht mit abschließendem Härten. Abbildung 7.6 zeigt die Produktion einer Platte.



Abbildung 7.6: Produktion einer Platte

Zur Abschätzung des Energiebedarfs wurden einerseits Berechnungen über den Wärmebedarf des Tisches und der Platte und andererseits die Dokumentation des Gasverbrauches über einen bestimmten Zeitraum durchgeführt. Die Berechnungen wurden

für die drei oben angegebenen Varianten erstellt, wobei in den nachfolgenden Tabellen die Basisdaten wiedergegeben werden. Die in Abbildung 7.6 erkennbare Abdeckung besteht aus Segeltuch und wurde für die Berechnungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 7.3: Dimensionen des Tisches

Länge	17 m
Breite	4 m
Fläche	68 m ²

Tabelle 7.4 gibt den Aufbau des Tisches mit und ohne Platte bzw. auch mit einer Abdeckung bei Nichtproduktion sowie die Dimensionen und Leitfähigkeiten der verwendeten Materialien an. Schicht –2 stellt dabei die unterste Schicht dar. Die Wärmeübertragung erfolgt zwischen den Schichten 0-a und 0-b.

Der Fall mit einer Abdeckung des Tisches bei Nichtproduktion wird gesondert im Kapitel 4 behandelt. Die Basisdaten sind aber schon in Kapitel 7.3.2 angegeben.

Tabelle 7.4: Schichtaufbau des Produktionstisches

Schicht Nr.	Material	Dicke [m]	-Wert [W/m.K]
Schicht 5	Abdeckung (PU-Hartschaum - Platte)	0,025	0,043
Schicht 4	Polyester GFK	0,003	0,220
Schicht 3	Polymerbeton	0,02	1,500
Schicht 2	Polyester GFK	0,003	0,220
Schicht 1	Stahlplatte	0,008	50,000
Schicht 0-a	Polymerbeton	0,03	1,500
Schicht 0-b	Polymerbeton	0,03	1,500
Schicht -1	Herathan (PU-Hartschaum)	0,05	0,025
Schicht -2	Holzbretter	0,025	0,110

Anmerkungen:

Schicht 5 wird nur für den Fall der Nichtproduktion mit Abdeckung berücksichtigt. Der -Wert wurde im Vergleich zu Schicht –1 schlechter angesetzt, um den Einfluss von mehreren getrennten Platte wieder zu geben.

Schicht 0 wurde zu Berechnungszwecken in zwei Abschnitte getrennt, liegt real aber als homogene Schicht vor.

Die folgende Tabelle zeigt die zu Grunde gelegten Temperaturen für den Prozess, die Umgebung und die angenommenen Vor- und Rücklauftemperaturen am Tisch. Die Stahlplatte soll für die Produktion eine Temperatur von 30°C aufweisen. Während Nichtproduktionszeiten wird der Tisch ebenfalls auf der Solltemperatur gehalten.

Tabelle 7.5: Temperaturen Umgebung, Tisch

	Temperatur in °C
T Umgebung (Halle)	18
T Stahlplatte	30
T Vorlauf Tisch	51
T Rücklauf Tisch	41

Die Berechnung des Wärmebedarfs wurde für die folgenden Varianten durchgeführt, wobei in Tabelle 7.6 die berücksichtigten Schichten entsprechend Tabelle 7.4 angegeben sind.

Tabelle 7.6: Berechnungsvarianten und verwendete Parameter

Schicht Nr.	ohne Platte ohne Abdeckung (oPoA)	mit Platte (mP)	ohne Platte mit Abdeckung (oPmA)
Schicht 5			I
Schicht 4		I	
Schicht 3		I	
Schicht 2		I	
Schicht 1	I	I	I
Schicht 0-a	I	I	I
Schicht 0-b	I	I	I
Schicht -1	I	I	I
Schicht -2	I	I	I

Aus den Grunddaten wurden folgende, für die Berechnung des Wärmebedarfs notwendigen Daten abgeleitet und für die weiterführenden Rechnungen eingesetzt:

Tabelle 7.7: Wärmetechnische Parameter

Parameter	ohne Platte ohne Abdeckung (oPoA)	mit Platte (mP)	ohne Platte mit Abdeckung (oPmA)
Wärmeübergangskoeffizient oben [W/m ² .K]	10,0 ⁽¹⁾	10,0 ⁽²⁾	6,7
Wärmeübergangskoeffizient unten [W/m ² .K]	6,7	6,7	6,7

[W/m ² .K]			
U-Wert nach oben [W/m ² .K]	8,3	6,2	1,3
U-Wert nach unten [W/m ² .K]	0,4	0,4	0,4
Transmissionsverlust nach unten [%]	4,6	6,0	23,5

⁽¹⁾ aufgrund der hohen Oberflächentemperatur von 30°C

⁽²⁾ aufgrund des Luftwechsels durch die erforderliche Absaugung am Tisch

Ausgehend von diesen Basisdaten wurden für die drei Varianten die Temperaturverteilung der Schichten und die notwendigen Leistungen, die jeweils in der Schicht 0 übertragen werden müssen, berechnet. Die Ergebnisse – Leistungen und Temperaturverteilungen - sind in Tabelle 7.8 und Tabelle 7.9 bzw. aus Abbildung 7.7 ersichtlich.

Tabelle 7.8: Erforderliche Leistungen

Leistung in Watt	oPoA	mP	oPmA
Gesamt	8.571	6.207	1.466
Transmissionsverlust oben	8.160	5.803	1.117
Transmissionsverlust unten	411	403	349

Tabelle 7.9: Temperaturverteilung in den Schichten

Temperaturen in °C	oPoA	mP	oPmA
T Umgebung oben	18,00	18,00	18,00
T Abdeckung oben	-	-	20,45
T GFK 2 oben	-	26,53	-
T Polymerbeton oben	-	27,70	-
T GFK 1 oben	-	28,84	-
T Stahlplatte oben	30,00	30,00	30,00
T Polymerbeton a oben	30,02	30,01	30,00
T Polymerbeton a unten	32,50	32,22	30,29
T Polymerbeton b unten	32,38	32,10	30,19
T PU-Hartschaum unten	20,28	20,23	19,93
T Holz unten	18,90	18,89	18,77
T Umgebung unten	18,00	18,00	18,00

Anmerkung: die angegebenen Temperaturen treten jeweils an den Oberflächen der jeweiligen Schicht auf.

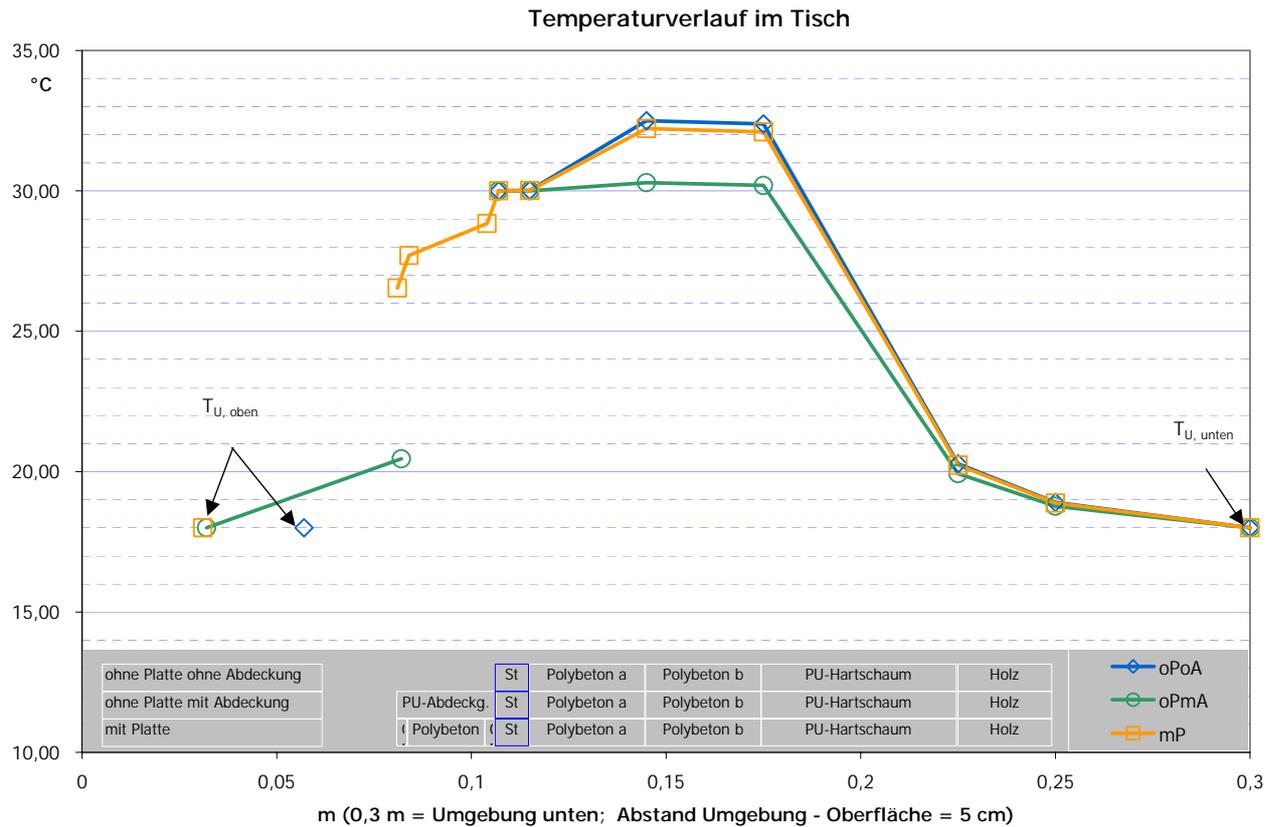


Abbildung 7.7: Temperaturverlauf im Tisch

Die erhaltenen Leistungen (vorerst ohne den Fall oPmA) wurden mit dem Produktionsschema für zehn Tage entsprechend der Dokumentation von Körner KvK kombiniert und so der Energiebedarf des Tisches erhalten. Dieser Bedarf konnte dem aufgezeichneten tatsächlichen Gasverbrauch gegenübergestellt und so der Verlust durch den Heizkessel und die Rohrleitungen bzw. des Wärmetauschers im Produktionstisch ermittelt werden.

Tabelle 7.10: Dokumentierter Gasverbrauch

Datum	Uhrzeit	Zählerstand	Platten- produktion h/d	Energiebedarf Tisch kWh	Energiebedarf Boiler kWh	Energiebedarf gesamt kWh
08.08.02	06:00	726.579,7	8	186,8	17	203,8
09.08.02			8	186,8	17	203,8
10.08.02			0	205,7	17	222,7
11.08.02			0	205,7	0	205,7
12.08.02			8	186,8	17	203,8
13.08.02			8	186,8	17	203,8
14.08.02			8	186,8	17	203,8
15.08.02			0	205,7	17	222,7
16.08.02			0	205,7	0	205,7
17.08.02			0	205,7	0	205,7
18.08.02			0	205,7	0	205,7
19.08.02			8	186,8	17	203,8
20.08.02			8	186,8	17	203,8
21.08.02	08:30	727.083,4	2,5	66,9	17	83,9
		503,7	58,5	2.608,8	170	2.778,8

Im betrachteten Zeitraum wurde auch ein 300 Liter Warmwasserboiler für den Sanitärbereich mitversorgt. Der Energiebedarf des Boilers wurde mit 17 kWh pro Produktionstag angenommen, während für Nichtproduktionstage kein Bedarf festgelegt wurde.

Der Energiebedarf für den Tisch wurde entsprechend der berechneten Leistung lt. Tabelle 7.8 mit der jeweiligen Produktionszeit bzw. Stillstandszeit ermittelt. Daraus ergibt sich der ausgewiesene Gesamtenergiebedarf für den dokumentierten Zeitraum. Stellt man diesen Bedarf dem tatsächlichen Gasverbrauch gegenüber und nimmt einen Heizwert von Erdgas von 10,0 kWh/m³ an, erhält man folgenden Verlustanteil:

$$\text{Verlust} = \left(\frac{EB_{\text{gesamt}}}{\text{Gasverbrauch} \cdot \Delta \xi_{\text{Kessel}}} \right) \cdot \Delta 100 \left| \frac{2.789}{503,7 \cdot \Delta 10,0 \Delta 0,75} \right) \cdot \Delta 100 = 26 \%$$

Dieser Anteil stellt jene Energie dar, die aufgrund der Rohrleitungsverluste und des Wirkungsgrades des Wärmetauschers am Tisch benötigt wird. Dieser Faktor wurde für die Berechnung des Wärmebedarfsprofils eines ganzen Produktionsjahres berücksichtigt.

Für das Profil wurde eine Standardproduktionswoche 48 mal wiederholt, wobei an zwei Tagen jeweils 8 Stunden, an drei Tagen 16 Stunden und an 2 Tagen nicht produziert wird. Während der Nichtproduktion wird der Tisch trotzdem auf der Solltemperatur gehalten. Für

zwei Wochen im Sommer und im Winter steht die Produktion still, weshalb insgesamt 48 Wochen für die Berechnung betrachtet wurden.

Tabelle 7.11: Wärmebedarfsprofil

	Tischbetrieb in h/d		Energiebedarf in kWh		Summe
	mit Platte	ohne Platte	mit Platte	ohne Platte	
Mo	8	16	68	186	254
Di	16	8	135	93	228
Mi	16	8	135	93	228
Do	16	8	135	93	228
Fr	8	16	68	186	254
Sa	0	24	-	280	280
So	0	24	-	280	280
Woche	64	104	540	1.212	1.752
Jahr (48 Wo)	3.072	4.992	25.924	58.174	84.097

Für die Tage mit Plattenproduktion wurde die Fertigung für die Stunden von 6:00 Uhr bis 13:00 Uhr bzw. für 6:00 Uhr bis 21:00 Uhr angenommen.

Mit Hilfe des angegebenen Bedarfsprofils wurde eine Puffervorlauftemperatur von 55°C und einer Pufferrücklauftemperatur von 37°C ermittelt, die für die nachfolgenden Simulationen eingesetzt wurden.

7.3.3 Simulationen mit T*Sol 4.0

Ausgehend von den gegebenen Basisdaten (lt. Angaben von Körner KvK) wurden verschiedene Varianten mit unterschiedlich großer Kollektorfläche mit dem Simulationsprogramm T*Sol 4.0 untersucht.

Alle Varianten wurden anschließend einer wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen. Als Basis für die möglichen Einsparungen wurde der Einsatz von Erdgas als Primärenergieträger herangezogen, wie dies im Betrieb tatsächlich der Fall ist.

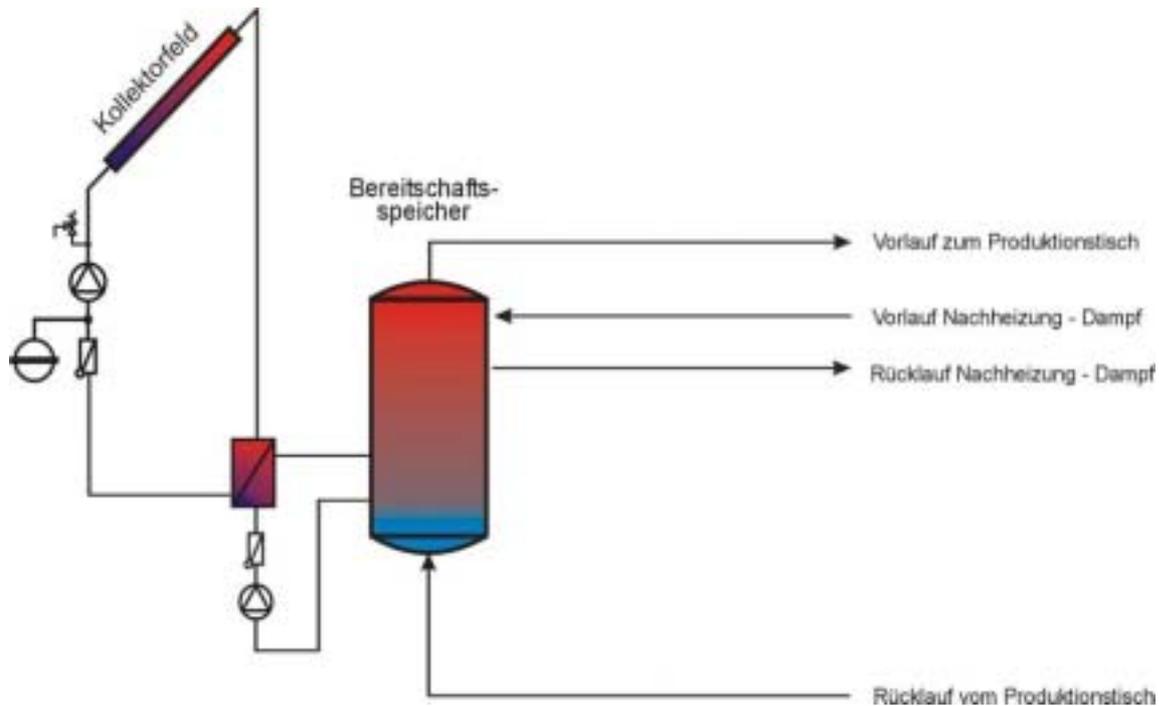


Abbildung 7.8: Anlagenkonzept Körner

In Abbildung 7.8 wird das simulierte System dargestellt. Es besteht aus dem Kollektorfeld, einem Bereitschaftsspeicher, dem Gaskessel und dem Wärmeabgabesystem (Brauchwasser). Derzeit wird ein gasbeheizter Kessel für die Warmwasserbereitung eingesetzt.

Das Kollektorfeld wurde mit einer Ausrichtung nach Süden (Azimut: 0°) und einem Aufstell-Winkel von 35° simuliert.

Übersicht der simulierten Varianten:

Bezeichnung	Kollektorfläche Netto m ²	a) Speicher m ³	b) Speicher m ³
Variante 1a und 1b	40	5	10
Variante 2a und 2b	50	5	10
Variante 3a und 3b	60	5	10
Variante 4a und 4b	80	5	10
Variante 5a und 5b	100	5	10

7.3.4 Ergebnisse der Simulationen

Abbildung 7.9 zeigt die Deckungsgrade für die Warmwasserbereitung zur Beheizung des Tisches für die untersuchten Varianten. Der solare Deckungsgrad definiert sich wie folgt:

$$\text{Solarer Deckungsgrad} = \frac{\text{Energie vom Solarsystem}}{\text{Gesamtenergiebedarf}}$$

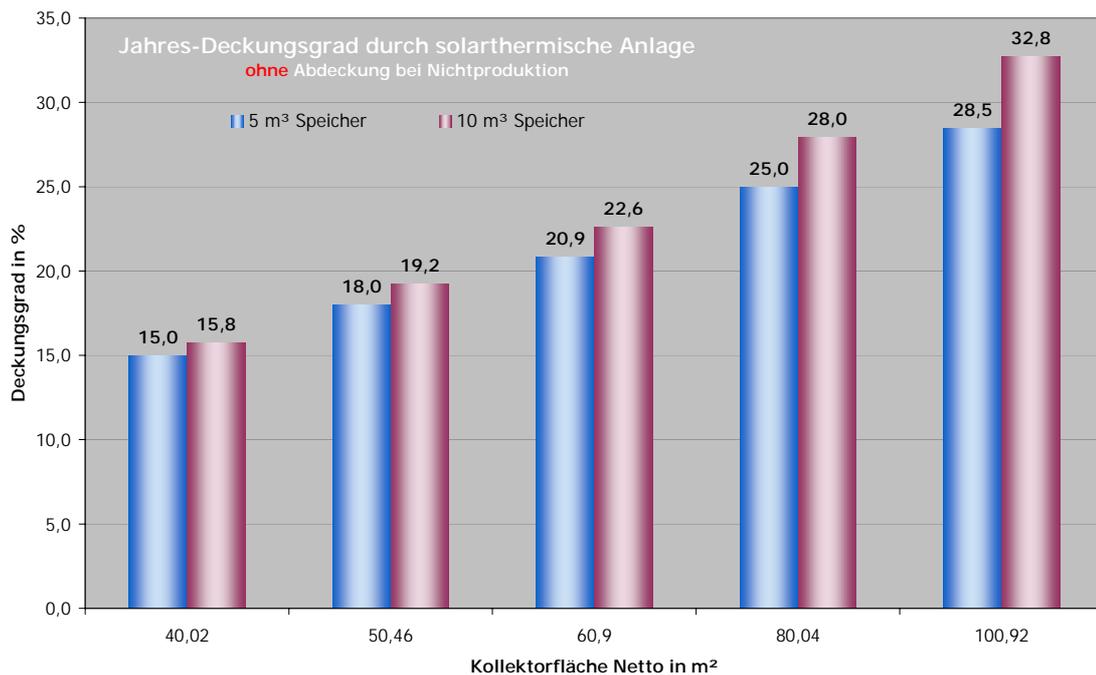


Abbildung 7.9: Deckungsgrad für Warmwasser zur Tischbeheizung ohne Abdeckung bei Nichtproduktion

Der Deckungsgrad steigt mit größer werdender Kollektorfläche immer weiter an. Durch die Größe der Speicher bzw. des kontinuierlichen Wärmeabnahmeprofiles kommt es zu keinen Überhitzungen im Kollektor. Während des Sommerstillstandes kann der Gaskessel außer Betrieb genommen werden, der Solarkreislauf sollte aber weiterlaufen, um die Energie über den Tisch abzubauen.

Der Mehrinvestitionskosten durch die Verwendung des größeren Speichers werden ab einer Kollektorfläche von 60 m² durch die zusätzlichen solaren Gewinne gedeckt, wie dies aus dem Vergleich der erzielbaren Wärmepreise (siehe Abbildung 7.11) hervorgeht.

Abbildung 7.10 zeigt die Einsparung an Erdgas aufgrund des Energiegewinns durch die solarthermische Anlage. Die möglichen Einsparungen liegen zwischen 1.955 m³/Jahr und 4.391 m³/Jahr für die betrachteten Systeme.

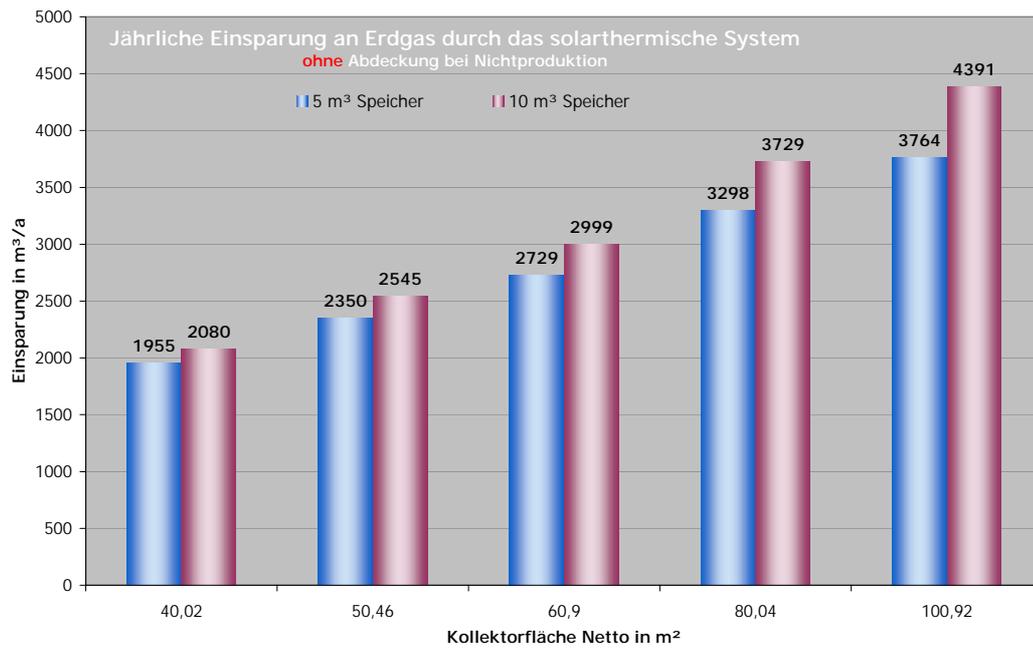


Abbildung 7.10: Einsparung an Erdgas pro Jahr

Einhergehend mit den eingesparten Erdgasmengen können die folgenden CO₂-Reduktionen für die einzelnen Varianten angegeben werden:

Tabelle 7.12: Jährliche CO₂ – Reduktion

Bezeichnung	Kollektorfläche Netto m²	Speicher-volumen m³	Einsparung Erdgas m³/a	Reduktion CO ₂ kg/a
Variante 1a	40,02	5	1.955	4.436
Variante 1b	40,02	10	2.080	4.720
Variante 2a	50,46	5	2.350	5.332
Variante 2b	50,46	10	2.545	5.775
Variante 3a	60,9	5	2.729	6.192
Variante 3b	60,9	10	2.999	6.805
Variante 4a	80,04	5	3.298	7.483
Variante 4b	80,04	10	3.729	8.461
Variante 5a	100,92	5	3.764	8.541
Variante 5b	100,92	10	4.391	9.963

Mit den Werten für die eingesparte Ölmenge pro Jahr und einem Erdgaspreis von 0,345 EURO pro m³ wurden Wärmepreise für die verschiedenen Systeme berechnet. Dabei wurde ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gewählt, über den die Einsparungen aufsummiert wurden. Die mögliche Förderung von 30% der umweltrelevanten Systemkosten durch die Kommunalkredit AG ist berücksichtigt. Für jedes System wurden außerdem jährliche Be-

triebskosten in Höhe von 1,0% der Investitionssumme angenommen. Die Summe der Ausgaben wurde durch die erzielbaren Energieeinsparungen in 20 Jahren dividiert und so der Wärmepreis in EURO pro Kilowattstunde erhalten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.11 dargestellt. Eine Aufstellung der Systemkosten, die der Berechnung zu Grunde gelegt wurden, findet sich im Anhang.

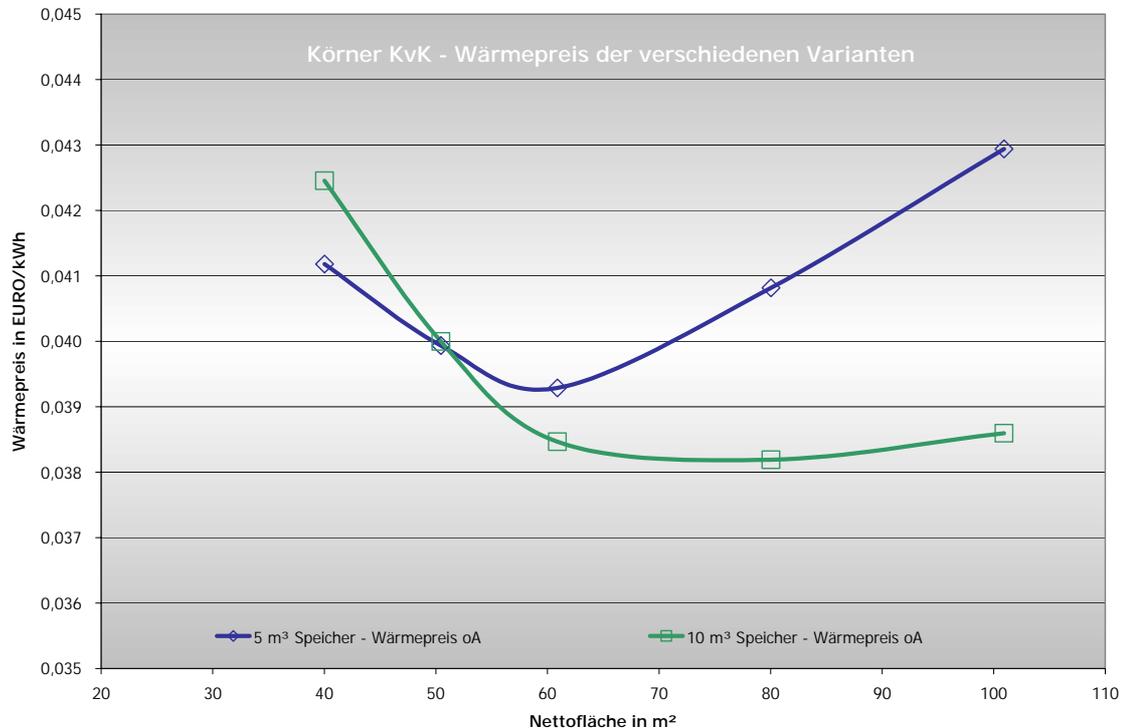


Abbildung 7.11: Wärmepreis der verschiedenen Systeme

Basierend auf den Vorgaben (Wasserbedarf hinsichtlich Menge und zeitlichem Anfall) und den Ergebnissen der Simulationen können folgende Aussagen getätigt werden:

- €# das System mit 80 m² Nettokollektorfläche und einem Speicher mit 10 m³ erreicht den geringsten Wärmepreis unter den verglichenen Systemen.
- €# der minimale Wärmepreis beträgt 0,0382 €/kWh und liegt damit etwas über dem derzeit bezahlten Preis. Allerdings wird der Preis für die solare Wärme über die Lebensdauer der Anlage konstant bleiben, während mit einem Ansteigen der Energiepreise für fossile Energieträger gerechnet werden kann.
- €# Die Mehrinvestitionskosten für die größeren Anlagen (10m³ Speicher anstelle von 5 m³ Speicher) werden durch die erhöhten solaren Gewinne und damit Einsparungen an Erdgas ab einer Kollektorfläche von 60 m² wettgemacht.

Hinweis:

Sämtliche Grunddaten zum Wasserbedarf basieren auf den Angaben des Unternehmens. Für die Simulationen wurde ein Klimadatensatz von Graz verwendet, der Durchschnittswerte der letzten 10 Jahre darstellt. Die tatsächlichen Ergebnisse hängen vom realen Verbrauch und den tatsächlichen klimatischen Verhältnissen ab und können von den Simulationsergebnissen abweichen.

7.3.5 Weiterführende Betrachtungen

Im folgenden werden noch weitergehende Betrachtungen dargestellt, welche die Möglichkeiten der Energieeinsparung direkt am Produktionstisch zum Thema haben.

In Kapitel 7.3.2 wurde auch der Fall einer Abdeckung des Produktionstisches bei Nichtproduktion betrachtet. Dabei wurde angenommen, dass die Stahlplatte mit einer 2,5 cm starken Dämmschicht (z.B. PU-Hartschaumplatte) abgedeckt wird. Die Leitfähigkeit wurde etwas schlechter angenommen, um den Effekt von Spalten zwischen einzelnen Platten anzunähern.

Wie schon die Wärmebedarfsberechnung zeigt, sinken die Transmissionsverluste des Tisches und damit die nötige Heizenergie von 8.571 W auf 6.207 W, wenn man die Nichtproduktionszeiten ohne bzw. mit Abdeckplatte vergleicht.

Legt man das ermittelte Wärmebedarfsprofil des ganzen Jahres zu Grunde und vergleicht die nötige Heizenergie, so ergibt sich folgendes Bild:

Variante 1: Plattenproduktion lt. Profil – Tisch nicht abgedeckt, wenn keine Plattenproduktion erfolgt.

Jahresenergiebedarf mit Platte	33.900 kWh
Jahresenergiebedarf ohne Platte	76.100 kWh
Jahresenergiebedarf Gesamt	110.000 kWh

Variante 2: Plattenproduktion lt. Profil – Tisch mit 2,5 cm PU-Hartschaumplatte abgedeckt, wenn keine Plattenproduktion erfolgt.

Jahresenergiebedarf mit Platte	33.900 kWh
Jahresenergiebedarf ohne Platte	14.100 kWh

Jahresenergiebedarf Gesamt 48.000 kWh

Differenz Variante 1 – Variante 2	62.000 kWh
jährliche Einsparung	2.140 €

Es lässt sich also eine Reduktion des Energieverbrauches von 56% gegenüber der derzeitigen Produktionsweise laut Variante 1 erreichen, wenn bei Nichtproduktion die gesamte Stahlplatte mit Dämmplatten abgedeckt wird.

Mit dem reduzierten Energiebedarf wurden erneut die oben beschriebenen Varianten für eine Solaranlage simuliert und die möglichen solaren Energiegewinne ermittelt. In der Tabelle 7.13 sind nur mehr die Erträge der wirtschaftlich günstigsten Variante wiedergegeben.

Kombiniert man die Maßnahme der Abdeckung mit der Installation der wirtschaftlichsten Variante einer solarthermischen Anlage (Fläche: 60 m²; Speicher: 10 m³) zur Bereitung des Warmwassers für die Tischbeheizung, lässt sich folgendes Gesamtszenario aufstellen:

Tabelle 7.13: Jährliche Energieeinsparung durch Abdeckung und Solaranlage

Kollektorfläche	60	m ²
Speichervolumen	10	m ³
Abdeckplatte PU-Hartschaum	2,5	cm
Energieeinsparung durch Abdeckung	62.000	kWh/a
Energieeinsparung durch Solaranlage ⁽¹⁾	23.430	kWh/a
Jährliche Energieeinsparung	85.430	kWh/a
Jährliche CO ₂ - Reduktion	17.086	kg/a
Verbleibender Primärenergiebedarf	24.570	kWh/a
Jährliche Energiekosteneinsparung	2.950	€/a

⁽¹⁾ Solaranlage: Nettofläche 60 m² - Speichervolumen 10 m³

Insgesamt ist also eine Reduktion des Primärenergiebedarfs von circa 85.500 kWh pro Jahr bzw. 8.550 m³ Erdgas pro Jahr erreichbar, was im Vergleich zum bisherigen Bedarf einer Verringerung des jährlichen Gasverbrauches für den Tisch von 78 % entspricht !

Stellt man die Investitionskosten für die oben genannten Maßnahmen den möglichen jährlichen Einsparungen gegenüber, erhält man folgende Amortisationszeit:

Tabelle 7.14: Amortisationszeit mit Abdeckung und Solaranlage

Investitionskosten:	22.631 €
Jährliche Einsparung:	2.950 €
Amortisationszeit:	7,6 Jahre
erzielbarer Wärmepreis in 7,6 Jahren:	0,0374 €/kWh

Für diese Maßnahme muss auch die Wechselwirkung mit der Abluft- Wärmerückgewinnungsanlage berücksichtigt werden.

Im Sommer wird die WRG für die Abluft aber nicht in Betrieb sein und mit der Abdeckung des Tisches erreicht man einerseits die oben beschriebene Energieeinsparung und andererseits eine geringere Aufheizung der Halle, die in dieser Zeit ohnehin nicht erwünscht ist.

In der kalten Jahreszeit müsste abgewogen werden, wodurch eine höhere Energieeinsparung erreichbar ist, entweder durch die WRG der Abluft, oder die verminderte Heizleistung für den Tisch.

7.3.6 Geschätzte Systemkosten

Tabelle 7.15: Geschätzte Systemkosten

Kollektorfläche (Netto)	Speicher- volumen	Systempreis
m ²	m ³	€
40,02	5	15.282
50,46	5	17.856
60,9	5	20.430
80,04	5	25.578
100,92	5	30.726
40,02	10	16.803
50,46	10	19.377
60,9	10	21.951
80,04	10	27.099
100,92	10	32.247

Die Kosten beinhalten: Kollektormodule, Speicher, Lieferung, Montage, Verrohrung und Zubehör

Alle Preise excl. MwSt.

7.4 Fallstudie Solaranlage Autowaschboxen Janko - Köflach

7.4.1 Gegenstand der Studie

Ziel dieser Studie ist es, die Einsatzmöglichkeiten von thermischen Sonnenkollektoren für die Brauchwasserbereitung für eine Selbstbedienungsautowaschanlage in Köflach zu untersuchen.

Die Fallstudie basiert auf den Verbrauchsdaten, Angaben und Plänen der Waschanlage, die von Herrn Janko, dem Bauherrn der Anlage zur Verfügung gestellt wurden.

Untersucht und verglichen wurden insbesondere:

Zwei Varianten für eine zentrale solare Brauchwasserbereitung mit unterschiedlich hohen Deckungsgraden

Technische Daten zu diesen Varianten (Kollektoranordnung, Speicheraufstellung)

Hydraulischer Einbindungsvorschlag der Solaranlage in das geplante Warmwasserbereitungssystem

Eine Funktionsbeschreibung dieser Varianten

Solare Erträge und Deckungsgrade für diese Varianten

Eine Kostenschätzung der Varianten

Eingesparte Energie

Die Ausgangssituation

Die Waschanlage besteht aus fünf Boxen und einem Maschinenraum und ist in unmittelbarer Umgebung eines Einkaufszentrums geplant. In den Waschboxen können mit einer kontaktlosen Waschlance Autos gewaschen werden.

Für den Waschgang mit Waschmittel wird dabei Warmwasser mit einer Temperatur von 60°C benötigt, während für den anschließenden Spülgang Kaltwasser eingesetzt wird. Das Kaltwasser wird mit Hilfe einer Umkehrosmoseanlage enthärtet, um Trockenflecken auf den Autos zu vermeiden. Eine Bodenheizung in den Boxen verhindert im Winter das Vereisen der Boxenböden.

Der Energiebedarf für die Brauchwasserbereitung und die Bodenbeheizung soll in erster Planung von einem Ölkessel abgedeckt werden, der im Maschinenraum aufgestellt wird. Eine weitere Möglichkeit ist der Anschluss an ein lokales Biomasse – Fernwärmenetz, das auch für die Beheizung eines nahegelegenen Einkaufszentrums eingesetzt wird.

Ziel ist es, die Energieversorgung für die Brauchwasserbereitung, ohne fossile Brennstoffe zu betreiben und einen Teil des Wärmebedarfs mit einer Solaranlage zu decken.

Durch den Einsatz von Biomasse – Fernwärme und einer Solaranlage kann der gesamte Wärmebedarf der Waschanlage völlig CO₂ – neutral, d.h. ohne Einsatz von fossilen Brennstoffen erfolgen.

7.4.2 Der Warmwasserbedarf

Der Warmwasserbedarf und das Verbrauchsprofil wurde nach den Angaben von Herrn Janke ausgearbeitet und in das Simulationsprogramm T*sol eingegeben.

Dabei wurde ein Tagesmittelverbrauch, auf die ganze Woche bezogen, von 2.465 Litern Warmwasser mit einem Temperaturniveau von 60°Celsius errechnet.

Während der Stosszeiten an den Wochenenden wurde dabei ein maximaler Warmwasserverbrauch von 1.000 Liter pro Stunde bei durchgehendem Betrieb der Waschanlage zugrundegelegt. Das solar erwärmte Wasser wird nur für die Waschlampen verwendet und nicht in die Bodenheizung im Winter eingebracht.

Die Aufteilung des Warmwasserbedarf der Waschlampen ergibt sich aus dem folgend beschriebenen Verbrauchsprofil.

7.4.3 Das Verbrauchsprofil

Der Warmwasserverbrauch ist eine der entscheidenden Größen für die Auslegung einer Solaranlage. Es ist deshalb wichtig das Verbrauchsprofil so genau wie möglich zu definieren. Für die Simulationen wurde deshalb basierend auf den Verbrauchsangaben von Herrn Janko ein zeitliches Verbrauchsprofil erstellt, welches speziell auf die SB Waschboxen abgestimmt wurde. Die Tages-, Wochen- und Jahresverbrauchsprofile sind aus den folgenden Diagrammen zu entnehmen.

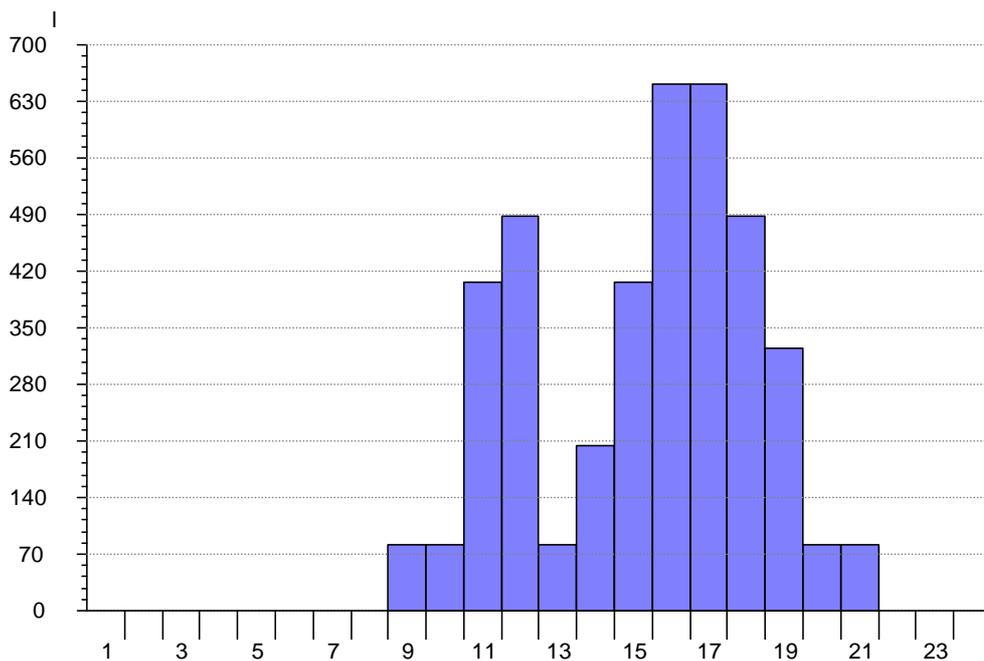


Abbildung 7.12: Warmwasserverbrauchsprofil für einen Tag im Jänner

Beim Tagesverbrauchsprofil ist ein Spitzenbedarf am Vormittag, eine Mittagspause und ein erneuter Spritzenwert am Nachmittag zu erkennen. Die Aufteilung nach obigen Muster ist für alle Tage dieselbe, während die Absolutwerte des Verbrauches auch vom jeweiligen Wochentag und vom Monat abhängen.

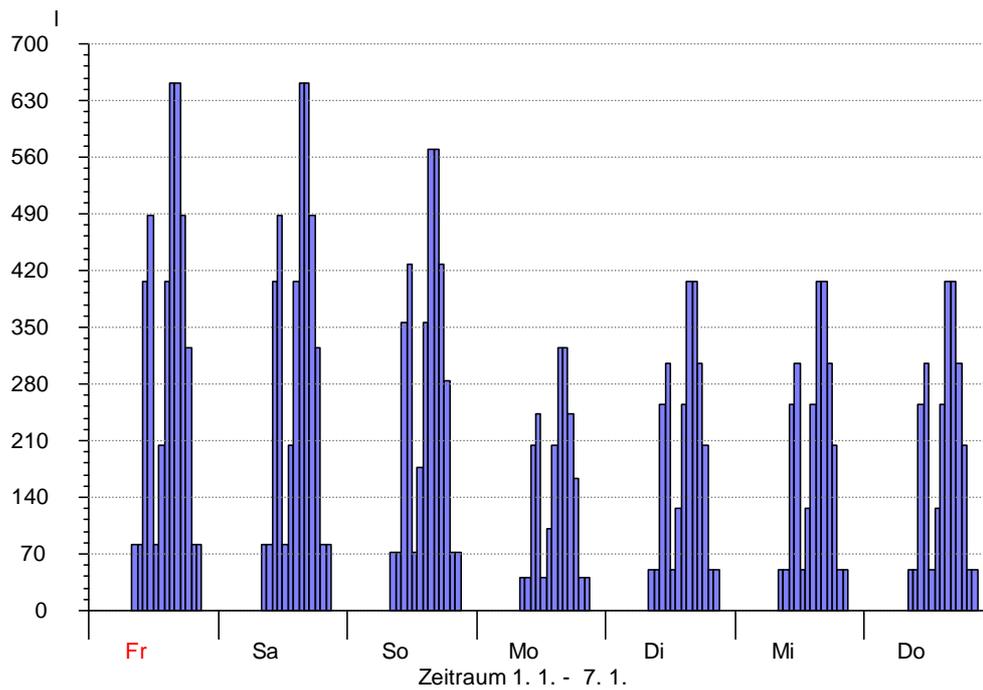


Abbildung 7.13: Warmwasserverbrauchsprofil für eine Woche im Jänner

Ganz klar ist der reduzierte Warmwasserbedarf an den Werktagen bis Donnerstag ersichtlich. Am Wochenende, vor allem am Samstag erreicht der Verbrauch die Spitzenwerte. Die Absolutwerte sind wieder vom jeweiligen Betrachtungsmonat abhängig.

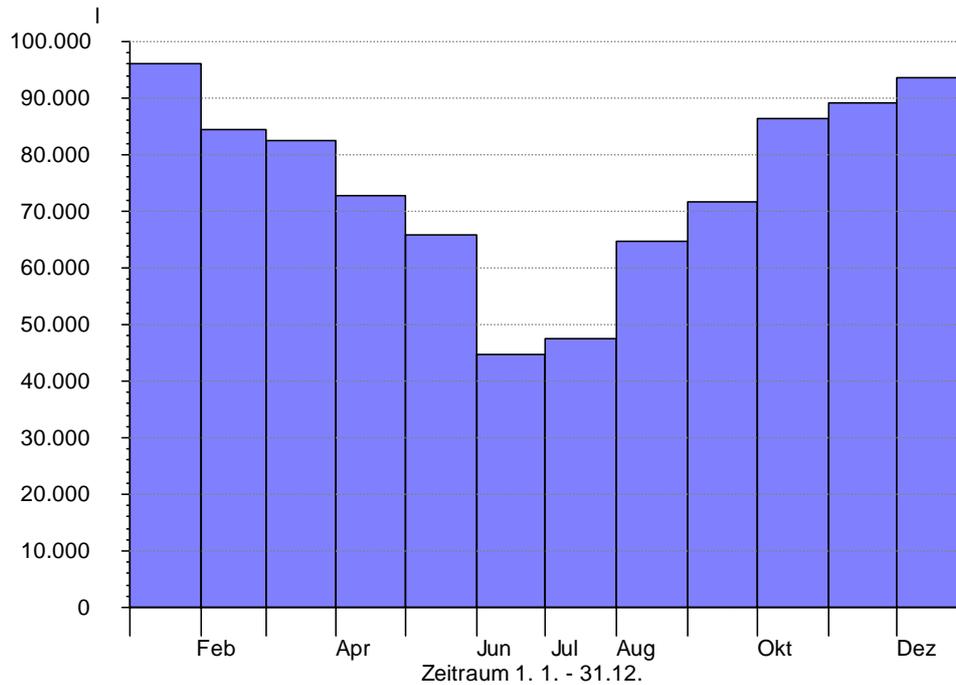


Abbildung 7.14: Warmwasserverbrauchsprofil für ein Jahr

Aufgrund der Angaben wird mit einem erhöhten Bedarf in den Wintermonaten gerechnet und eine Verringerung des Verbrauchs in den Sommermonaten erwartet.

Einhergehend mit dem oben beschriebenen Verbrauchsprofil ergeben sich die folgenden **mittleren** Betriebsstunden für die angegebenen Zeiträume:

Zeitraum	Betriebsstunden pro Box	Betriebsstunden gesamt
Tag	2,4	12
Woche	17	85
Monat	74	368
Jahr	884	4.420,0

Die folgenden Warmwasserverbräuche wurden in Übereinstimmung mit den Angaben oben für die Berechnungen zugrunde gelegt:

Zeitraum	Maximaler Verbrauch in Liter	Mittlerer Verbrauch in Liter
Tag	5.000	2.460
Woche	21.100	17.000
Monat	91.800	75.000
Jahr	900.000	

Der Jahresverbrauch wurde entsprechend dem Jahresprofil ermittelt.

7.4.4 Die Klimadaten

Die Simulationen wurden auf Basis eines Referenz-Wetterdatensatzes für Graz mit T Sol⁶ erstellt. Die Wetterdatensätze basieren auf Halbstundenmittelwerten der Sonneneinstrahlung. Der Wetterdatensatz ist der eines Jahres im langjährigen Durchschnitt. Das tatsächliche Sonnenangebot und Wetter kann aber davon abweichen. Die spezifische Globalstrahlung, die monatlich auf die geneigte Kollektorfläche einfällt, ist im Folgenden dargestellt.

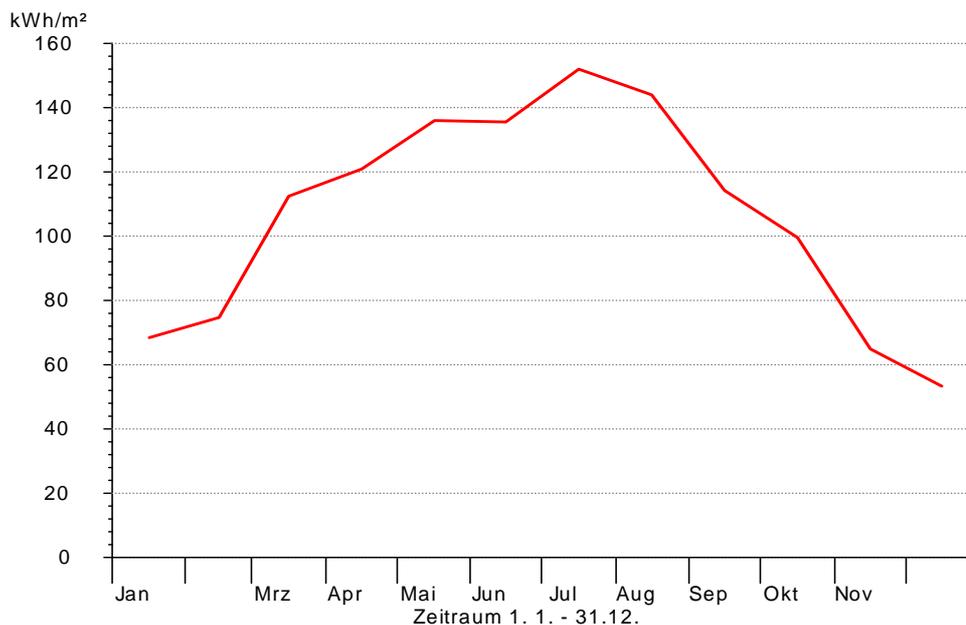


Abbildung 7.15: Spezifische Globalstrahlung auf die geneigte Kollektorfläche

⁶T Sol ... Computerprogramm zur Simulation von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und teilsolaren Raumheizung. Büro Dr. Valentin, Berlin

7.4.5 Solare Warmwasserbereitung

Funktion einer Solaranlage

Die eingestrahlte Sonnenenergie wird im Kollektor in Wärme umgewandelt. Diese Wärme wird durch ein Wärmeträgermedium (Wasser - Frostschutzgemisch) mit Hilfe einer Pumpe über Rohrleitungen und einen Wärmetauscher in den unteren Teil eines Boilers eingebracht. Das über den Wärmetauscher abgekühlte Wasser - Frostschutzgemisch fließt dann zum Kollektor zurück. Die Umwälzung des Mediums erfolgt mit Hilfe einer Pumpe.

Eine elektronische Regelung sorgt dafür, dass die Pumpe nur dann in Gang gesetzt wird, wenn ein Energiegewinn vom Sonnenkollektor zu erwarten ist, d.h., wenn das Wärmeträgermedium im Kollektor wärmer ist als das Medium im Speicher. Sowohl der Speicher, als auch die Rohrleitungen müssen gut wärmegeklämt werden, um unnötige Verluste zu vermeiden.

Solaranlage mit einem Brauchwasserspeicher

Als sehr effizient und kostengünstig für die Anwendung zur Vorwärmung und für die reine Warmwasserbereitung im Sommer haben sich Systeme ohne Puffer erwiesen. Bei diesen Anlagenkonzepten wird die solar gewonnene Wärme über einen Wärmetauscher in den unteren Bereich des Boilers eingebracht. Im Sommer wird nur dann mit Fernwärme nachgeheizt, wenn die solaren Gewinne nicht ausreichen, um die notwendige Brauchwassertemperatur von 60°C zu erreichen. Im Winter bei niedrigem Strahlungsangebot der Sonne werden die Energiegewinne der Solaranlage für die Vorwärmung des Boilerwassers verwendet, womit sich der Fernwärmebezug verringert. Der Betrieb der Solaranlage erfolgt nach dem High-Flow Prinzip.

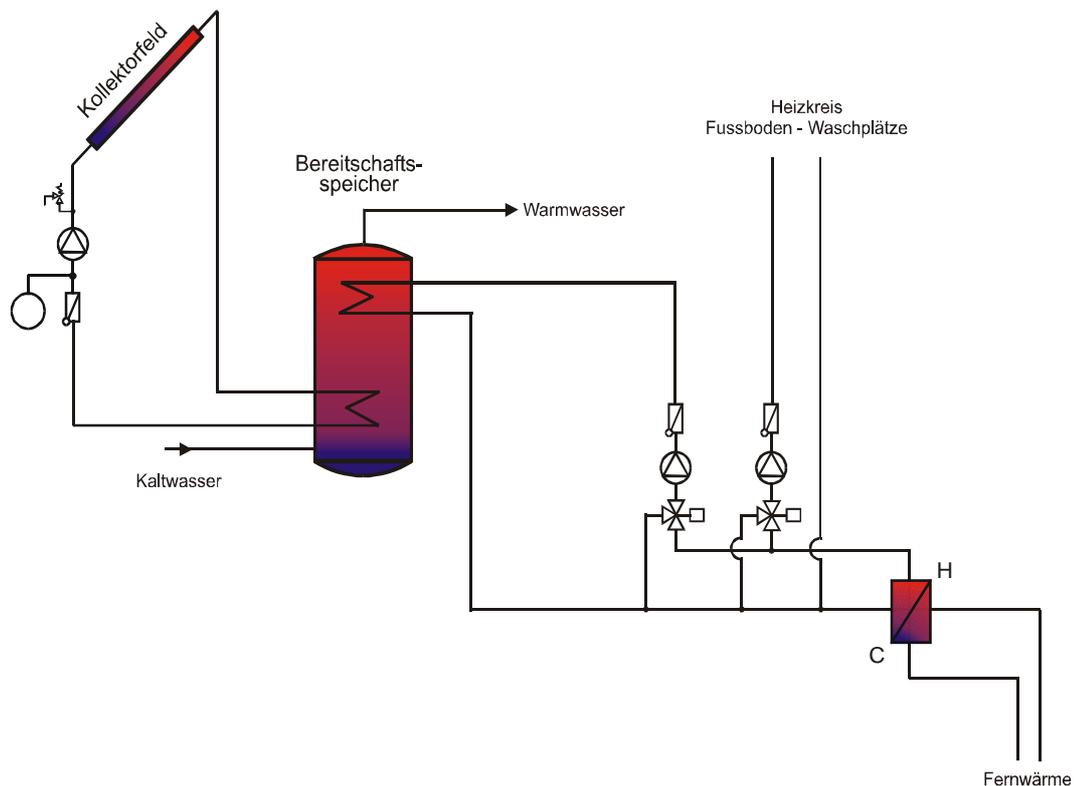


Abbildung 7.16: Schema einer möglichen Solaranlageeinbindung mit Fernwärmeanschluss

Vorteile dieser Anlagenhydraulik sind:

- ≠ Die vorgeschlagene Anlage ist sehr kostengünstig, da nur ein Bereitschaftsspeicher eingesetzt wird, in dem das Brauchwasser erwärmt wird. Ein zweiter größerer Bereitschafts- und Pufferspeicher ist in diesem System nicht nötig.
- ≠ Der Brauchwasserspeicher wird über einen internen Glattrohrwärmetauscher im unteren Teil des Speichers über den Solarkreislauf erwärmt. Die Einbindung der konventionellen Nachheizung (Fernwärme) erfolgt im oberen Bereich des Speichers. Damit wird gewährleistet, dass zu jeder Zeit der Spitzenbedarf mit einem Temperaturniveau von 60° Celsius bereitgestellt werden kann.
- ≠ Bei länger anhaltendem Sommerschlechtwetter und in den Wintermonaten wird die benötigte Zusatzenergie über den Fernwärmeanschluss dem Boiler zugeführt. Im Winter reicht bei geringer Sonneneinstrahlung die Energie der Sonne aber trotzdem für eine Vorwärmung des Speichermediums.
- ≠ Brauchwasserspeicher werden normalerweise maximal auf 55° Celsius aufgeheizt, um Kalkausfall zu vermeiden. Durch die Verwendung von enthärtetem Wasser kann aber eine Temperaturobergrenze von 90°C gewählt werden, womit es möglich ist, mehr Energie zu speichern.

7.4.6 Daten zur Solaranlage

Positionierung des Kollektorfeldes

Die parallel angeordneten Waschboxen haben eine Gesamtlänge von 30,1 m und eine Gesamtbreite von 6,5 m und werden mit einem Flachdach aus Trapezprofilblech abgedeckt. Auf diesem Flachdach kann die Montage der Kollektoren erfolgen. Da eine Aufständigung nötig ist, kann ein Aufstellwinkel von 45° gewählt werden, der über das gesamte Jahr gesehen zu optimalen solaren Gewinnen führt. Die Ausrichtung der Längsrichtung der Boxen ist in West – Ost Richtung geplant. Bei einer Montage der Kollektoren parallel zu der Längsseite ergibt sich eine Abweichung der Kollektorfläche von 20° gegen Südwest.

Die Rohrleitungen von den Kollektoren zum Boiler könnten direkt über das Dach in den Maschinenraum geführt werden.

Aufdachkollektoren sind auf der Rückseite mit einer seewasserbeständigen Aluminiumwanne abgedeckt, womit sich bei der Verwendung solcher Kollektoren keine Probleme in Hinsicht auf Korrosion durch aufsteigende Sprühnebel aus den Waschboxen ergeben sollten.

Positionierung des Brauchwasserspeichers

Für die beiden Varianten wurden Simulationen mit unterschiedlich großem Brauchwasserspeicher durchgeführt. Als Aufstellungsraum würde sich der Maschinenraum mit einer Raumhöhe von 2,8 m eignen, welcher schon für den vorher geplanten Ölheizkessel und den Boiler vorgesehen war.

Das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen des Speichers sollte so gering wie nur möglich sein um die Wärmeverluste zu reduzieren.

Zu berücksichtigen sind auch die Einbringmaße bzw. Kippmaße der Speicher.

Volumen [l]	Gewicht [kg]	Höhe ca. [mm]	Durchmesser [mm]	Kippmaß ca. [mm]
850	140	2.000	800	2.100
1.000	160	2.300	800	2.400
1.250	170	2.100	950	2.250
1.600	205	2.600	950	2.750

Tabelle: Abmaße - handelsüblicher Bereitschaftsspeicher

7.4.7 Ergebnisse

Simulation und Ergebnisse der Anlagenvarianten

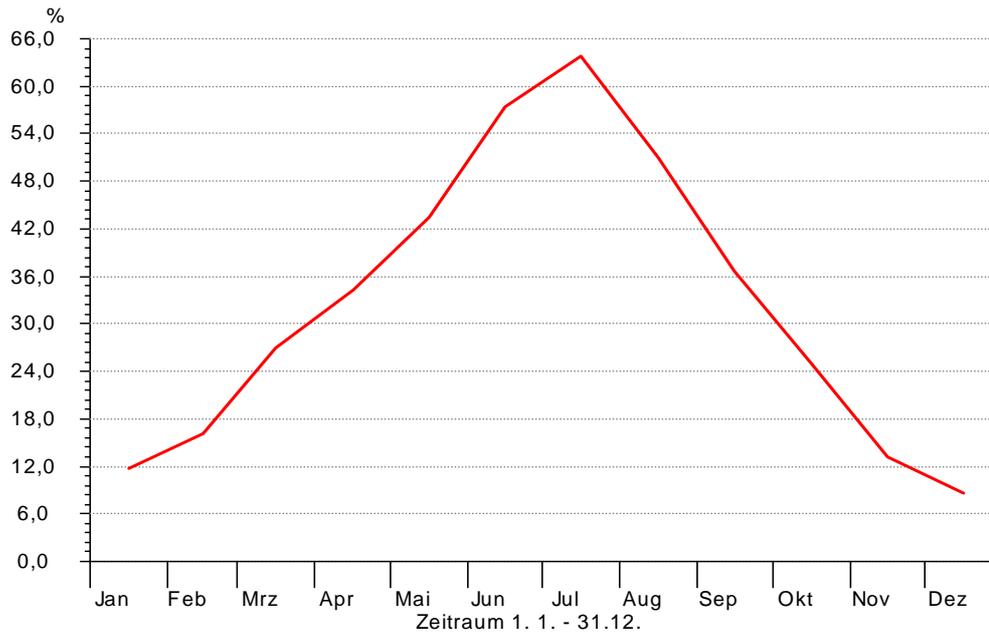
Es wurde mit den vorher beschriebenen Rahmendaten Simulationen für verschiedene Anlagenvarianten und Deckungsgrade durchgeführt. Es sind auch Wirkungsgrade bzw. Nutzungsgrade sowie Speicher- und Zirkulationsverluste mitberücksichtigt. Die wichtigsten Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

		Variante 1	Variante 2
Bruttokollektorfläche	[m ²]	30,1	49,5
Kollektorneigung	[°]	45	45
Azimut	[°]	20	20
Volumen Brauchwasserspeicher	[l]	1.000	1.500
Energiebedarf für Warmwasser	[kWh/a]	52.500	52.500
Vom Solarsystem erbracht	[kWh/a]	13.350	18.390
Entspricht Warmwasser mit 60°C	[Liter/a]	229.400	316.000
Kollektorjahresertrag/m ²	[kWh/m ² a]	443	370
Solarer Deckungsanteil Warmwasser	[%]	25,6	34,5
Vermiedene CO ₂ -Emissionen mit Heizöl EL	[kg]	4.540	6.252
Geschätzte Systemkosten excl. Ust.	[€/m ²]	500	485
Geschätzte Gesamtkosten excl. Ust.	[€]	15.000	24.000

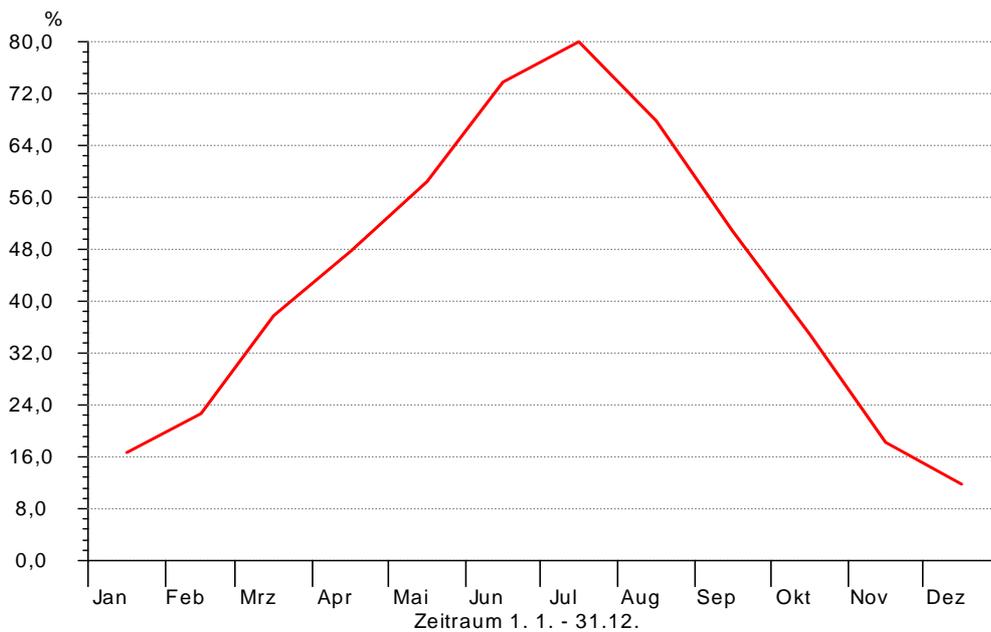
Die Systemkosten (ohne Umsatzsteuer) sind auf Basis von bereits realisierten Anlagen vergleichbarer Größe erstellt worden. Diese Kosten beinhalten die Kollektoren, die Verrohrung vom Dach in den Technikraum, den Brauchwasserspeicher und Anlagenkomponenten wie Pumpen, Wärmetauscher etc.

Die solare Deckung bezieht sich auf den gesamten Primärenergieeinsatz zur Erzeugung der notwendigen Energie. Dabei sind die Abdeckung von Speicherverlusten sowie entsprechende Nutzungs- bzw. Wirkungsgrade der Zusatzenergieerzeugung inkludiert.

Die Energien und solaren Deckungsgrade sind das Ergebnis der mit T*Sol erstellten Simulationen. Wesentlichen Einfluss auf die Simulationsergebnisse hat der Warmwasserverbrauch. Der Warmwasserbedarf wurde nach den Angaben von Herrn Roland Janko ausgearbeitet. Die Parameter und Ergebnisse dieser Studie sollen zur Entscheidungsfindung beitragen, können aber nicht die Detailplanung der Anlage zur Brauchwassererwärmung ersetzen.

Abbildung 7.17: Solarer Deckungsgrad für eine Anlage mit 30 m²

Die obige Grafik zeigt die Jahresenergiebilanz für das angegebene Verbrauchsprofil mit einem Jahresverbrauch von ca. 900.000 Litern Warmwasser und 30 m² Kollektorfläche. Die nachstehende Grafik zeigt die gleichen Größen für eine 50 m² Anlage.

Abbildung 7.18: Solarer Deckungsgrad für eine Anlage mit 50 m²

Wirtschaftlicher Vergleich von Anlagenvarianten

Es wurde mit den vorher beschriebenen Rahmendaten ein wirtschaftlicher Vergleich für die verschiedenen Anlagenvarianten durchgeführt.

Um aus heutiger Sicht eine Solaranlage im Vergleich mit fossilen Energieträgern wirtschaftlich zu machen, ist aufgrund der momentan sehr niedrigen Energiepreise eine Förderung notwendig. Für die nachfolgende Berechnung der Amortisationszeit wurde eine Förderung der österreichischen Kommunalkredit mit 30% der vorerst geschätzten Gesamtkosten angenommen.

Da der Betrieb der Anlage auch Kosten für Stromverbrauch und Wartung verursacht, wurden diese auch berücksichtigt. Die jährliche Brennstoffeinsparung wurde mit einem Preis von € 0,04 für eine Kilowattstunde Fernwärme berechnet.

Eine wesentliche Rolle spielt der Kapitalzins, dies ist jener Zinssatz, mit dem Kapital für die Investition von einer Bank geliehen werden müsste, bzw. der Zinssatz, mit dem das eingesetzte Kapital verzinst werden könnte.

Auch die Preissteigerungsrate für Energiebezug und Betriebskosten wurde für die Berechnung der Amortisationszeit berücksichtigt.

Die wichtigsten Parameter und Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

		Variante 1	Variante 2
Vom Solarsystem erbracht	[kWh/a]	13.350	18.390
Kollektorfläche	[m ²]	30,1	49,5
jährlicher Stromverbrauch Pumpen	[kWh/a]	240	255
jährliche Brennstoffeinsparung Fernwärme	[kWh/a]	17.115	23.570
Kapitalzins	[%]	4	4
Preissteigerungsrate Energiebezug	[%]	4	4
Preissteigerungsrate Betriebskosten	[%]	2	2
Geschätzte Gesamtkosten excl. Ust.	[€]	15.000	24.000
Förderung ÖKK 30%	[€]	4.500	7.200
verbleibende Investitionskosten	[€]	10.500	16.800
Einsparung hinsichtlich Fernwärmebezug*	[€]	13.160	18.130
Amortisationszeit	[a]	17	22

* berechnet für eine Lebensdauer von 20 Jahren mit der angegebenen Verzinsung des Kapitals und den angegebenen Preissteigerungen für den Energiebezug

Die Amortisationszeit ist der Zeitraum, den die Anlage laufen muss, um für die Investition einen Barwert von Null zu erbringen. Für Solaranlagen wird eine durchschnittliche Lebensdauer von ca. 25 bis 30 Jahren angenommen.

Die Einsparungen beziehen sich auf ein System mit Fernwärmeanbindung. Die sich ergebende Amortisationszeit ergibt sich rein aus dem Vergleich der Ersparnis an bezogener Fernwärme zu den Investitionskosten und Betriebskosten.

Die Amortisationszeit der gesamten Waschanlage wird durch die Erweiterung um die Solaranlage allerdings nur unwesentlich verlängert.

Die Einsparung und solare Amortisationszeiten sind das Ergebnis der mit T-Sol erstellten Simulationen. Wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben die Zinssätze, Energiepreise und Preissteigerungsraten für Betriebskosten und Wartungskosten.

7.5 Fallstudie Solaranlage S&W Umwelttechnik - Klagenfurt

7.5.1 Einsatzgebiet

Bei S&W Umwelttechnik in Klagenfurt werden Betonteile für Abwasserreinigungsanlagen gefertigt. Für die ausreichend schnelle Abbindung der Betonteile in den Monaten mit tiefen Außentemperaturen (März – April und Oktober – Dezember) wird Warmwasser für das Anmischen der Rohstoffe verwendet. Wird die optimale Mischtemperatur von 18°C nicht erreicht, dauert der Abbindungsvorgang zu lange und die Betonteile können nicht innerhalb eines Tages aus der Trockenhalle entfernt werden. Damit geht ein Tag für die Produktion verloren.

Die Untersuchung sollte zeigen, ob der Bedarf an Warmwasser mit einer thermischen Solaranlage gedeckt werden kann.

7.5.2 Wasserbedarf

Die fertige Betonmischung soll eine optimale Mischtemperatur von 18°C aufweisen. Durch die Lagerung der Rohstoffe in thermisch kaum isolierten Silos, weisen die Rohstoffe im Frühjahr und im Herbst sehr tiefe Temperaturen auf. Die Zumischung von Warmwasser wird genutzt, um die Mischtemperatur entsprechend anzuheben. Die Mischung setzt sich wie folgt zusammen:

Zement pro Mischung	kg	400
Kies pro Mischung	kg	2.400
Wasser pro Mischung	kg	140
Masse einer Mischung	kg	2.940
Anzahl der Mischungen pro Tag	-	70
Wasserbedarf am Tag gesamt	kg	9.800
Wasserbedarf im Jahr gesamt	m ³	1.890

Angaben lt. S&W Umwelttechnik

Die Temperatur der Rohstoffe wurde anhand der mittleren monatlichen Außentemperaturen für Klagenfurt ermittelt. Diese wurden dem Klimadatensatz für Klagenfurt aus dem Simulationsprogramm T*Sol 4.0 entnommen. Durch eine Mischungsrechnung konnte die nötige Warmwassermenge für das Erreichen der optimalen Mischtemperatur bestimmt werden. Die Berechnungen haben ergeben, dass nur eine Wassertemperatur von 70°C in den kalten Monaten geeignet ist, die optimale Mischtemperatur (18,0°C) zu erreichen. Die nötigen Warmwassermengen bei einer Temperatur von 70°C zeigt die folgende Tabelle:

Produktions- monat	Temperatur Rohstoff [°C]	Warmwasser Liter pro Tag	Temperatur Mischung [°C]	Produktions- tage	Warmwasser Liter pro Monat
März	5	9.800	18,5	16	156.800
Apr	10	6.300	18,0	19	119.700
Mai	15	4.900	20,2	19	93.100
Jun	18	1.400	18,1	20	28.000
Jul	19	700	18,0	22	15.400
Aug	18	1.400	18,1	22	30.800
Sep	15	4.900	20,2	21	102.900
Okt	8	7.700	18,2	22	169.400
Nov	5	9.800	18,5	21	205.800
Dez	5	9.800	18,5	11	107.800
Jahr				193	1.029.700

Prinzipiell muss festgehalten werden, dass der Bedarf an Warmwasser dem solaren Strahlungsangebot entgegenläuft, wie dies aus Abbildung 7.19 ersichtlich ist. Die rote Kurve zeigt den vorgegebenen Energiebedarf für die Erwärmung des Wassers und die blaue Kurve die Energie, die auf die Kollektorfläche (Bezugsfläche) einfällt.

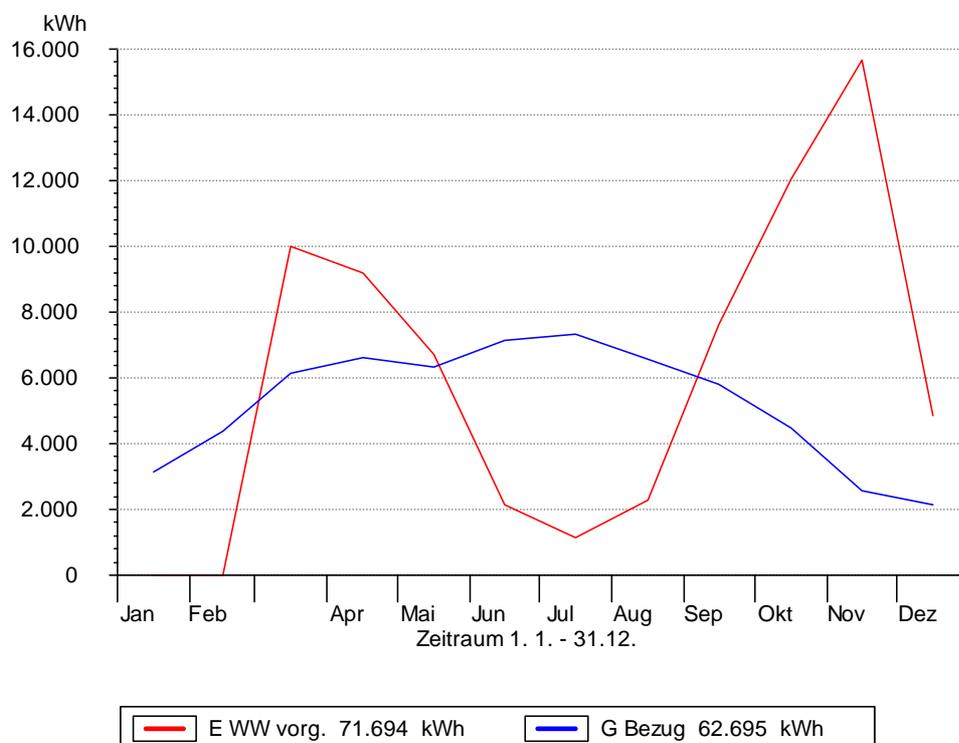


Abbildung 7.19: Energiebedarf Warmwasser und solares Energieangebot

Der Betrieb der Betonteilefertigung läuft von März bis Mitte Dezember. In den dazwischenliegenden Zeiten steht die Produktion still, da es in den Wintermonaten keine Nachfrage am Markt gibt.

Die Produktion startet um 7:00 Uhr morgens und endet um 15:00 Uhr. Es wurde eine Pause am Vormittag und eine Mittagspause durch entsprechend reduzierten Wasserbedarf für diese Stunden berücksichtigt.

7.5.3 Simulationen mit T*Sol 4.0

Ausgehend von den gegebenen Basisdaten (lt. Angaben von S&W Umwelttechnik) wurden verschiedene Varianten mit unterschiedlich großer Kollektorfläche mit dem Simulationsprogramm T*Sol 4.0 untersucht.

Alle Varianten wurden anschließend einer wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen. Als Basis für die möglichen Einsparungen wurde der Einsatz von Heizöl Extraleicht als Primärenergieträger herangezogen, wie dies im Betrieb tatsächlich der Fall ist.

In Abbildung 7.20 wird das simulierte System dargestellt. Es besteht aus dem Kollektorfeld, einem 7.000 Liter Bereitschaftsspeicher, dem Ölkessel und dem Wärmeabgabesystem (Brauchwasser). Derzeit wird ein ölbeheizter Kessel mit einem 1.000 Liter Boiler für die Warmwasserbereitung eingesetzt. Der 7.000 Liter Bereitschaftsspeicher wurde gewählt, um eine Warmwassertemperatur von 70°C durchgehend zur Verfügung stellen zu können.

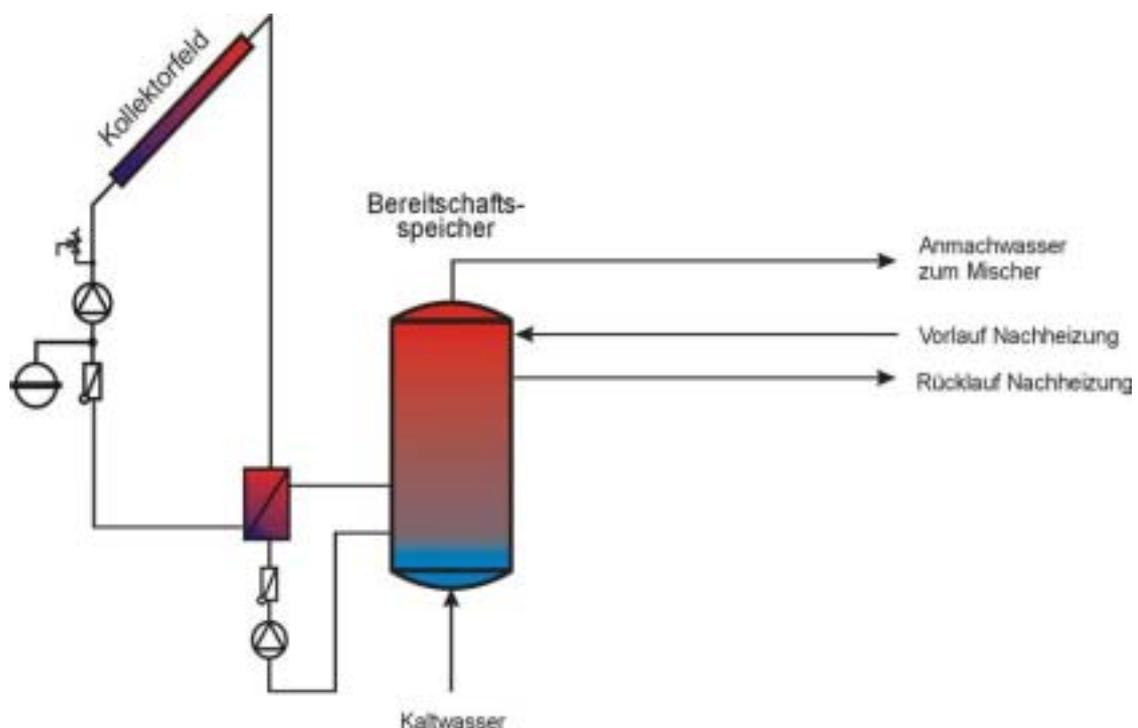


Abbildung 7.20: Anlagenkonzept S&W Umwelttechnik

Das Kollektorfeld wurde mit einer Ausrichtung nach Süden (Azimut: 0°) und einem Aufstell-Winkel von 45° simuliert.

Übersicht der simulierten Varianten:

Bezeichnung	Kollektorfläche Netto m ²
Variante 1	20
Variante 2	30
Variante 3	40
Variante 4	50
Variante 5	60
Variante 6	80
Variante 7	100

7.5.4 Ergebnisse der Simulationen

Abbildung 7.21 zeigt die Deckungsgrade für die Warmwasserbereitung für die untersuchten Varianten. Der solare Deckungsgrad definiert sich wie folgt:

$$\text{Solarer Deckungsgrad} = \frac{\text{Energie vom Solarsystem}}{\text{Gesamtenergiebedarf}}$$

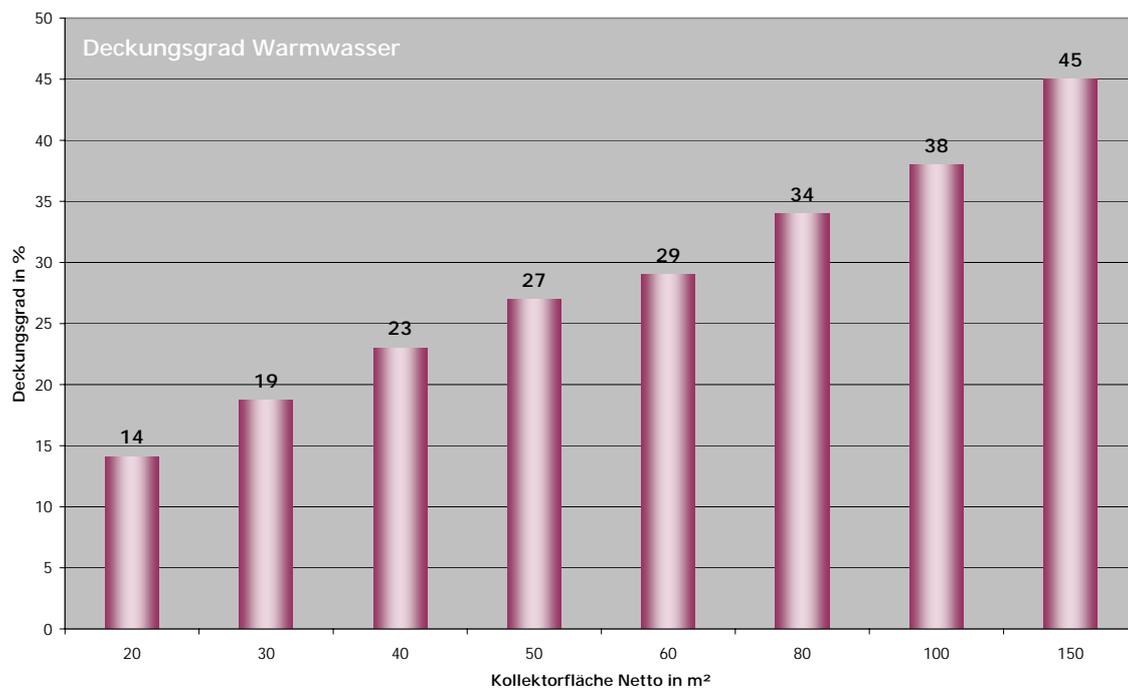


Abbildung 7.21: Deckungsgrad für Warmwasser von März bis Mitte Dezember

Der Deckungsgrad steigt mit größer werdender Kollektorfläche immer weiter an. Anzumerken ist allerdings, dass ab einer Fläche von 80 m² im Sommer sehr hohe Temperaturen im Kollektor entstehen. Die Ursache dafür ist, dass der Speicher gefüllt und der Warmwasserbedarf sehr gering ist, wodurch die Anlage in Stillstand geht.

Abbildung 7.22 zeigt die Einsparung an Heizöl Extraleicht aufgrund des Energiegewinns durch die solarthermische Anlage. Die möglichen Einsparungen liegen zwischen 1.488 Liter/Jahr und 4.170 Liter/Jahr für die betrachteten Systeme.

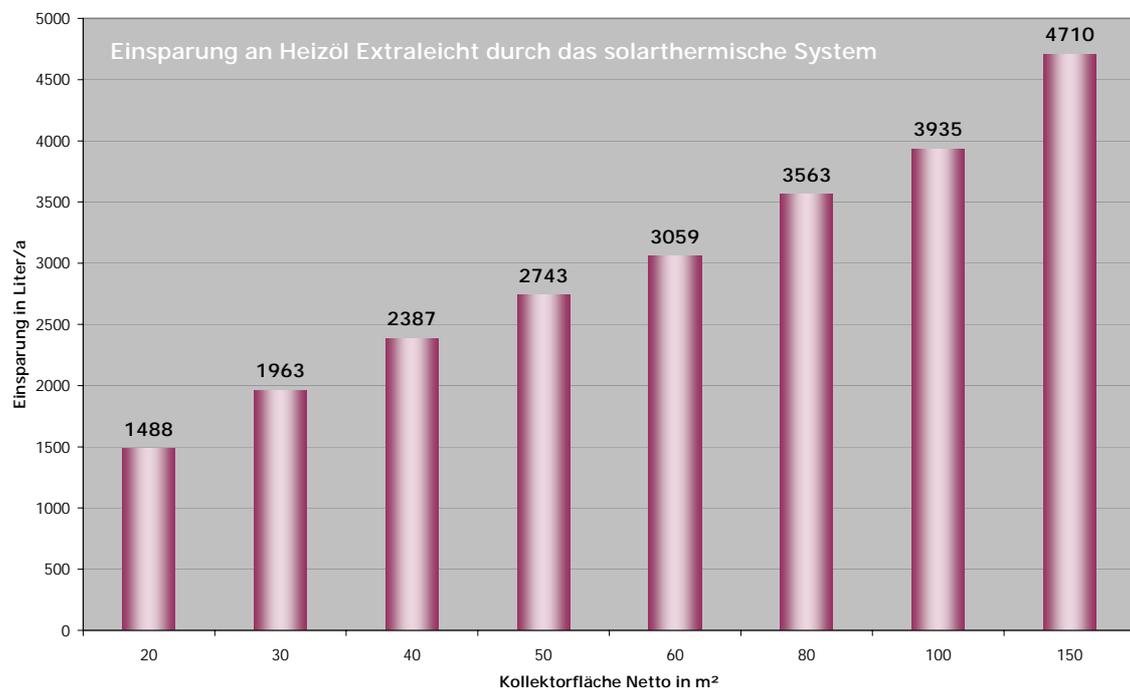


Abbildung 7.22: Einsparung Heizöl EL pro Jahr

Einhergehend mit den eingesparten Ölmengen können die folgenden CO₂-Reduktionen für die einzelnen Varianten angegeben werden:

Bezeichnung	Kollektorfläche Netto m ²	Einsparung Heizöl EL Liter/a	Reduktion CO ₂ kg/a
Variante 1	20	1.488	3.958
Variante 2	30	1.963	5.222
Variante 3	40	2.387	6.349
Variante 4	50	2.743	7.296
Variante 5	60	3.059	8.137
Variante 6	80	3.563	9.478
Variante 7	100	3.935	10.467

Mit den Werten für die eingesparte Ölmenge pro Jahr und einem Ölpreis von 0,32 EURO pro Liter Heizöl EL wurden Wärmepreise für die verschiedenen Systeme berechnet. Dabei wurde ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gewählt, über den die Einsparungen aufsummiert wurden. Die mögliche Förderung von 30% der umweltrelevanten Systemkosten durch die Kommunalkredit AG ist berücksichtigt. Für jedes System wurden außerdem jährliche Betriebskosten in Höhe von 2,5% der Investitionssumme angenommen. Die Summe der Ausgaben wurde durch die erzielbaren Energieeinsparungen in 20 Jahren dividiert und so der Wärmepreis in EURO pro Kilowattstunde erhalten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.23 dargestellt. Die Kosten für den Speicher wurden bei den Systemkosten nicht berücksichtigt, da dieser als ohnehin notwendige Investition angesehen wird. Eine Aufstellung der Systemkosten, die der Berechnung zu Grunde gelegt wurden, findet sich im Anhang.

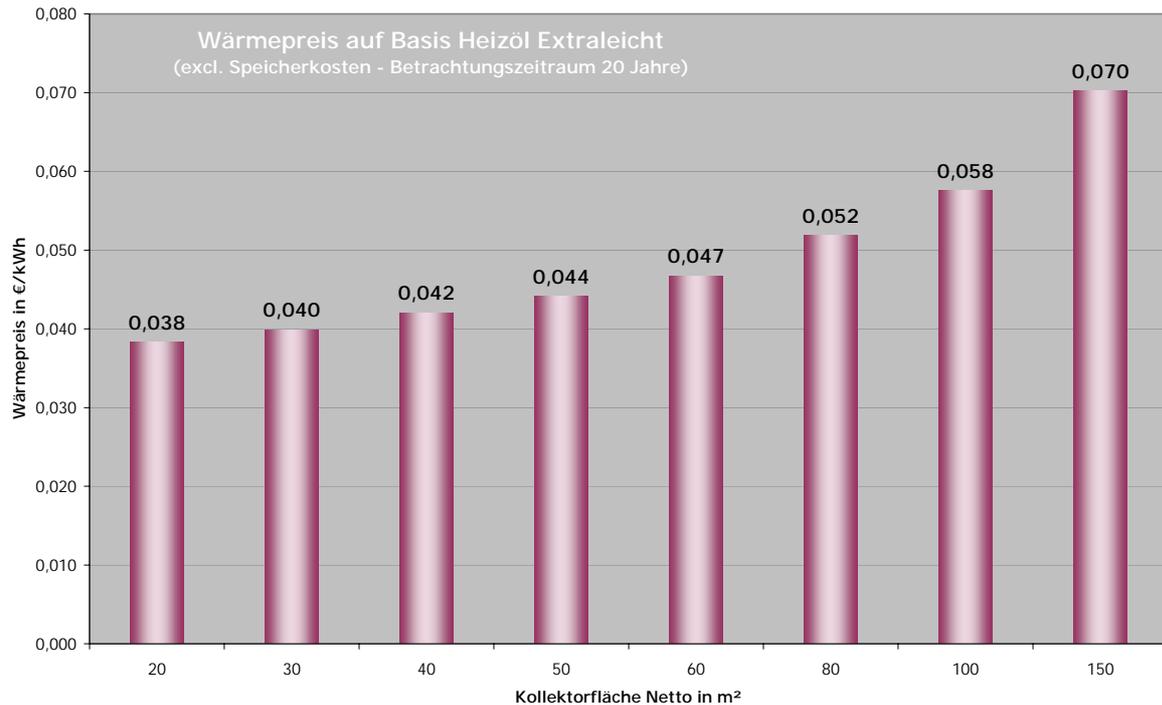


Abbildung 7.23: Wärmepreis der verschiedenen Systeme

Basierend auf den Vorgaben (Wasserbedarf hinsichtlich Menge und zeitlichem Anfall) und den Ergebnissen der Simulationen können folgende Aussagen getätigt werden:

- ⚡ der Wasserbedarf läuft dem Strahlungsangebot der Sonne entgegen, d.h. im Sommer besteht nur ein geringer Bedarf, während die Sonne die größte Energie-Menge liefert.
- ⚡ ein Bereitschaftsspeicher mit einem Volumen von 7.000 Litern ist notwendig, um ein dauerndes Betreiben des Heizkessels mit Spitzenlast zu vermeiden.
- ⚡ je kleiner die Systeme werden, desto geringer wird der Wärmepreis. Allerdings wird auch die absolute Menge an Heizöl, die eingespart werden kann immer kleiner.
- ⚡ das System mit 40 m² erreicht einen Wärmepreis, der auf dem Niveau von Heizöl EL bei Berücksichtigung eines Jahreswirkungsgrades von 70% für den Heizkessel liegt.
- ⚡ mit allen Systemen ist die Bereitstellung der notwendigen Warmwassermenge für das Erreichen der optimalen Mischtemperatur möglich. Außerdem werden Produktionsausfälle aufgrund nicht vollständiger Abbindung vermieden und eine durchgehend

gleichbleibende Qualität der Produkte gewährleistet. Der finanzielle Effekt muss vom Unternehmen selbst abgeschätzt werden.

Hinweis:

Sämtliche Grunddaten zum Wasserbedarf basieren auf den Angaben des Unternehmens. Für die Simulationen wurde ein Klimadatensatz von Klagenfurt verwendet, der Durchschnittswerte der letzten 10 Jahre darstellt. Die tatsächlichen Ergebnisse hängen vom realen Verbrauch und den tatsächlichen klimatischen Verhältnissen ab und können von den Simulationsergebnissen abweichen.

7.5.5 Weiterführende Betrachtungen

Für das System mit 40 m² Kollektorfläche wurden zusätzliche Berechnungen durchgeführt, welche die Auswirkungen einer Isolation der Rohstoffsilos illustrieren sollen.

Durch eine Isolation der Silos soll eine minimale Temperatur der Rohstoffe von 10°C nicht unterschritten werden. Mit dieser Nebenbedingung wurde der notwendige Warmwasserbedarf auf den Temperaturniveaus von 70°C und 50°C erneut ermittelt und Simulationen mit T*Sol 4.0 durchgeführt.

Bezeichnung	Silo isoliert Ja/Nein	Temperatur	Warmwasser-	Energie-Bedarf	Primärenergie-
		Warmwasser	Bedarf	Kaltwasser=10°C	Bedarf $\xi = 70\%$
		°C	m ³ /a	kWh/a	kWh/a
Variante 1 (wie oben beschrieben)	Nein	70	1.029	71.807	93.349
Variante 2	Ja	70	733	51.151	66.497
Variante 3	Ja	50	1.082	50.337	65.438

Aus obenstehender Tabelle ist ersichtlich, dass die Isolation der Rohstoffsilos eine Reduktion des Energiebedarfs von bis zu 30% ermöglicht. Der jährliche Gesamtwasserbedarf bleibt dabei konstant bei 1.890 m³/a, da die Tabelle nur den Warmwasserbedarf angibt und der Rest den Kaltwasseranteil darstellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Isolation auch mit einer Warmwassertemperatur von 50°C produziert werden kann und die Mischtemperatur von 18°C trotzdem nicht unterschritten wird. Hinsichtlich der Energieeinsparung stellt dies keinen großen zusätzlichen Gewinn dar – für den Betrieb der Anlage bringt dies aber den Vorteil, dass ein Verkalken der Anlageanteile kaum möglich ist. Mit einer verstärkten Bildung von Kalk bzw. Ausfällen von Kalk ist ab einer Temperatur von 60°C zu rechnen.

Die nachstehende Tabelle zeigt den jeweils verbleibenden Primärenergiebedarf für ein Jahr nach Umsetzung der möglichen Maßnahmen (Solaranlage bzw. Isolation der Rohstoffsilos).

Bezeichnung	Deckungsgrad	Einsparung Heizöl EL	Verbleibender Primär-	Reduktion PE-Bedarf
	Warmwasser	durch Solaranlage	energiebedarf	nach Isolation + Solar
		Liter/a	kWh/a	%
Variante 1	23	2.387	69.479	25,6
Variante 2	29	2.184	44.657	52,2
Variante 3	32	2.380	41.638	55,4

Die Reduktion des Primärenergiebedarfs ist auf die Energiemenge von 93.349 kWh/a bezogen, welche für den Fall ohne Isolation und ohne solarthermische Anlage für die Warmwasserbereitung aufgebracht werden muss. Ob die Isolation der Silos technisch und wirtschaftlich möglich ist, muss gesondert ermittelt werden.

Eine Gegenüberstellung der Energiekosten der Warmwasserbereitung mit und ohne solarthermisches System zeigen die folgenden Tabellen.

Wärmebedarf nur durch Heizkessel gedeckt

Energie-lieferant	Energiebedarf (inkl. Speicher- und Rohrverlusten)	Wirkungsgrad Heizkessel	PE-Bedarf	Wärmepreis	Kosten
	kWh/a	-	kWh/a	€/kWh	€/a
Kessel	74.151	0,7	105.930	0,032	3.390
Summe	74.151			0,046	3.390

Wärmebedarf durch Heizkessel + Solaranlage gedeckt

Energie-lieferant	Energiebedarf (inkl. Speicher- und Rohrverlusten)	Wirkungsgrad Heizkessel	PE-Bedarf	Wärmepreis	Kosten
	kWh/a	-	kWh/a	€/kWh	€/a
Kessel	57.294	0,7	81.849	0,032	2.619
Solaranlage	16.857	-	-	0,042	708
Summe	74.151			0,045	3.327

Es zeigt sich somit, dass durch die Anschaffung einer Solaranlage mit einer Kollektornettofläche von 40 m² folgende Effekte erzielbar sind:

€# der Primärenergiebedarf kann um 25 % gesenkt werden

€# die jährliche CO₂ Reduktion beträgt ca. 6.450 kg

€# die Energiekosten bleiben trotz Einrechnung der Investitionskosten der Solaranlage auf dem derzeitigen Niveau bzw. sind etwas geringer (ca. 60 €/a).

€# im Sommer ist das Potenzial der Solaranlage nicht voll genutzt und kann für die Abdeckung eines zusätzlichen Wärmebedarfs eingesetzt werden (Duschen, Handwaschbecken). Damit wären weitere Energieeinsparungen möglich.

7.5.6 Geschätzte Systemkosten

Geschätzte Systemkosten der betrachteten Varianten

Kollektorfläche (Netto)	Spez. Systemkosten	Systempreis
m ²	€/m ²	€
20	332	6.640
30	307	9.210
40	295	11.800
50	287	14.350
60	282	16.920
80	276	22.080
100	272	27.200
150	267	40.050

Die Kosten beinhalten: Kollektormodule, Lieferung, Montage, Verrohrung und Zubehör

Die Kosten für den Speicher wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, da dessen Anschaffung ohnehin notwendig ist.

Kosten eines 7m³-Speichers: ca. 4.000 €

Alle Preise excl. MwSt.

7.6 Fallstudie Solaranlage Beerenfrost - Lieboch

7.6.1 Einsatzgebiet

Im untersuchten Prozess werden Kunststoffkisten, die zuvor mit gefrorenen Beeren gefüllt waren, in einem Tauchbecken angetaut und anschließend mit Warmwasser gewaschen. Die Solaranlage wird für die Bereitstellung des Warmwassers für diesen Waschprozess eingesetzt. Das Wasser aus dem Waschprozess wird über einen Überlauf in das vorgeschaltete Antaubecken geleitet. Die Kisten haben zu Beginn des Prozesses eine Temperatur von -25°C .

Wasserbedarf Kistenwaschanlage:

Das Waschen der Kisten kann zeitlich während der Monate April bis September frei eingeteilt werden. Eine Übersicht der zu verarbeitenden Kistenmenge, der möglichen täglichen Kapazitäten sowie des Wasserbedarfs gibt die nachstehende Tabelle:

Masse der Kisten pro Jahr	kg	750.000
Anzahl der Kisten pro Jahr	-	500.000
Masse der Kisten pro Tag	kg	12.000
Anzahl der Kisten pro Tag	-	8.000
Notwendige Arbeitstage für die Jahresmenge an Kisten	Tage	63
Wasserbedarf pro Tag	Liter	15.000
Wasserbedarf pro Jahr	Liter	945.000
Wassertemperatur	$^{\circ}\text{C}$	40

Angaben lt. Beerenfrost Lieboch

Die 63 notwendigen Arbeitstage wurden für die Simulationen so aufgeteilt, dass ein Betrieb der Kistenwaschanlage von 3 Tagen in der Woche mit jeweils einem Tag Stillstand zwischendurch erhalten wurde.

Einspeisung in die Fußbodenheizung

In der Übergangszeit (März – Mai bzw. September – November) können die geringeren solaren Gewinne in die bereits vorhandene Fußbodenheizung eingespeist werden. Als nötige Heizleistung wurde von Beerenfrost Lieboch ein Wert von 20 kW und eine zu beheizende Fläche von ca. 250 m² angegeben.

7.6.2 Simulationen mit T*Sol 4.0

Ausgehend von den gegebenen Basisdaten wurden verschiedene Varianten mit dem Simulationsprogramm T*Sol 4.0 untersucht. Die nachstehende Grafik zeigt die zwei unterschiedlichen Aufstellungsorte, die verglichen wurden:

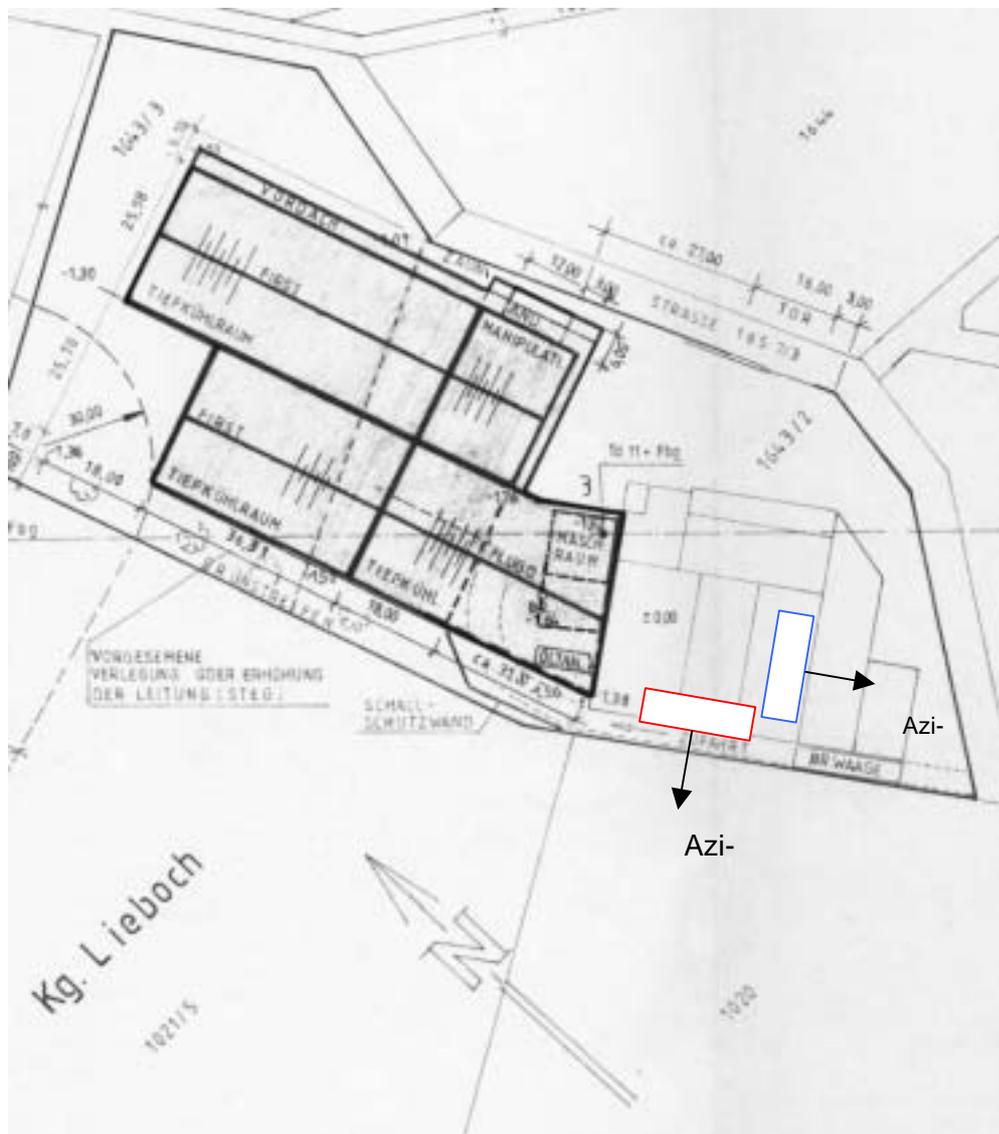


Abbildung 7.24: Lageplan Beerenfrost Lieboch

Für jeden der beiden Aufstellungsorte wurden unterschiedliche Aufstellwinkel simuliert. Eine Variante wurde mit dem durch die Dachneigung gegebenen Winkel von 9° berechnet und eine zweite mit einem Aufstellwinkel von 45°.

Zum Vergleich wurden die Systeme mit und ohne Heizungsunterstützung simuliert.

Alle Varianten wurden anschließend einer wirtschaftlichen Betrachtung unterzogen. Als Basis für die möglichen Einsparungen wurde der Einsatz von Heizöl Extraleicht als Primärenergieträger herangezogen. Dies entspricht zwar nicht dem im Betrieb eingesetzten Energieträger, der Vergleich der Varianten untereinander ist aber dennoch möglich.

In Abbildung 7.25 wird das simulierte System dargestellt. Es besteht aus dem Kollektorfeld, einem 9.000 Liter Pufferspeicher, einem 9.000 Liter Bereitschaftsspeicher, einem 2.000 Liter Heizungsspeicher und den Wärmeabgabesystemen (Brauchwasser und Fußbodenheizung). Die drei Speicher und die Wärmeabgabesysteme stellen bestehende Anlagenteile bei Beerenfrost dar.

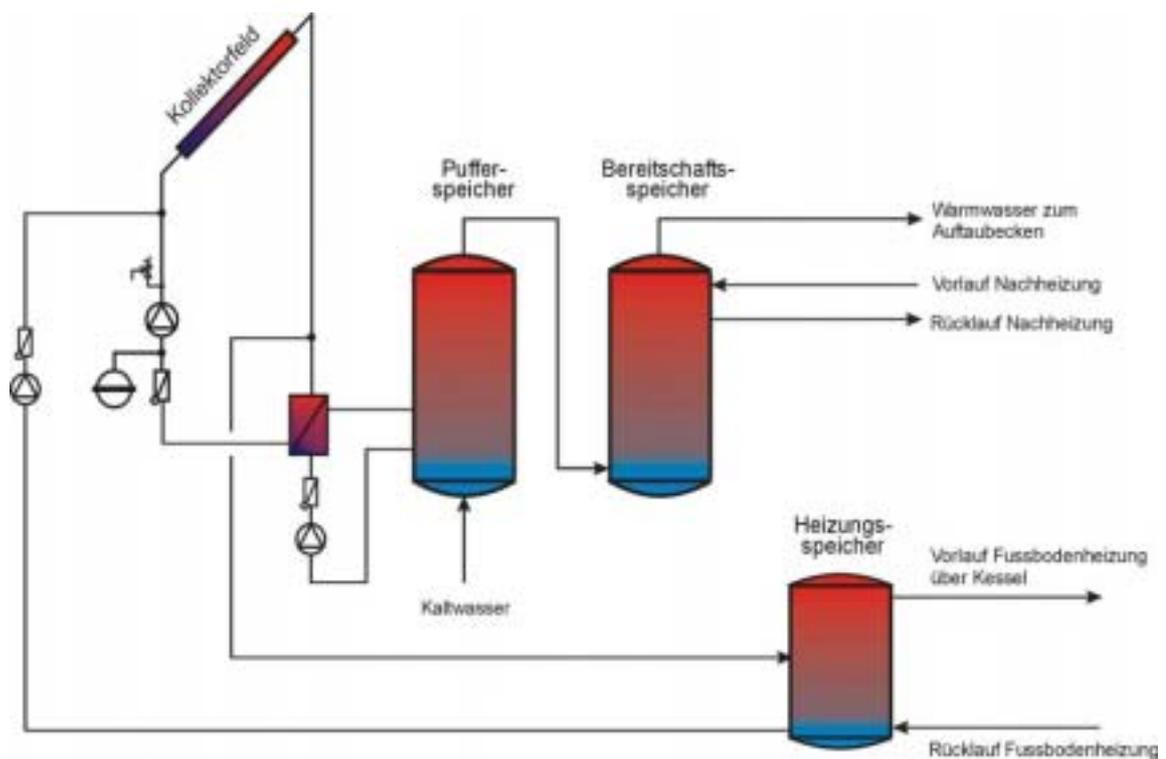


Abbildung 7.25: Anlagenkonzept Beerenfrost

Übersicht der simulierten Varianten:

FB - Heizleistung	Kollektorfläche Netto	Azimut	Neigung der Kollektoren	Bezeichnung der Variante in den Diagrammen
kW	m ²	°	°	-
0	100	-33	45	100 -33 45 0 kW Heiz
20	100	-33	45	100 -33 45 20 kW Heiz
0	100	57	45	100 57 45 0 kW Heiz
20	100	57	45	100 57 45 20 kW Heiz
0	100	57	9	100 57 9 0 kW Heiz
20	100	57	9	100 57 9 20 kW Heiz
0	150	-33	45	150 -33 45 0 kW Heiz
0	150	-33	9	150 -33 9 0 kW Heiz
0	150	57	45	150 57 45 0 kW Heiz
20	150	57	45	150 57 45 20 kW Heiz
0	150	57	9	150 57 9 0 kW Heiz
20	150	57	9	150 57 9 20 kW Heiz
0	200	-33	45	200 -33 45 0 kW Heiz
0	200	57	45	200 57 45 0 kW Heiz
20	200	57	45	200 57 45 20 kW Heiz
0	200	57	9	200 57 9 0 kW Heiz
20	200	57	9	200 57 9 20 kW Heiz

Azimut: Süd entspricht 0°; Ost entspricht -90°; West entspricht +90°

7.6.3 Ergebnisse der Simulationen

Abbildung 7.26 zeigt die Deckungsgrade für die Warmwasserbereitung für die untersuchten Varianten. Die Bezeichnung der Varianten setzt sich wie folgt zusammen:

Kollektorfläche in m² / Azimut des Kollektors in ° / Neigungswinkel des Kollektors in ° / Heizleistung in kW

Beispiel: „100 57 45 20 kW Heiz“ - stellt die Variante mit 100 m² Kollektorfläche, Azimut von 57°, Aufstellwinkel von 45° und einer Heizleistung von 20 kW dar.

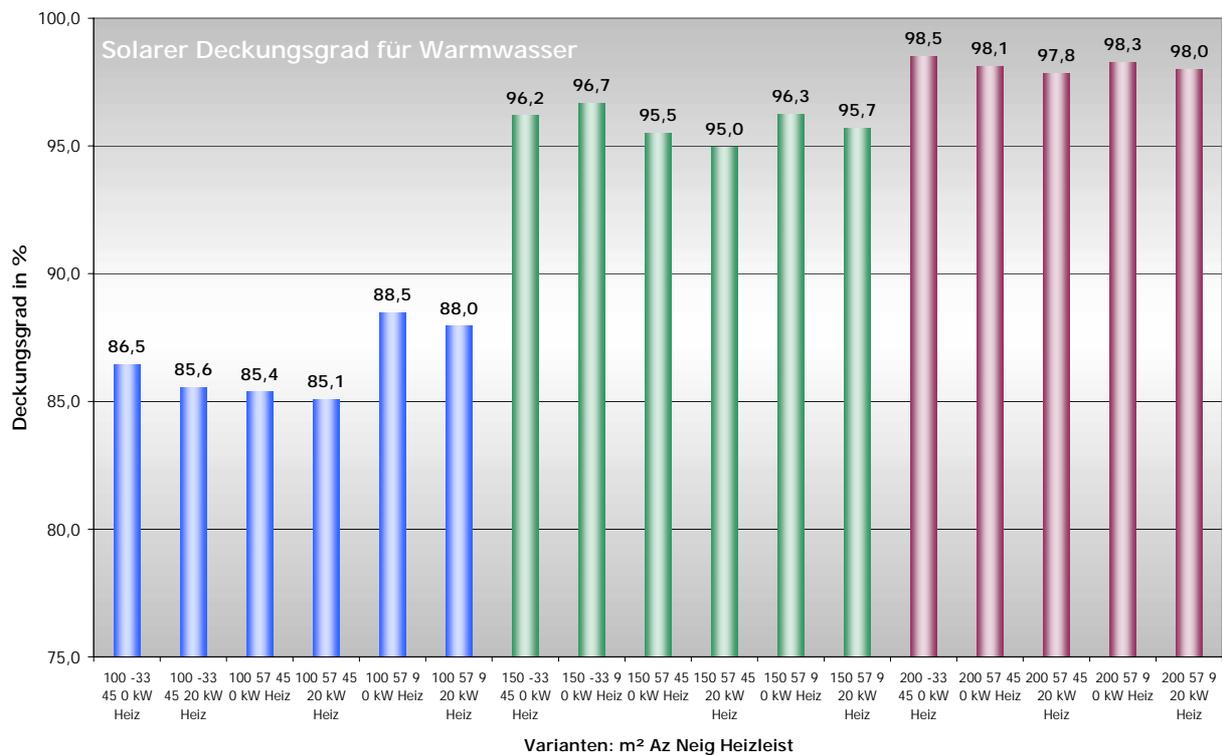


Abbildung 7.26: Deckungsgrad für Warmwasser für den Waschprozess von April bis August

Aus Abbildung 7.26 kann entnommen werden, dass die Aufstellung mit einem Azimut von 57° nicht wesentlich schlechtere Erträge liefert, als jene mit -33°.

Der Aufstellwinkel von 9° (entsprechend der Dachneigung) ist für die reine Warmwasserbereitung vorzuziehen. Durch den reinen Sommerbedarf an Warmwasser kommt diese Neigung der Kollektoren dem hohen Sonnenstand entgegen und liefert so mehr Ertrag. Für eine kombinierte Heizungsunterstützung durch die Solaranlage ist andererseits ein Winkel von 45° optimal, um in der Übergangszeit die flache Einstrahlung der Sonne besser zu nutzen

(dies zeigt Abbildung 7.27). Die jährlichen Einsparungen wurden auf ein System mit Heizöl Extraleicht bezogen. Die erzielten Werte liegen dabei in einem Bereich von 3.655 Liter bis maximal 5.800 Liter Heizöl pro Jahr.

Die Variante Azimut 57° bietet den Vorteil von geringerer Leitungslänge und somit geringeren Wärmeverlusten der Verrohrung. Außerdem erscheint die Montage der Kollektoren an dieser Stelle wesentlich einfacher zu sein.

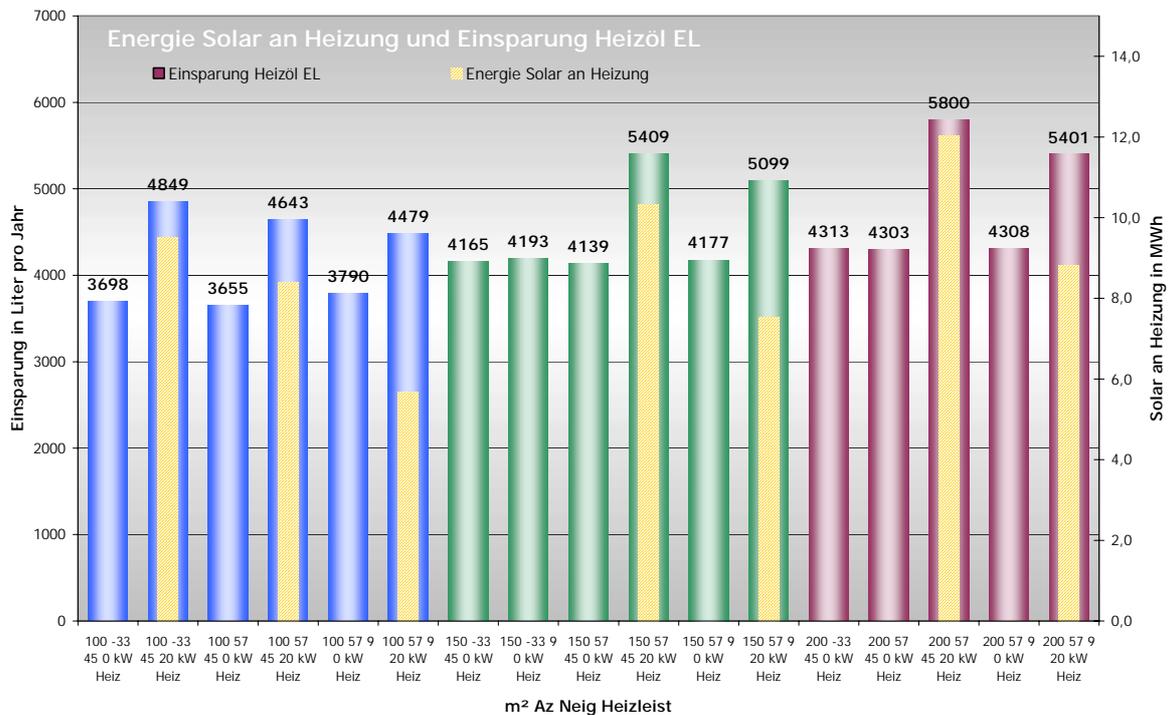


Abbildung 7.27: Einsparung Heizöl und Lieferung von Solarenergie an Heizung

Mit den Werten für die eingesparte Ölmenge pro Jahr und einem Ölpreis von 0,35 EURO pro Liter Heizöl EL wurden Wärmepreise für die verschiedenen Systeme berechnet. Dabei wurde ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gewählt, über den die Einsparungen aufsummiert wurden. Für jedes System wurden außerdem jährliche Betriebskosten in Höhe von 2,5% der Investitionssumme angenommen. Die Summe der Ausgaben wurde durch die erzielbaren Energieeinsparungen in 20 Jahren dividiert und so der Wärmepreis in EURO pro Kilowattstunde erhalten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.28 dargestellt.

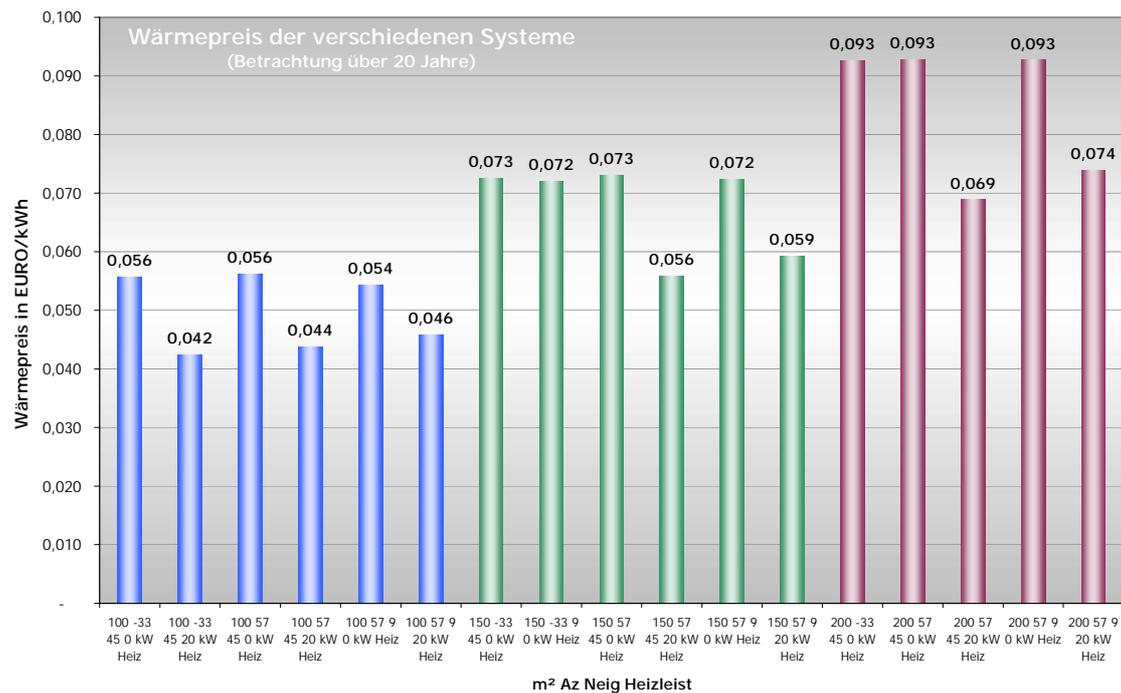


Abbildung 7.28: Wärmepreis der verschiedenen Systeme

Basierend auf den Vorgaben (Wasserbedarf hinsichtlich Menge und zeitlichem Bedarf, Heizleistung) und den Ergebnissen der Simulationen können folgende Aussagen getätigt werden:

- ⚡ es besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den möglichen Aufstellungsorten (Azimut -33° oder 57°).
- ⚡ für reine Warmwasserbereitung ist eine Neigung der Kollektoren von 9° (entsprechend der Dachneigung) vorzuziehen. Ergibt einen Mehrertrag von 1 MWh pro Jahr im Vergleich zu 45° bei einem Kollektorfeld von 100 m^2 .
- ⚡ für kombinierte Heizungsunterstützung ist eine Neigung der Kollektoren von 45° optimal. Ergibt einen Mehrertrag von 1,7 MWh pro Jahr im Vergleich zu 9° bei einem Kollektorfeld von 100 m^2 .
- ⚡ die Varianten mit Heizungsunterstützung erscheinen wirtschaftlicher und führen zu geringeren Wärmepreisen.

€# die wirtschaftlichsten Varianten sind jene mit einer Kollektorfläche von 100 m² und einer kombinierten Heizungsunterstützung.

Hinweise

Durch einen höheren Warmwasserbedarf (Menge oder über längeren Zeitraum im Sommer) können höhere Einsparungen erzielt werden, da auch die Anlage mit 100 m² das Potenzial dafür hat. Damit kann ein geringerer Wärmepreis erzielt und die Wirtschaftlichkeit der Anlage erhöht werden.

Dieses Vorgehen ist allerdings nur dann mit einer nachhaltigen Wirtschaftsweise des Unternehmens vereinbar, wenn ein zusätzlicher, bereits bestehender Warmwasserbedarf durch die solarthermische Anlage mitversorgt wird.

Durch den geringen Warmwasserbedarf im September kann es zu hohen Temperaturen im Kollektor kommen (über 120° C - Stillstand der Anlage). Dies kann durch Abführen der Wärme in vorhandene Wärmesenken (Regenwassertank) verhindert werden.

7.7 Fallstudie Solaranlage Berglandmilch – Voitsberg

Sitz der Unternehmensleitung und Zentrale der Berglandmilch reg.Gen.m.b.H. ist in Pasching in Oberösterreich. Weitere Standorte von Österreichs größtem milchverarbeitenden Unternehmen befinden sich in Feldkirchen, Garsten, Geinberg, Klagenfurt, Aschbach und Karpfham in Deutschland.

Der Gesamtumsatz des Konzerns betrug im Jahr 2000 ca. 570 Mio. Euro, im Jahr 2001 ca. 596 Mio. Euro. Im Jahr 2000 betrug der Mitarbeiterstand 966, es wurden mehr als 950 Mio. kg. Rohmilch verarbeitet, die von ca. 17.500 bäuerlichen Lieferanten produziert wurden.

Die Produktpalette umfasst die bekannten Marken Schäringer, Desserta und Fidus. Es gibt rund 450 Artikel in den Bereichen: Frischprodukte, H-Milch, Käse, Butter, Joghurt und Topfen. Der Exportanteil betrug im Jahr 2000 rund 35% der Gesamtproduktion.

In den letzten zwei Jahren wurde in den Ausbau der Käserei in Voitsberg 25 Mio. Euro investiert. Damit konnte die Jahresproduktion auf 15.000 Tonnen mehr als verdoppelt werden.

Durch diese gegenüber 2002 nunmehr verdoppelte Produktion konnte die Käserei Voitsberg auch ihre Position als einer der wichtigsten Arbeitgeber der Region weiter ausbauen. Wurden 1994 noch mit 64 Mitarbeiter 4.139 Tonnen Käse erzeugt, so stellen mittlerweile 110 Mitarbeiter 15.000 Tonnen Käse her.

Aufgrund der steigenden Beliebtheit und des wachsenden Absatzes der unter der Marke Schäringer verkauften Käse hat die Berglandmilch bereits im Jahr 2001 ca. € 1,3 Mio. in ein 1.600 qm großes Käseerfungs- und Auslieferungslager investiert.

Verarbeitet wird in Voitsberg ausschließlich österreichische Rohmilch aus der Steiermark und dem südlichen Burgenland. Um einen Kilogramm Käse herzustellen benötigt man in etwa 10 kg Milch.

Der Betrieb wurde bereits 1993 als erstes milchwirtschaftliches Unternehmen Österreichs nach ISO 9001 zertifiziert, weitere Zertifizierungen sind: ISO 9001 (seit 1993); ISO 14001 (seit 1998); SCC (Arbeitssicherheit); AQA (Austrian Quality Award seit 1998)

Das Hauptprodukt in Voitsberg ist Käse, eingeteilt nach den „Schäringer“-Geschmackswelten:

- Mild-fein: Schloosdamer; Käse nach Holländerart, Gouda und Toastkäse;
- G´schmackig-mild: Amadeus, Tilsette;
- Würzig-kraftig: Moosbacher, Dachsteiner, St.Patron, Raclette, Bergfex, Alpzirler, Le Rose, Asmonte;

Nebenprodukte sind Süßrahm, Magermilch und Molkekonzentrat.

7.7.1 Beschreibung der Produktionsanlagen und der Betriebsweise

Abbildung 7.29 stellt die wesentlichen Produktionsprozesse von der Annahme der Rohmilch bis hin zu den einzelnen Produkten dar.

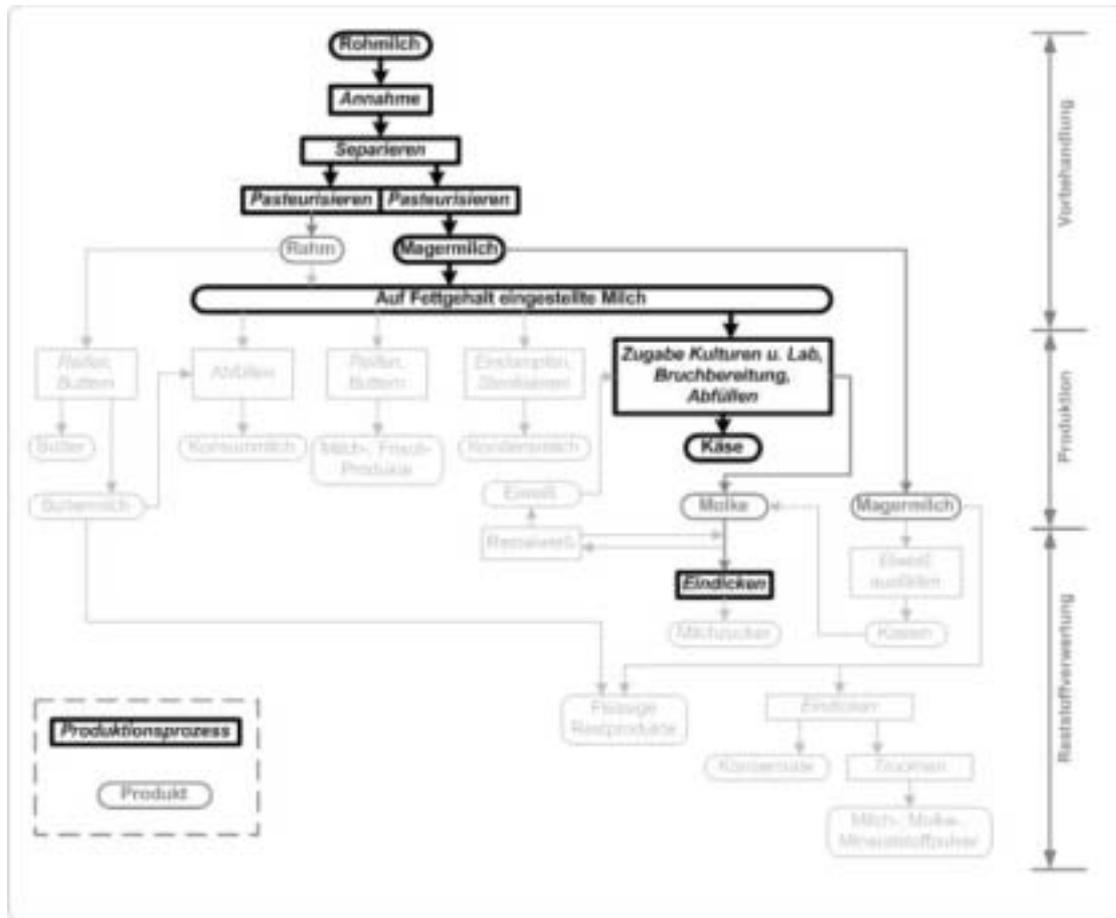


Abbildung 7.29: Produktionsschema mit wichtigsten Produkten und Prozessen

Die Milch wird per LKW in Chargen angeliefert. Die Berglandmilch reg. Gen. mbH. verfügt über keinen eigenen Fuhrpark.

Nach Lagerung in einem Rohmilchtank wird die Milch pasteurisiert. Dabei wird die Milch von 6-8°C im Gegenstrom auf 74°C erhitzt und daraufhin auf 7-8°C rückgekühlt. Der Pasteurisierungskreislauf ist geschlossen und wird mit Dampf auf Temperatur gehalten. Die Wärmerückgewinnung zwischen Aufheizen und Abkühlen beträgt 95%.

Nach dem Pasteurisieren wird die Milch in einem Tanklager im Freien bis zu 24 Stunden gelagert. Der Tank ist isoliert, nicht gekühlt.

Für die Weiterverarbeitung wird die Milch auf 31°C erwärmt. Wärmeträger ist Warmwasser.

Die Käseproduktion erfolgt in Käsefertigern. Je nach zu erzeugender Käsesorte stehen vier Kulturbereiter zur Zudosierung von Käsekulturen zur Verfügung. Die Starttemperatur im Käsefertiger beträgt 35 - 40 °C und wird mittels zugeführtem Heißwasser, ca. 1m³ mit 60 - 80°C, eingestellt. Die Käsefertiger sind doppelwandig ausgeführt, um die Temperatur regeln zu können.

Der erzeugte Käse steht zur eingesetzten Milch im Verhältnis 1:10. Somit ergeben 10.000 Liter Milch + 1 m³ Wasser ca. 1 Tonne Käse und 10.000 Liter Molke. Das fertige Käse-Molke-Gemisch wird in einen Zwischentank gepumpt, in welchem sich das Gemisch trennt. 5000 Liter Molke können sofort abgeschöpft werden. Das verbleibende Gemisch 1 Tonne Käse - 5000 Liter Molke wird einem Portionierer zugeführt. Hier wird die verbliebene Molke mechanisch abgetrennt und der Käse in Form gepresst („Ausformen“). Die ersten und letzten Chargen der Stufe „Portionieren“ werden als Pressmolke bezeichnet und nicht weiterverarbeitet, sondern ausgeschieden und als Tierfutter verkauft.

Nach dem Ausformen werden die Käselaike durch das Salzbad bei 14 - 16°C geführt. Das Salzwasser wird kontinuierlich kontrolliert, nachgeschärft und gekühlt (nicht das Bad). 1 - 2mal jährlich wird das Salzbad vollständig über eine Zentrifuge gereinigt. Verweilzeit im Bad ist 8-48 Stunden und von der Käsesorte abhängig.

Abschließend werden die Käselaike in diversen Reiferäumen gelagert. Temperatur, Luftfeuchte, Verweilzeit bzw. deren Abfolge sind von der Käsesorte abhängig.

Die anfallende Molke wird über einen Eindampfer (Volumen: 10.000 Liter) bei 60°C Betriebstemperatur eingedickt. 10.000 Liter Molke werden zu 1.300 Liter Konzentrat mit 34% TS verarbeitet und an einen Abnehmer (Fa. Meggle) geliefert. Das Brüdenwasser (~38°C) wird in einen Stapelreinigungstank (3.000 Liter) gepumpt und anschließend in einem weiteren Tank mit 5.000 Liter gefördert. Hier setzt sich ein Teil der verbliebenen Molke ab. Das Bodenprodukt mit 15 - 20 % TS wird einer Biogasanlage, das Überwasser wird neutralisiert und der Kläranlage zugeführt. Die Eintrittstemperatur in den Eindicker entspricht cirka der Austrittstemperatur aus der Käseproduktion (~ 38 °C, „Warmeindampfen“). Manche Käsesorten benötigen mehr als 1m³ zudosiertes Wasser. Hier fallen bis zu 13.000 Liter Molke an. Diese Menge kann nicht in einem Schritt verarbeitet werden und wird in einem Zwischentank gelagert. Während der Lagerung sinkt die Temperatur auf bis zu 14°C ab („Kalteindampfen“).

Vor der Verarbeitung der Milch findet für die meisten Produkte eine auf die Verlängerung der Haltbarkeit ausgerichtete Vorbehandlung statt, welche teilweise auch sehr energieintensiv ist:

- Filtern und Kühlen der Milch auf 4 –6°C (Milchannahme)
- Auftrennung in Magermilch und Rahm (Separation)
- Pasteurisieren bei Temperaturen zwischen ca. 63°C und 96°C
- Einstellen der Milch auf den gewünschten Fettgehalt für die weitere Verarbeitung

Bei der weiteren Verarbeitung der Milch treten auch wieder wärmerrelevante Prozesse auf, die ebenfalls einer anschließenden Kühlung bedürfen. Die energiereichsten Prozesse hierbei sind:

- Das Eindampfen und Sterilisieren
- Die Käseherstellung bzw. die Herstellung anderer Produkte
- Die Gebindereinigung vor der Abfüllung
- Das Eindicken und Trocknen
- Das Reinigen sämtlicher Anlagenteile vor Ort (CIP-Anlagen ... Cleaning In Place)

Die abschließende Reststoffverwertung ist durch Eindick- und Trockenprozesse ebenfalls sehr energieintensiv.

7.7.2 Daten zum Gesamtverbrauch und zur Produktion

Die Produktionsanlagen im Werk Voitsberg wurden in den letzten beiden Jahren erneuert, wodurch die Produktionskapazität von 6.000 auf 15.000 t Käse jährlich ausgebaut werden konnten. Die neuen Anlagen sind seit Februar dieses Jahres in Betrieb. In einer ersten Datenerfassung im Juli 2003 wurden Daten von Februar bis Ende Juni erhoben, Rohstoffe, Zwischen- und Endprodukte sowie Energieverbrauch.

Diese Daten liegen teilweise für jeden Tag vor, teilweise (Stromabrechnung) liegen auch nur Monatswerte vor. Eine erste Auswertung dieser Daten in Form von Monatsprofilen ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Die unterschiedliche Entwicklung des spezifischen Energieeinsatzes einerseits bezogen auf die angelieferte Rohmilch und andererseits bezogen auf die verarbeitete Milch in der Käsefertigung (fortan als Käsmilch bezeichnet) lässt sich durch die Entwicklung der Produktpalette erklären. Während im Februar mehr als 85% der angelieferten Rohmilch in der Käsefertigung eingesetzt wurde, waren es z. B. im Mai gerade noch 75%. Da aber auch für die exportierte Magermilch und die Nebenprodukte Rahm und Molkekonzentrat die energieaufwendigen Prozesse der Vorbehandlung und gekühlten Lagerung anfallen, lässt sich der scheinbar steigende spezifische Energiebedarf bezogen auf die verarbeitete Käsmilchmenge erklären.

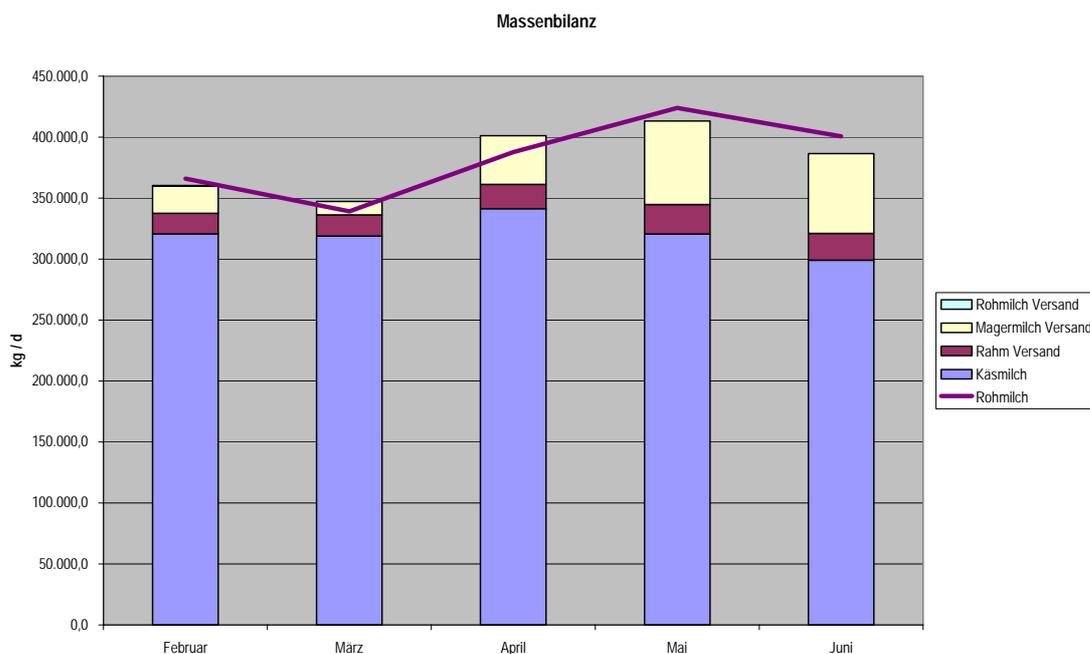


Abbildung 7.30: Produkte im Verhältnis zur eingesetzten Rohmilch

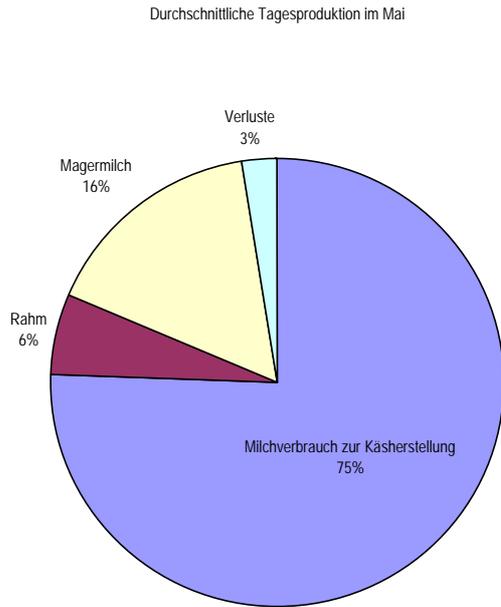


Abbildung 7.31: Anteil der in der Käseherstellung eingesetzten Milch

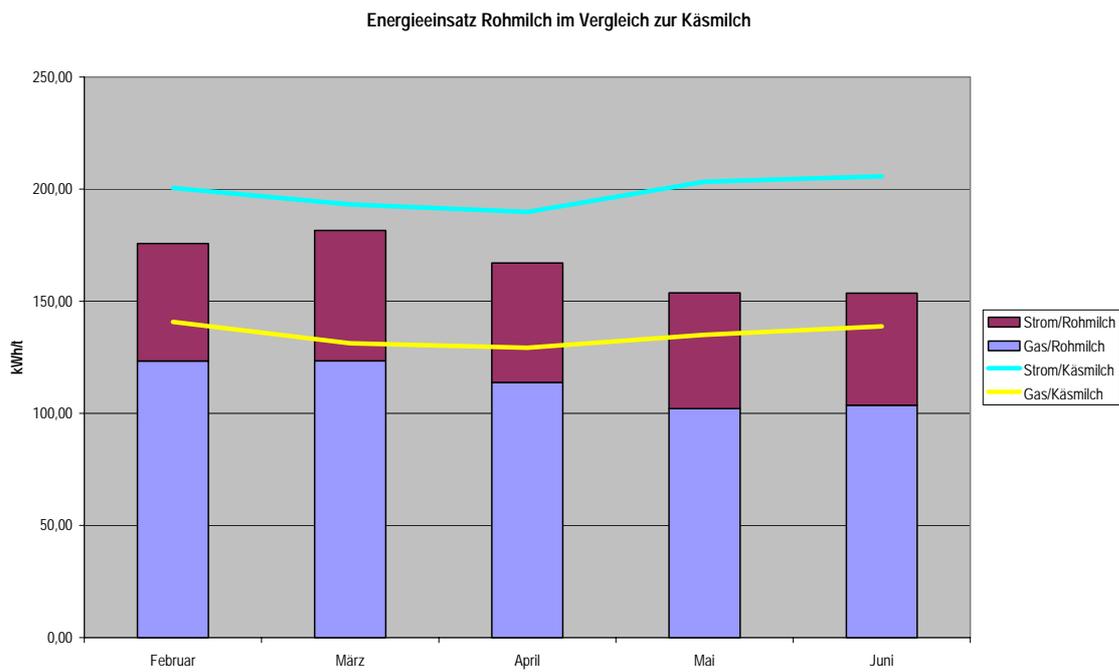


Abbildung 7.32: spezifischer Energieeinsatz Rohmilch im Vergleich zu Käsmilch

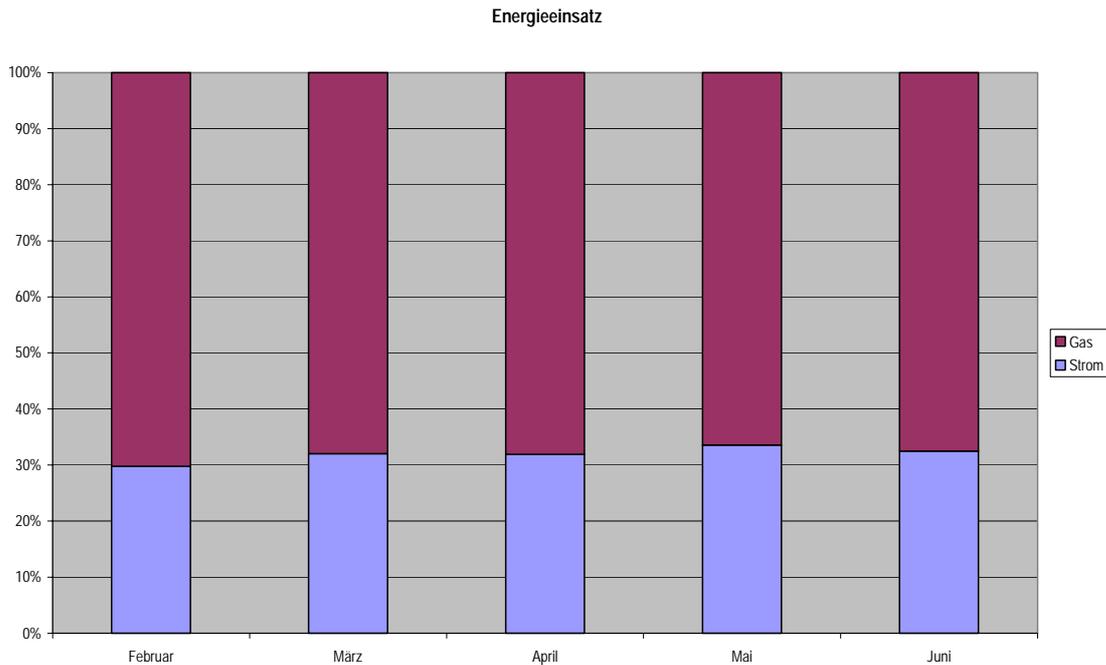


Abbildung 7.33: Verteilung zwischen thermischem und elektrischem Energieeinsatz

7.7.3 Energiebedarf der Prozesse im Temperaturbereich bis 250°C

Im folgenden Teil werden die wichtigsten Prozesse und Anlagen beschrieben. Die Berechnungen für den Energiebedarf werden für die untersuchten Prozesse Wasservorwärmung und CIP-Reinigung im Bereich der Käsefertigung in der Zusammenfassung dargestellt.

Milchannahme

Bei Anlieferung der Milch hat diese meist eine Temperatur zwischen 8°C und 12°C und einen Fettgehalt von ca. 4 Prozent. Die Milchsammelbehälter sind isoliert und meist auch mit einer Eiswasserkühlung versehen um höhere Temperaturen zu vermeiden. Hier wird die Milch auch filtriert, um etwaige Verunreinigungen abzutrennen. Anschließend wird die Milch weiter zur Abrahmung beziehungsweise Separierung gepumpt.

Nach dem Ausbau des Werkes verfügt die Käserei Voitsberg über ein Rohmilchlager von 240.000 Liter (+ 180.000 Liter). Pro Stunde können auf drei Milchübernahmelinien je 40.000 Liter Milch entgegengenommen werden – das heißt 6 Milchsammelwägen pro Stunde können abgefertigt werden. Die übernommene Milch wird pasteurisiert und im 810.000 Liter fassenden Fertigmilchlager gesammelt.

In der folgenden Abbildung werden die Milchannahme, das Separieren und das Pasteurisieren von Milch und Rahm im Prozessschema „Vorbehandlung“ zusammengefasst. Diese Schritte fallen immer an, auch in Molkereien, die eine andere Produktpalette produzieren.

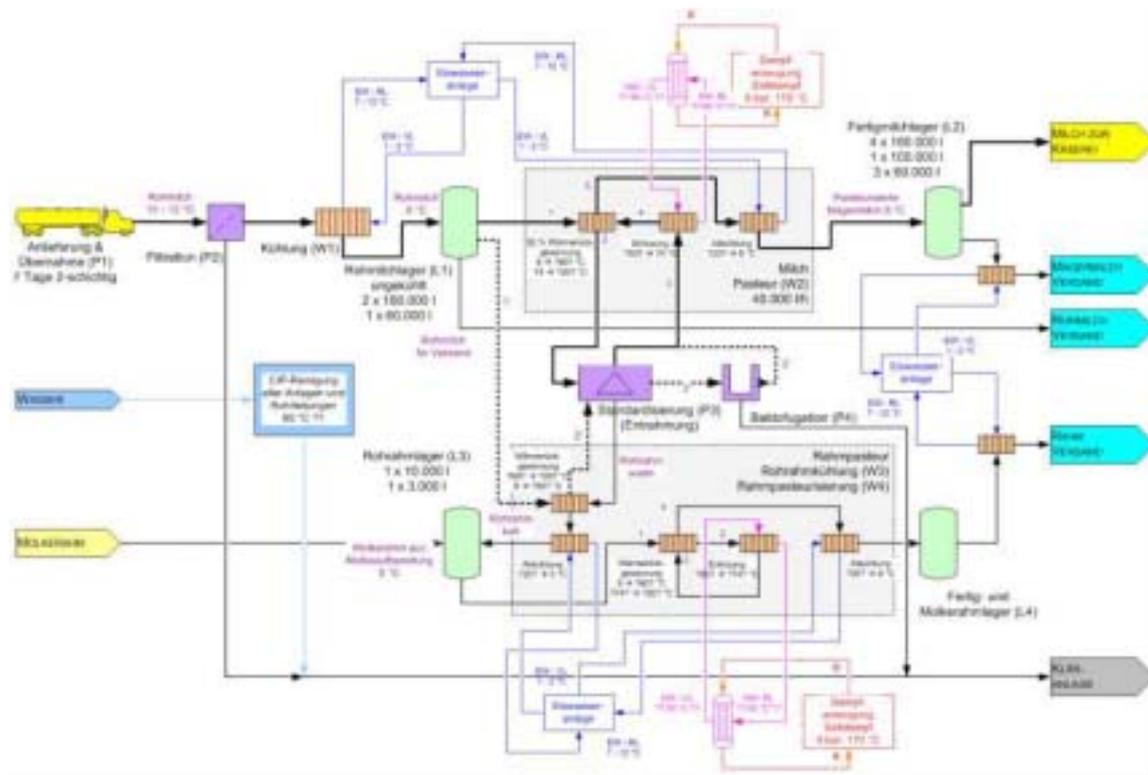


Abbildung 7.34: Prozessschema „Vorbehandlung“: Milchannahme, Separation, Pasteurisation

Abrahmung bzw. Separierung

Hier wird bei ca. 8°C die Milch separiert, d. h. in einer Zentrifuge wird die Milch vom Fett (dem Rahm) getrennt. Übrig bleibt eine Magermilch mit minimalem Fettgehalt. Um jetzt einen exakten Fettgehalt einzustellen, der es erlaubt Milch mit verschiedenen Fettstufen zu produzieren, wird der entfetteten Milch entsprechende Mengen an Rahm beigemischt. Nach abschließendem Homogenisieren (Milch wird unter Hochdruck durch eine sehr feine Düse gedrückt, damit sich das Fett und Wasser, die Hauptbestandteile der Milch, gleichmäßig mischen) werden die verschiedenen Produkte pasteurisiert.

Davon werden 4.000 Liter pro Stunde zu Haltbar-Schlagobers verarbeitet, der Großteil aber geht in die Käserei in der 6 Fertiger zu je 12.000 Liter die Schäringer Käsespezialitäten herstellen.

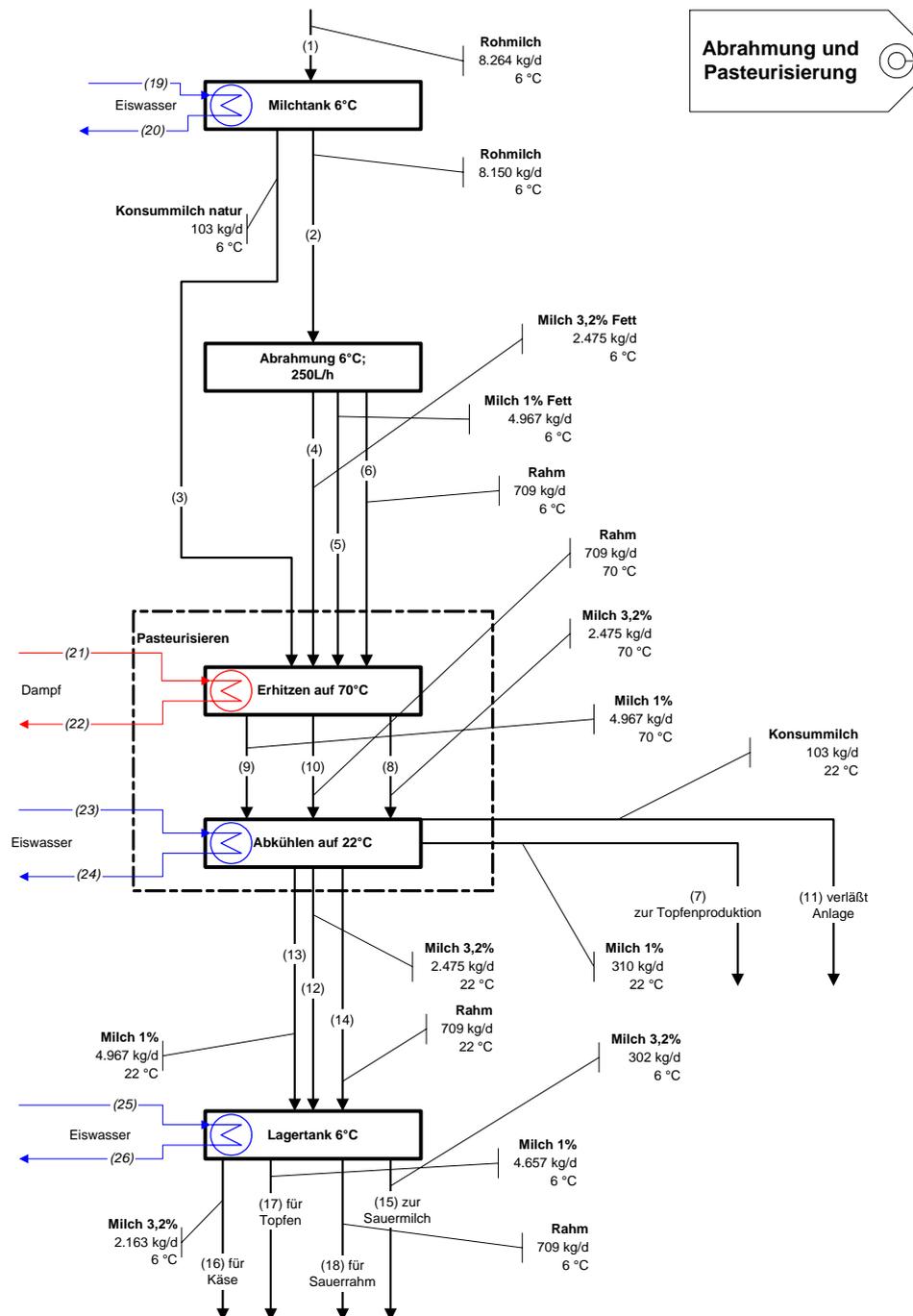


Abbildung 7.35: Prozessschema der Abrahmung und Pasteurisierung

Pasteurisierung

Dies ist ein Erhitzungsverfahren um Milch (und Milchprodukte) haltbar zu machen, und außerdem sollen damit eventuell in der Milch vorkommende unerwünschte Mikroorganismen unschädlich gemacht werden. Durch das kurze Erhitzen wird das Milcheiweiß zwar gering denaturiert, die Vitamine bleiben jedoch nahezu völlig erhalten.

Es gibt hierbei zwei Methoden zur Pasteurisierung:

- Milch ca. 15 – 30 Sekunden auf 72 – 75 °C zu erhitzen

- Milch ca. 4 Sekunden auf mindestens 85°C zu erhitzen.

Die benötigten Temperaturen werden durch Wärmetauscher als Vorwärmer und Dampf (meist zentrale Wärmeversorgung) erzeugt.

Anschließend wird die Milch sofort wieder durch die selben Rekuperatoren und Eiswasser auf ca. 6°C gekühlt und, entsprechend ihres Fettgehalts, in verschiedene Lagertanks gepumpt.

Käseproduktion

Da in der Käseproduktion auch viele unterschiedliche Temperaturniveaus durchlaufen werden müssen, sind auch hier große Energiemengen vonnöten. Zuerst wird die Milch mit der entsprechenden Käsekultur und Lab versetzt um bei ca. 30 bis 35°C koagulieren zu können. Der entstandene Käsebruch wird gekühlt, von der überstehenden Molke getrennt und in einem Reaktor bei ca. 50°C gereift. Nach erfolgter Kühlung auf ca. 15°C wird in der Käsepresse die restliche Molke abgetrennt. Im Salzwasserbecken (bei ca. 16°C) wird aus dem Rohkäse der Käse. Nach Reifung von mehreren Tagen bis Wochen im Warmraum (ca. 20 bis 25°C) kommt der Käse ins Kühllager (6°C) um dort fertig reifen zu können.

Bemerkenswert bei der Käseherstellung ist, dass man aus ca. 10 Liter Milch und 1 l Frischwasser ca. 1 Kilogramm Käse und als Nebenprodukt ca. 9 Liter Molke erhält, welche auf verschiedene Arten weiterverwendet werden kann.

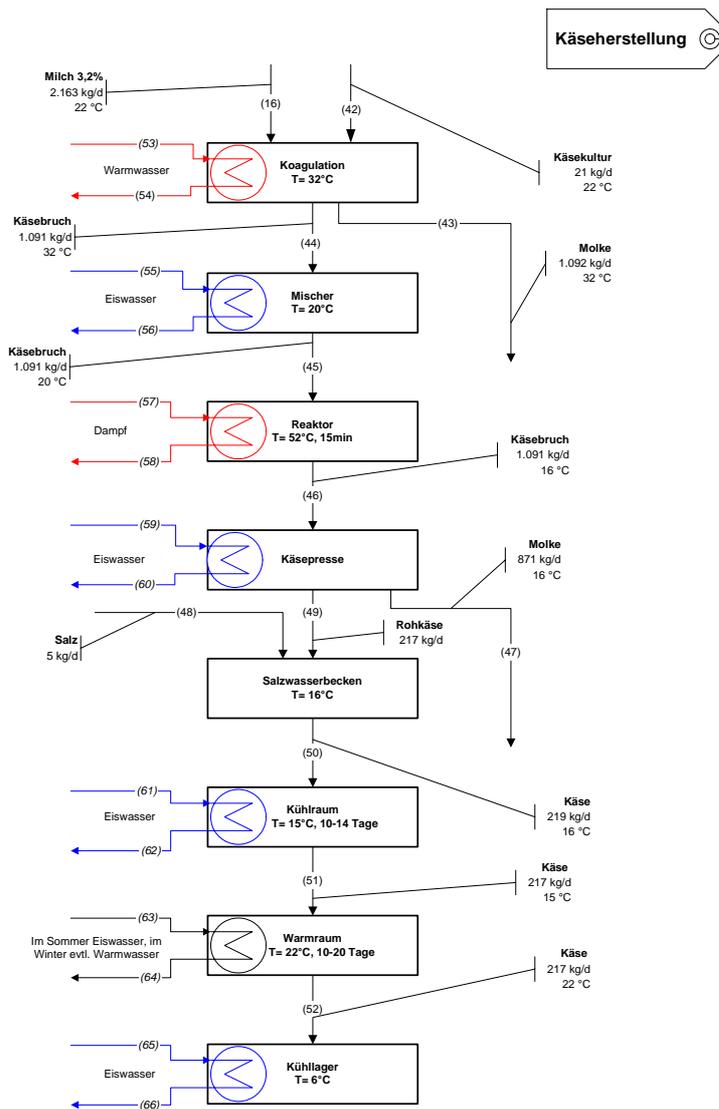


Abbildung 7.36: Prozessschema der Käseproduktion

Der Prozess der Käsefertigung in den Käsefermentern unterteilt sich in bis zu 30 Prozessschritte, die folgende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick.

Tabelle 7.16: Teilprozesse in der Käsefertigung

Teilprozess	Dauer	Temp.	Wärmebedarf
Befüllen mit Milch	1. Teilmenge	33 °C	Wärme für Milchvorwärmung
Befüllen mit Kulturen	1 bis mehrere		
Befüllen mit Milch	2. Teilmenge	33 °C	Wärme für Milchvorwärmung
Befüllen mit Wasser	optional	40 - 60 °C	Wärmewasserbedarf 1
Beheizen	optional	über die ganze Zeit 30 - 45 °C	Wandheizung
Inkubation	30 - 60 min		
Labzeit	20 - 30 min		
Schneidprozesse	bis zu 6	ca. 10 min	unterschiedl. Drehzahlen
Vorkäsen	10 - 20 min		
Molkeabzug 1	1. Teilmenge		Abwärmell
Schneiden, Aufhängen			
Nachkäsen 1	ca. 60 min		
Waschwasser		25 - 65 °C	Wärmewasserbedarf 2
Nachkäsen 2	10 - 30 min		
Molkeabzug 2			Abwärmell
Schneiden, Aufhängen			
Enßeren	zur Käsepresse		Abwärmell
Vorspülen	1 - 5 min		
Reinigen	15 - 20 min	60 - 80 °C	Wärme für Lauge und Säure
Desinfizieren	5 min	60 - 80 °C	Wärme für Lauge und Säure
Nachspülen	1 - 5 min		Abwärme

Kühlung der Reife- und Auslieferungsräume

Bereits im Jahr 2001 wurden ca. € 1,3 Mio. in ein 1.600 qm großes Käsereifungs- und Auslieferungslager investiert. Die Reiferäume für 15.000 Tonnen Käse Jahremenge wurden bereits letztes Jahr fertiggestellt.

CIP - Reinigung

Große Produktionsanlagen werden in der Regel ohne Demontage im Kreislauf gereinigt, CIP bedeutet „cleaning in place“, SIP bedeutet „sterilization in place“. Die in der Reinigung eingesetzten Mittel müssen verschiedenste Anforderungen erfüllen, deshalb wird sowohl mit sauren als auch mit alkalischen Reinigungsmitteln gearbeitet. Neben der Reinigung muss auch eine Desinfektion durchgeführt werden, dazu werden vor allem oxidierende aber auch nicht oxidierende Desinfektionsmittel eingesetzt.

Um den Wasserverbrauch zu optimieren, wird das Nachspülwasser aus dem Reinigungsprozess noch einmal als Vorspülwasser verwendet, beide Spülgänge werden kalt durchgeführt. Der eigentliche Waschprozess mit den Chemikalien findet ca. bei 60° – 70° C statt.

CIP – Reinigung im Bereich der Käsefertigung

Die Käsefertigung erfolgt in 6 Käsefertigern mit je 12.000 l Inhalt. Laut Auskunft läuft sie 3-schichtig an 6 Tagen (immer außer sonntags), wobei aus den Aufzeichnungen von Februar bis Juni hervorgeht, dass neben dem Sonntag auch am Donnerstag nur vereinzelt Käse produziert wurde. Die durchschnittlich pro Käseproduktionstag verarbeitete Menge an Milch in der Käsefertigung betrug im beobachteten Zeitraum ca. 430.500 kg.

Die Taktzeit in der Käsefertigung beträgt ca. 35 Minuten, danach erfolgt im Käsefertiger jeweils eine Zwischenreinigung. Zwischen verschiedenen Fertigungslosen (1 Fertigungslos entspricht 240.000 l Milch) erfolgt immer eine Hauptreinigung. Alle Reinigungsprozesse werden mit Frischwasser bei ca. 65 °C durchgeführt, zur Zeit erfolgt die Erwärmung von ca. 15 auf 65 °C über das Dampfsystem! Das warme Abwasser wird direkt zur Kläranlage geleitet. Für das Reinigen der Behälter gibt es verschiedene feste und flexible Einrichtungen.

Eine „Wärmeschaukel“ zwischen der CIP-Anlage und der Thermisierung (findet unmittelbar vor Aufgabe der Milch in die Fertiger statt) ist angedacht, ein entsprechender Wärmetauscher bereits vorhanden.

Außenreinigung

Natürlich müssen auch die Oberflächen der Produktionsanlagen ständig gesäubert und manchmal desinfiziert werden. Das Waschwasser dafür muss Trinkwasserqualität haben, muss also von Leitungstemperatur (10 °C) auf Reinigungstemperatur (60 – 70 °C) erwärmt werden und fließt direkt in den Kanal bzw. in die Abwasserreinigungsanlage.

7.7.4 Energieerzeugung und Verteilung

Dampferzeugung

Zur primären Prozesswärmeerzeugung wird ein mit Erdgas gefeuerter Hochdruck-Dampfkessel eingesetzt. Der Dampf wird über ein Leitungsnetz den einzelnen Verbrauchern zugeführt, wobei die Wärme meistens in zwei Schritten (Dampf-Kondensat-Kreislauf à Heißwasserkreislauf à Produktstrom) an die Verbraucher abgegeben wird, um eine optimale möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und Produkt bei der Erwärmung der temperaturempfindlichen Produkte gewährleisten zu können, das anfallende Kondensat wird größtenteils zurückgeführt.

Heißwassererzeugung

Es stehen 3 Tanks à 5.000 Liter zur Anspeisung zur Verfügung. Die Temperatur in den Tanks beträgt ca. 35 °C. Die Behälter sind kaskadiert geschaltet. Der Abfluss aus dem letzten Tank wird mittels Dampf auf 60°C erwärmt.

Die abgeführte Wärme der Eiswasseranlage wird ebenfalls diesen Tanks zugeführt. Da die NH₃-Anlage kontinuierlich arbeitet, wird das Wasser der Anspeisungstanks über Nacht auf ~50°C erwärmt. Die vorhandene Wassermenge mit 50 °C deckt den Bedarf an Heißwasser (dennoch mit Dampf auf 60°C !) für ca. 2 Stunden.

Eiswassererzeugung

Zur Kühlung in der Anlage steht Eiswasser mit 0,5 °C zur Verfügung. Dieses wird über eine NH₃-Anlage erzeugt. Die abgeführte Wärme wird über einen kleinen Teilstrom den Heißwassertanks zugeführt, wobei der Wärmetauscher den Teilstrom (Umwälzpumpe leistet ~ 1.500 Liter/Stunde) tagsüber von 30 auf 40 °C erwärmt.

7.7.4.1 Optimierungspotenzial beim Energieeinsatz in der Milchverarbeitung

Abgesehen von den für alle Produktionsbetriebe gültigen Bedingungen für eine optimale Energieeffizienz (Isolation, Regelung, usw.) gibt es für die Milchverarbeitung einige spezielle Möglichkeiten, die im bestehenden Werk in Voitsberg bereits zum Einsatz kommen bzw. bei der Planung mitberücksichtigt wurden.

Wärmerückgewinnung beim Erhitzen (Pasteurisieren und Sterilisieren)

Die Wärmerückgewinnung beim Pasteurisieren ist in Voitsberg für Milch und Rahm mit sehr hohem Wirkungsgrad (über 90 % in der Milchpasteurisierung) umgesetzt, diese erfolgt in Plattenwärmetauschern mit mehreren unabhängigen Registern. Eine analoge WRG für die Molkepasteurisierung ist noch zu realisieren.

Mehrstufige Eindampfung mit Brüdenkompression

Auch diese energiesparende Technologie wird in Voitsberg eingesetzt, die Eindampfung erfolgt im Unterdruckbereich, wodurch die notwendige Verdampfungstemperatur niedriger ist als bei Standard-Luftdruck.

Wärmespeicher - Wärmeschaukel

Die Wärmequellen und –senken in den verschiedenen Anlagenteilen (Vorbehandlung, Käsefertigung, Molkeaufbereitung, Abwasserreinigungsanlage, CIP, Nebenanlagen) sind nicht synchron in Betrieb. Wärme- und Kältebedarf können somit nicht direkt untereinander ausgetauscht werden, sondern müssen über entsprechende Zwischenspeicher optimal verschaltet werden.

An einigen Stellen sind bereits entsprechende Wärmetauscher(-register) vorgesehen. Die optimale Verschaltung sollte allerdings zuvor in einer Modellierung zur Wärmeintegration untersucht werden, dafür bietet sich z. B. die Pinch-Analyse als Werkzeug an.

7.7.5 Prozesstechnische Hemmnisse für den Einsatz von Solar-energie in der Milchverarbeitung

Wann immer an den Einsatz von Solarthermie in der Industrie im allgemeinen und bei der Milchverarbeitung im speziellen gedacht wird, müssen alle möglichen prozesstechnischen Hemmnisse ermittelt und berücksichtigt werden.

Die Temperaturniveaus vieler Prozesse in der Milchverarbeitung sind prinzipiell für den Einsatz von Solarthermie geeignet, d.h., sind durch Heißwasser erzeugt mit Solarkollektoren zu erreichen. Durch den hohen Energiebedarf für Heizen und Kühlen wurden in dieser Branche in der Vergangenheit bereits einige Maßnahmen im Bereich der Wärmerückgewinnung realisiert, wodurch in vielen Prozessen relativ geringe Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf bestehen.

Ein gutes Beispiel dafür ist die Pasteurisation. Prinzipiell wird Milch aus dem Rohmilchlager (8 °C) auf 74 °C erhitzt und anschließend wieder auf Lagertemperatur (6 – 8°C) abgekühlt. Heute werden in diesen Prozessen große Plattenwärmetauscher eingesetzt, mit Hilfe derer man die kalte Rohmilch durch die heiße pasteurisierte Milch vorwärmt und so sowohl Heiz- als auch Kühlenergie einspart. Bei Wirkungsgraden von über 90 % bedeutet das, dass die Wärmeenergie für die Pasteurisierung nur mehr für die Erwärmung von ca. 68 °C auf ca. 74 °C (und ein Halten dieser Temperatur von ca. 20 – 30 Sekunden) benötigt wird.

Der spezifische Energiebedarf in Prozessen wie der Pasteurisierung ist durch hohe Durchsätze und geringe Verweilzeiten sehr hoch. D.h., dass große Energieströme an einem kleinen Ort fließen müssen bzw. beim Einsatz von Solarthermie in solchen Prozessen die Flächen der Wärmeübertragungseinheiten (Plattenwärmetauscher Solarkreislauf auf Warmwasser – der WT zwischen WW und Produkt würde gleich bleiben.) stark vergrößert werden müssten (Erhöhung der nötigen Investitionen – wobei der Plattenwärmetauscher im Verhältnis zur nötigen Kollektorfläche nicht sehr ins Gewicht fallen würde).

Es gibt aber auch in der Milchverarbeitung einige Prozesse, deren Randbedingungen für den Einsatz von Solarthermie sehr geeignet erscheinen. Sowohl in der Käseproduktion (Wasserverbrauch) als auch für die verschiedenen Reinigungsprozesse (CIP-Systeme und Außenreinigung der gesamten Produktionsanlagen --> Hygiene !) wird viel Warm- und Heißwasser benötigt, für das es keine Möglichkeiten der Vorwärmung durch Abwärmenutzung aus anderen Prozessen gibt.

Solares Angebot – Profil des Prozesswärmebedarfs

Der Prozesswärmebedarf in der Milchverarbeitung ist sehr gleichmäßig. Sowohl tageszeitliche, wie auch wöchentliche und jahreszeitliche Schwankungen sind eher gering. Diese konstanten Profile ergeben sich aus dem gleichmäßigen Anfall der Rohstoffe und der Notwendigkeit einer raschen Verarbeitung der bereits mit vielen Keimen angelieferten Rohmilch.

Der erhöhte Bedarf an Kühlenergie in der heißen Jahreszeit ergibt sich durch die erhöhten Wärmeverluste aus den verschiedenen Lagern. Der Bedarf an Heizenergie in allen Produktionsbereichen ist sowohl über den Tag, als auch über die Woche und über das Jahr sehr konstant.

Da die Chargenbetriebsweise überlappend durchgeführt wird, ergibt sich wieder ein kontinuierlicher Wärmebedarf.

7.7.6 Zusammenfassung der Wärmebedarfsberechnung

Für die Erstellung von monatlich durchschnittlich 45 Fertigungslosen (durchschnittliche Monatsproduktion von knapp 1 t Käse aus ca. 10 t Rohmilch) werden ca. 135.000 m³ Gas benötigt, diese entsprechen einem Energiewert von ca. 1.290.000 kWh für Wärme.

Das Bedarfsprofil in der Käsefertigung ist sowohl über das Jahr, als auch über die Woche und den einzelnen Produktionstag sehr ausgeglichen. 3-Schichtbetrieb an 6 Wochentagen, nur von Samstagabend bis Sonntagabend wird nicht produziert, das gilt für alle 52 Wochen des Jahres, die Mengen variieren über das Jahr um ca. 10 %, es gibt aber keinen charakteristischen Verlauf.

Für die CIP-Reinigung der Käsefertiger bzw. an Waschwasserbedarf (geht direkt ins Produkt) in der Käsefertigung ergibt sich aus den Berechnungen folgender Energiebedarf:

	je Käsefertiger (aus ca. 12.300 kg Milch und je nach Käse 250 bis 3.300 l Wasser werden ca. 1.200 kg Käse hergestellt)	je Fertigungslos (240.000 l Milch à ca. 24.000 kg Käse) man benötigt ca. 20 Füllungen für ein Fertigungslos	je Monat (aus ca. 10.000 t Milch werden ca. 1.000 t Käse produziert)
Bedarf an Waschwasser (je nach Produkt werden unterschiedliche Mengen auf unterschiedlichem Temperatur-Niveau zugeführt)	aus den Produktionsprogrammen für 5 verschiedene Käsesorten ergibt sich nach dem Anteil an der Monatsproduktion folgender Warmwasserbedarf: 269 l mit 49 °C 178 l mit 60 °C 511 l mit 65 °C 53 l mit 36 °C ca. 250 l mit ca. 50 °C dieses Wasser wird von ca. 10 °C weg aufgeheizt, der Wärmebedarf kann folgendermaßen ermittelt werden: 1.260 l von 10 auf 36 °C 1.200 l von 36 auf 50 °C 690 l von 50 auf 60 °C und 510 l von 60 auf 65 °C $Q = 4,19 (1.260 \times 26 + 1.200 \times 14 + 690 \times 10 + 510 \times 5) = 247.252 \text{ kJ} = 68,7 \text{ kWh}$	Die benötigte Wärmemenge pro Fertigungslos beträgt ca. 4.945 MJ = 1.375 kWh, dabei müssen folgende Wassermengen erwärmt werden(jeweils von 10 °C aus): ca. 1.000 l mit 36 °C ca. 10.400 l mit 50 °C ca. 3.500 l mit 60 °C und ca. 10.200 l mit 65 °C	Für die monatliche Produktion von Heißwasser ca. 40 – 45 m ³ auf 36 °C ca. 450 m ³ auf 50 °C ca. 140 – 155 m ³ auf 60 °C ca. 450 m ³ auf 65 °C wird Wärmeenergie im Ausmaß von ca. 200.000 MJ bzw. 200 GJ bzw. 55.500 kWh benötigt.
Prozess: CIP-Reinigung Käsefertigung (Vor- und Nachspülen erfolgt mit kaltem Wasser, Reinigung mit Säure (VL 65 °C, RL 60 °C) und Lauge (VL 80 °C, RL 65 °C)	Je Reinigung müssen ca. 1.500 l Säure bzw. Lauge eingesetzt werden, die um durchschnittlich 10 °C (auf 80 bzw. 65 °C) aufgeheizt werden müssen. Der Wärmebedarf errechnet sich aus $Q = 4,2 (1.500 \times 10) = 63.000 \text{ kJ} = 17,5 \text{ kWh}$.	Für die Produktion eines Fertigungslosen werden 14 Zwischen- und 6 Endreinigungen benötigt. Zur Abschätzung des Wärmebedarfs werden 25 Normalreinigungsvorgänge angenommen, daraus ergibt sich eine Wärmebedarf von ca. 1.575 MJ bzw. 437,5 kWh (Aufheizung von ca. 37,5 m ³ von 65 auf 75 °C).	Bei monatlich ca. 45 Fertigungslosen ergeben sich 1.500 m ³ Reinigungsflüssigkeitsbedarf bzw. 65.000 MJ oder 65 GJ oder ca. 18.000 kWh Energiebedarf für die CIP-Reinigung der 6 Käsefertiger.

7.7.7 Simulation der thermischen Solaranlage

Basierend auf den vorangegangenen Berechnungen des Wärmebedarfs wurden für eine mögliche Anwendung in der Molkerei Berglandmilch in Voitsberg Varianten für eine solare

Energieversorgung ausgearbeitet und die Energieerträge verschiedener Ausführungsformen simulationstechnisch ermittelt. Mit den Ergebnissen lassen sich in weiterer Folge Vergleiche über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten durchführen.

Das Käsewaschwasser wird auf verschiedenen Temperaturniveaus je nach zu erzeugender Käsesorte eingesetzt. Die maximale Temperatur beträgt dabei 65°C, niedrigere Temperaturen werden durch das Zumischen von Kaltwasser erreicht.

Da eine Solaranlage bei niedrigeren Temperaturen wesentlich höhere Wirkungsgrade aufweist, wurde der Warmwasserbedarf auf Basis von 50°C durch Mischungsrechnungen neu berechnet. In Tabelle 7.17 wird dies im rot umrandeten Teil wieder gegeben. Es wird dabei angenommen, dass der gesamte Warmwasserbedarf auf 50°C erwärmt werden muss. Um höhere Temperaturen zu erreichen, wird die Nachheizung verwendet, während das Waschwasser mit 36°C durch Mischen mit Kaltwasser erzeugt wird.

Der Gesamtenergiebedarf zur Bereitstellung des Käsewaschwassers beträgt jährlich ca. 730 MWh, wovon durch eine solarthermische Anlage bis zu einem Temperaturniveau von 50°C theoretisch ca. 612 MWh zur Verfügung gestellt werden könnten. Die Nachheizung muss somit pro Jahr auf jeden Fall eine Energiemenge von 116 MWh zur Verfügung stellen. Die vorgeschlagenen Solaranlagen werden aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen kleiner dimensioniert und decken zwischen 111 MWh/a und 213 MWh/a, wodurch der Anteil der Nachheizung bei ca. 515 MWh bis 620 MWh/a liegt.

Die Zusatzheizung wird für eine solar unterstützte industrielle Produktion aber in jedem Fall nötig sein, da die Wärmeversorgung zu jedem Zeitpunkt garantiert sein muss.

Tabelle 7.17: Berechnung des Warmwasserbedarfs auf Niveau von 50°C

Kaltwassertemperatur 10 °C					Vorwärmen bis 50°C - höhere Temperatur durch Nachheizung				
pro Käsefertiger					Temperatur °C	Wasserbedarf Liter	Energiebedarf kJ	Energiebedarf kWh	Energiebedarf kWh
Level 1	36	53	5.774	2	36	1.264	137.700	38	
Level 2	50	520	87.152	24	50	1.211	71.037	20	
Level 3	60	180	37.710	10	60	691	28.953	8	
Level 4	65	511	117.760	33	65	511	10.705	3	
Summe		1.264	248.396	69			208.737	58	
Mischungen mit	65	1.078	248.396	69	50	1.245	208.737	58	
pro Tag									
Füllungen	40 mal								
Summe Tag		50.560	9.935.831	2.760					
Mischungen mit	65	43.115	9.935.831	2.760	50	49.818	8.349.497	2.319	
pro Monat									
Produktionstage	22								
Summe Monat		1.112.320	218.588.278	60.719					
Mischungen mit	65	948.528	218.588.278	60.719	50	1.095.996	183.688.930	51.025	
pro Jahr									
Produktionsmonate	12								
Summe Jahr		13.347.840	2.623.059.331	728.628					
Mischungen mit	65	11.382.336	2.623.059.331	728.628	50	13.151.952	2.204.267.155	612.297	

Produktionstage / a 264

7.7.8 Konzept Solaranlage

Für Vorwärmung des Waschwassers für die Käseherstellung durch eine solarthermische Anlage wurde das in Abbildung 7.41 dargestellte Hydraulikkonzept simulationstechnisch untersucht.

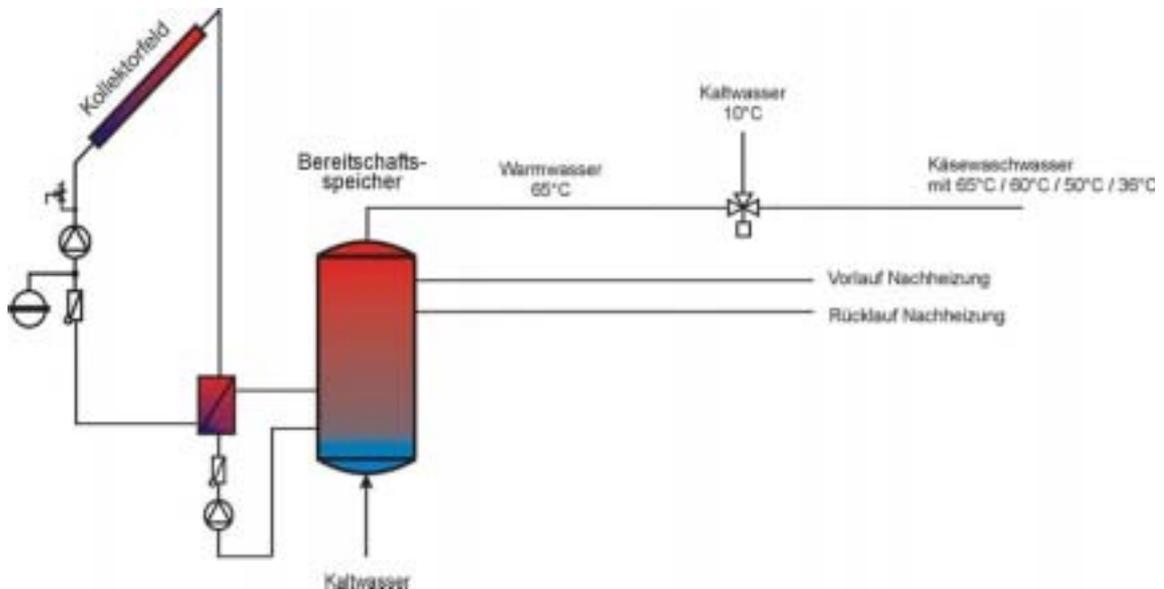


Abbildung 7.37: Hydraulisches Prinzipschema – Vorwärmung Käsewaschwasser

Das neue System besteht demnach aus der Solaranlage mit einem internen Wärmetauscher für den Solarkreis und einem internen Wärmetauscher für die Nachheizung. Die Nachheizung erfolgt über die Dampfleitung und bleibt damit unverändert zum bestehenden System. Als Wärmespeicher können die vorhanden Speicher im Werk eingesetzt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Varianten, die in den Simulationen untersucht wurden.

Tabelle 7.18: Simulationsvarianten Körpermischer

Variante Fläche/Volumen	Nettofläche m ²	Speichervolumen m ³	FK ... Flachkollektoren
FK 288 m ² / 0 m ³	288	0	Die angegebenen Flächen stellen Nettoflächen dar. Ausrichtung Kollektoren: 0° Süd Neigungswinkel: 45°
FK 288 m ² / 10 m ³	288	10	
FK 288 m ² / 20 m ³	288	20	
FK 400 m ² / 0 m ³	400	0	
FK 400 m ² / 10 m ³	400	10	
FK 400 m ² / 20 m ³	400	20	

Die Varianten ohne Speicher wurden untersucht, um heraus zu finden, ob diese Anlagen wirtschaftlicher als jene mit Speicher sind, da die Kosten für die Speicher gespart werden können.

7.7.9 Ergebnisse der Simulation

Die Simulationen wurden mit dem Programm TRNSYS durchgeführt, wobei die oben beschriebenen Varianten betrachtet wurden. Als Wärmebedarf wurde eine Last angenommen, die von zweischichtigem Betrieb an Werktagen und Stillstand am Wochenende ausgeht und den tatsächlichen Produktionsverhältnissen entspricht.

Der solare Deckungsgrad in Prozent gibt an, welchen Anteil des Gesamtenergiebedarfs durch die Solaranlage gedeckt werden kann. Abbildung 7.38 zeigt die erreichbaren Deckungsgrade der untersuchten Varianten. Es zeigt sich, dass mit größer werdenden Kollektorflächen bzw. größerem Speichervolumen auch die Deckungsgrade ansteigen.

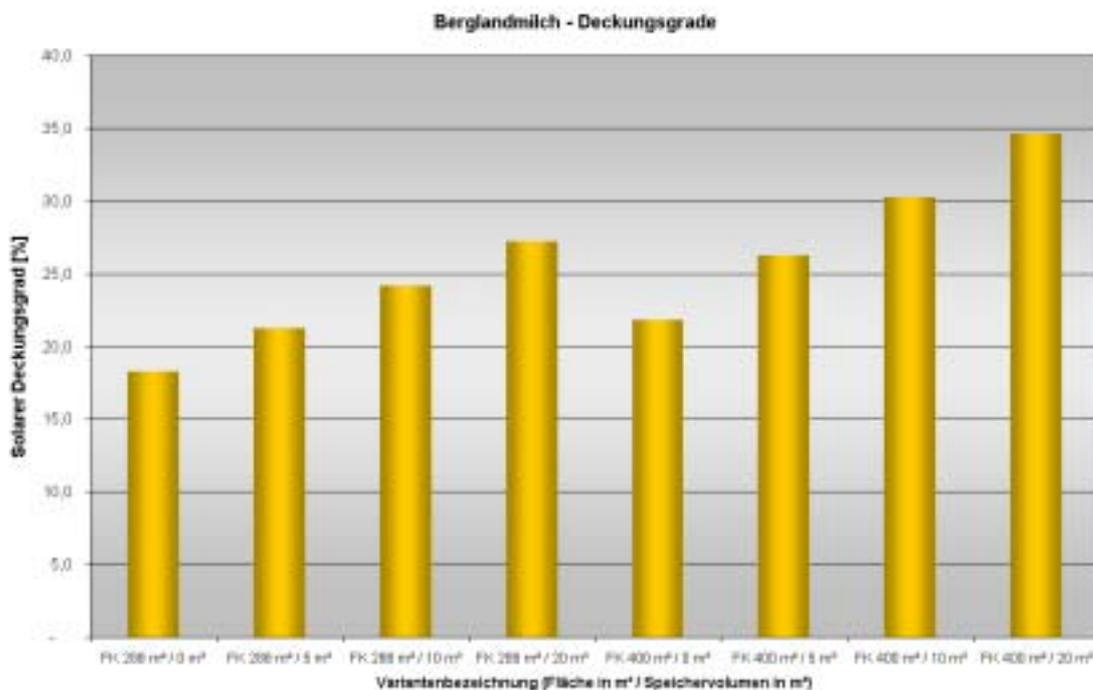


Abbildung 7.38: Solare Deckungsgrade

Um aber die wirtschaftlichste Variante zu finden, müssen die Investitionskosten den Einsparungen durch die Solaranlage über die Lebensdauer gegenüber gestellt werden. Eine Möglichkeit dazu, bietet die Angabe des Geldrückflusses durch die Anlage.

Abbildung 7.43 zeigt die erreichten Geldrückflüsse der verschiedenen Varianten. Die Bezeichnung der Varianten setzt sich dabei aus einer Kurzbezeichnung für den Kollektor, der Nettofläche in m² und dem Speichervolumen in m³ zusammen. Im Jahr 1 fallen dabei sämtliche Investitionen abzüglich der Förderung an. Der gezeigte Wert stellt die tatsächliche Investition durch das Unternehmen dar. Der Schnittpunkt mit der x-Achse gibt den Amortisationszeitraum der Variante an. Weiters wurde eine Ölpreissteigerung von 3% pro Jahr bzw. eine Steigerung der Betriebskosten von 1% pro Jahr angenommen. Eine maximal erreichbare Förderung von 30% durch die Kommunalkredit Austria ist berücksichtigt. Eine Verzinsung

des Kapitals wurde nicht durchgeführt. Der Preis für eine Kilowattstunde produziert aus Gas wurde vom Unternehmen bekannt gegeben. Die zugrunde gelegten Systempreise können Tabelle 7.19 entnommen werden.

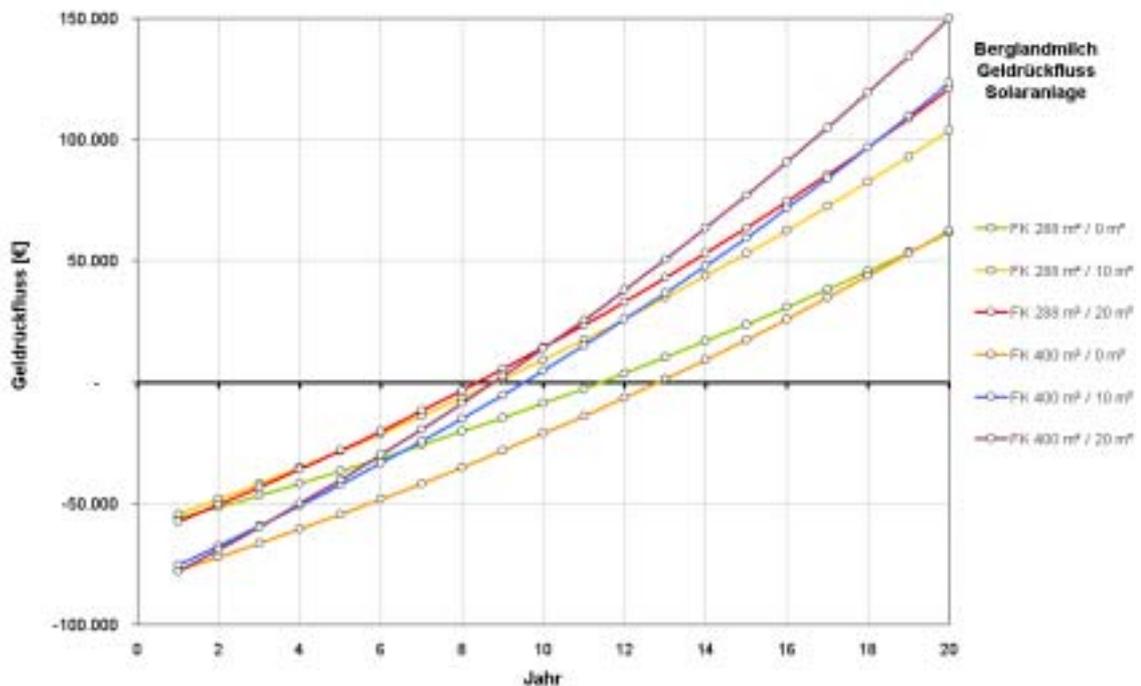


Abbildung 7.39: Simulationsergebnis - Geldrückfluss

Aufgrund der Darstellung des Geldrückflusses wird klar, dass die Varianten ohne Speicher nicht konkurrenzfähig mit den anderen Varianten sind. Die Rückzahlzeiten ohne Berücksichtigung einer Verzinsung des Kapitals liegen für die Varianten mit 20 m³ Speicher bei ca. 8 Jahren, wobei die Anlage mit 400 m² Kollektorfläche in weiterer Folge wesentlich größere Einsparungen erzielt.

7.7.10 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle gibt noch einmal einen Überblick der vorgeschlagenen Varianten und deren Auswirkungen auf den Energiebedarf sowie die damit verbundenen Einsparungen an Erdgas bzw. Reduktionspotenziale von Kohlendioxid.

Aufgrund der Ergebnisse stellen die Varianten mit einem Speichervolumen von 20 m³ die wirtschaftlichsten dar. Eine weitere Vergünstigung ergibt sich dadurch, dass in der Molkerei bereits Speicher vorhanden sind, und in diese nicht investiert werden muss. Die Entscheidung über die Kollektorfläche bleibt dem Unternehmen überlassen. Es zeigt sich allerdings, dass die größere Fläche zwar einen etwas längeren Rückzahlzeitraum aufweist, dann aber

wesentlich höhere Einsparungen an Primärenergie bzw. Reduktionen an Emissionen ermöglicht.

Tabelle 7.19 stellt die notwendigen Investitionen, die Fördersummen sowie die erreichbaren Einsparungen an Erdgas und die Reduktionen an Kohlendioxid für die zwei zu favorisierenden Varianten im Überblick dar.

Tabelle 7.19: Berglandmilch – Übersicht vorgeschlagene Varianten

Variante	Investitionskosten [€]	Spezifische Systemkosten [€/m ²]	Förderung [€]	Einsparung Erdgas [m ³ /a]	Reduktion CO ₂ [kg/a]
FK 288 m ² / 20 m ³	92.000	320	27.600	22.150	44.300
FK 400 m ² / 20 m ³	124.000	310	37.200	28.330	56.660

7.8 Fallstudie Solaranlage Bramac - Gaspoltshofen

Im Werk Gaspoltshofen der Fa. Bramac werden verschiedene Betondachsteine (profiliert und eben) hergestellt, die hauptsächlich für den österreichischen Markt vorgesehen sind.

In einem weiteren österreichischen und mehr als 10 Werken im benachbarten Ausland werden hauptsächlich Betondachsteine produziert. Es gibt auch eigene Sandwerke. Zum Verkauf kommt das so genannte Bramac DachSystem, das neben den Betondachsteinen noch Dachfenster und Solarenergieanlagen (thermisch und PV) umfasst.

Betondachsteine werden hauptsächlich im alpinen Raum zur Dacheindeckung verwendet. Das Produkt wird auch als "Hartdeckung" bezeichnet.

Ausgangsstoffe sind quarzhaltiger Sand, Zement und Wasser. Durch die Beimischung von Farbpigmenten sind verschiedenste Farbtöne möglich. Mit speziellen Fertigungsverfahren werden aus dem entstehenden Beton-Mörtelteil verschiedene Steinprofile geformt. Die Verfestigung der so genannten Formlinge beginnt in Trocknungskammern und wird und einer ca. vierwöchigen Aushärtung an der Luft abgeschlossen.

7.8.1 Beschreibung der Produktionsanlagen und der Betriebsweise

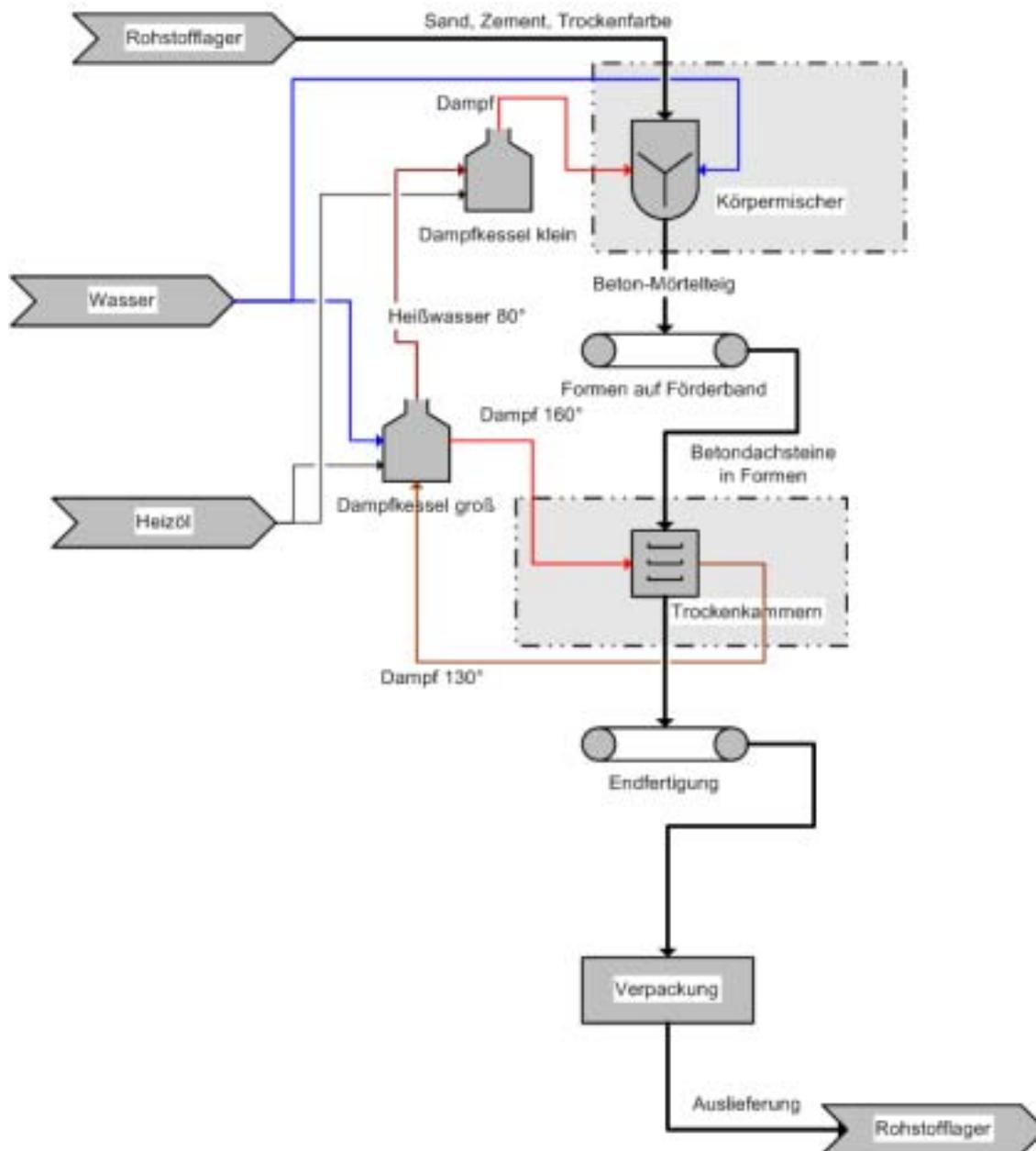


Abbildung 7.40: Produktionsschema mit markierten Schwerpunktprozessen

7.8.2 Beschreibung der Produktion

Das Produktionsschema lässt erkennen, dass es folgende wichtige Produktionsanlagen gibt: Im **Rohstofflager** werden die eingesetzten Materialien angeliefert, gelagert und vorbereitet. Energierelevant ist dabei vor allem, dass die Rohstoffe im Winter mit wesentlich geringeren Temperaturen zum Körpermischer weitergeleitet werden als im Sommer. Für den Winterbetrieb ist im Sandbunker (leicht isoliert) ein Warmgebläse im Betrieb, um durch Feuchtigkeit hervorgerufene Eisbildung zu vermeiden.

Im **Körpermischer** werden die Komponenten Sand, Zement, Trockenfarbe und Wasser bzw. Dampf für die Betonmasse zusammengeführt und vermengt. Dieser Prozess findet auf drei senkrecht untereinander angeordneten Ebenen statt. Auf der obersten Ebene werden die festen Komponenten über Förderbänder und Wägeeinrichtungen aufgegeben und vermischt, auf der darunter liegenden Ebene kommt es durch Beimengung von Warmwasser und Dampf zur genauen Einstellung von Feuchtigkeit und Temperatur der Mischung. Die unterste Ebene beinhaltet eine fertige Mischung und dient gleichzeitig als Vorlagebehälter für die Aufgabe der Masse auf die Formen, die unter der Anlage auf einem Förderband transportiert werden.

Der Dampfstrom zum Anwärmen des Betonmörtelteiges wird in einem eigenen kleinen Dampfkessel direkt bei der Anlage hergestellt, der durch Heißwasser aus dem großen Dampfkessel versorgt wird. Die Steuerung der Dampfzugabe erfolgt über eine Messung der Sandfeuchte unmittelbar vor dem Körpermischer bzw. über die Messung der Temperatur der fertigen Mischung.

Mit Hilfe dieser Dampfzuführung und der Zugabe von Warm- und Kaltwasser lassen sich erwünschte Gesamtwassermenge und Mischungstemperatur genau einstellen.

Vom Körpermischer aus werden Formen auf einem Förderband mit dem Beton-Mörtelgemisch befüllt. Weitere mechanische Bearbeitungsschritte finden statt, bevor die Betondachsteine in den Formen von einer Be- / Entladestation per Hubstapler in Metallregalen zu den **Trockenkammern** gebracht werden. Es gibt 2 Einheiten mit Trockenkammern, auf der Seite der Hauptproduktionslinie (Trockenkammern „Ring“) sind das 16 Kammern. Für die Produktion der Sondersteine stehen 14 Trockenkammern zur Verfügung.

Heizmedium ist Dampf mit einer Vorlauftemperatur von 143 °C und einer Rücklauftemperatur von 133 °C. Während der Trocknungszeit wird die Feuchte in den Dachsteinen reduziert.

Nach den Trockenkammern werden die Dachsteine wieder auf das Förderband und einigen weiteren mechanischen Arbeitsschritten unterzogen. Neben Überprüfung der Toleranzen, Trennung von den Formen, und dem Vorbereiten auf die **Verpackung** spielen dabei vor allem weitere Beschichtungen eine wichtige Rolle.

7.8.3 Daten zum Gesamtenergieverbrauch und zur Produktion

Die Basisdaten für eine Energieflussanalyse wurden von der Fa. Bramac zur Verfügung gestellt und geben über den Energieverbrauch und die Produktionszahlen über die Jahre 2000 – 2003 Auskunft. Eine Zuordnung zu den einzelnen Prozessen kann nur rechnerisch durchgeführt werden, entsprechende Messungen und Aufzeichnungen wurden und werden nicht durchgeführt.

Der Anteil der **thermischen Energie** beträgt relativ konstant zwischen **65 und 75 %**.

Bezieht man die Absolutwerte des Energieverbrauches auf die Produktionszahlen, kann man Aussagen über Energieeffizienzsteigerungen treffen.

Abgesehen von den starken Anstiegen in den Monaten mit sehr geringer Produktion lassen sich keine Tendenzen ablesen, die eine Erhöhung oder eine Verminderung des spezifischen Energieverbrauches anzeigen. Auch eine Auswertung mittels der 5-Monatssummen ergeben kein anderes Bild.

Für die folgenden Wärmebedarfsberechnungen wird deshalb ein Mittelwert für Energieverbrauch und Produktion herangezogen, der aus den Zahlen der letzten 29 Monate gebildet wird.

Die explizite Darstellung der Daten und Auswertungen (Verlauf-Diagramme) wurden an die Fa. Bramac übermittelt, werden aber aus Geheimhaltungsgründen in diesem Bericht nicht dargestellt.

7.8.4 Das Abmischen des Betonmörtelteigs

Aus Sand, Zement, Farbpigmenten und Wasser wird nach verschiedenen Rezepturen eine Masse zur Weiterverarbeitung abgemischt. Neben Zusammensetzung und Wassergehalt ist vor allem die Endtemperatur der Mischung ein entscheidender Parameter für die Weiterarbeitbarkeit im Produktionsprozess und die Eigenschaften der fertigen Produkte.

In der Praxis wird mit Zugabe von Dampf, Warm- und Heißwasser die ideale Temperatur eingestellt.

Berechnung des Energiebedarfs

Die Berechnung der benötigten Wasser- und Dampfmenge für das Einstellen der Mischtemperatur und Feuchtigkeit erfolgt über den Grundsatz der Energieerhaltung.

Wenn Substanzen verschiedener Temperaturen miteinander vermischt werden, stellt sich nach einer kurzen Zeit eine Mischungstemperatur ein. Einige der Stoffe erfahren eine Temperaturerhöhung und damit eine Zunahme der Enthalpie (immer bezogen auf eine bestimmte Temperatur, es geht nur um die Enthalpieänderungen), andere eine Temperaturabnahme und damit eine Abnahme der Enthalpie. Die Summe der Enthalpieänderungen muss 0 sein, wenn vorausgesetzt werden kann, dass Verluste an die Umgebung vernachlässigbar sind. Einzubeziehen sind auch Enthalpieänderungen durch Aggregatsänderungen (z. B. Kondensation) und in vielen Fällen die direkte Mischungsumgebung (Gefäß, Apparat).

In einer Modellberechnung für die Mischungstemperatur bzw. für den Dampf- und Heißwasserbedarfs ein mal für den Sommerbetrieb und ein mal für den Winterbetrieb wurden jene Dampf- und Heißwassermenge ermittelt, die für das Ansetzen jeweils einer Charge benötigt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Angaben nicht mit den tatsächlichen Betriebszuständen bzw. -weisen übereinstimmen, aber für eine überschlägige Abschätzung des Wärmebedarfs ausreichend genau sind. Eine tabellarische Darstellung dieser Modellberechnung wurde an die Fa. Bramac übermittelt, wird jedoch aus Geheimhaltungsgründen in diesem Bericht nicht berücksichtigt.

Weitere Berechnungsgrundlagen waren die Soll-Werte für die Mischungstemperatur und die Feuchte der Mischung. Die Temperaturen für Dampf, Heiß- und Kaltwasser sind ebenfalls vorgegeben, jene der Rohstoffe werden für die verschiedenen Betriebszustände im Sommer und Winter aus den Umgebungstemperaturen abgeleitet.

Die Stoffwerte (Wärmekapazität und Verdampfungswärme) sind der Fachliteratur⁷ entnommen und können über die bestehenden Temperaturintervalle für die überschlägige Berechnung als konstant angenommen werden.

⁷ *Perry's Chemical Engineers' Handbook*

Durch Variation der Mengenangaben für Dampf, Heiß- und Kaltwasser kann nun – je nach Produkt - eine beliebige Mischtemperatur eingestellt werden und daraus die notwendige Dampf- und Heißwassermenge abgeleitet werden.

Diskussion der Ergebnisse der Berechnung:

Eine Temperierung der Mischung alleine durch heißes Wasser erscheint durch die Limitierung der Feuchtigkeit (à W/Z-Wert) nicht möglich. Erst eine Vorwärmung der Rohstoffe Sand (und allenfalls Zement falls möglich) z. B. über entsprechend isolierte flächenbeheizte Lagerbehälter auf Niedertemperaturbasis macht eine Dampfzugabe überflüssig.

Der thermische Energiebedarf für den Anmischprozess entspricht jenen Energiemengen, die notwendig sind, um die notwendigen Dampf- und Heißwassermengen herzustellen.

Diese errechnen sich aus der Summe der notwendigen Erwärmung von Warmwasser und der Kondensationswärme für den notwendigen Dampf:

Tabelle 7.20: Berechnung des Energiebedarfs je Charge für Sommer- und Winterbetrieb

<u>Berechnung des Wärmebedarfs für den Körpermischer im Sommer- und Winterbetrieb</u>								
SOMMER	Menge	Wärme- kapazität	Tempe- ratur	$m \times C_p$	$\Delta T = T_s - T_0$	$m \times C_p \times \Delta T$	$m \times r$	Verdampfungs- wärme
	m	C_p	T_s	$T_0 = 288,15 \text{ [K]} = 15 \text{ [}^\circ\text{C]}$				r
	[kg]	[kJ/kg K]	[$^\circ\text{C}$]	[kJ/K]	[K]	[kJ]	[kJ]	[kJ/kg]
Dampf	5	4,19	133	21	118	2.472	10.875	2.175
Wasser heiß	84	4,19	80	352	65	22.877		
$Q = \sum (m \times C_p \times \Delta T + m \times r) =$						36.225 kJ		
WINTER	Menge	Wärme- kapazität	Starttem- peratur	$m \times C_p$	$\Delta T = T_s - T_0$	$m \times C_p \times \Delta T$	$m \times r$	Verdampfungs- wärme
	m	C_p	T_s	$T_0 = 288,15 \text{ [K]} = 15 \text{ [}^\circ\text{C]}$				r
	[kg]	[kJ/kg K]	[$^\circ\text{C}$]	[kJ/K]	[K]	[kJ]	[kJ]	[kJ/kg]
Dampf	21	4,19	133	88	118	10.383	45.675	2.175
Wasser heiß	71	4,19	80	297	65	19.337		
$Q = \sum (m \times C_p \times \Delta T + m \times r) =$						75.395 kJ		

Diese Werte beziehen sich auf jeweils eine Mischung, die in 3 Minuten herzustellen ist. Eine Zusammenstellung der benötigten Energiemengen für verschiedene Zeiträume erfolgt in der Zusammenfassung.

Für die Ermittlung des durchschnittlichen Wärmebedarfs wird angenommen, dass sowohl das Warmwasser als auch der Vorlauf für die Dampferzeugung solarthermisch bereitzustellen sind, dass ergibt dann unabhängig von der Jahreszeit einen durchschnittlichen Bedarf von ca. 100 l Wasser mit ca. 80 °C.

7.8.5 Trocken der Betondachsteine

Der Trocknungsprozess von Betondachsteinen ist sehr zeit- und energieaufwendig, um die Anforderungen der Betontechnologie erfüllen zu können. Der Prozess muss insgesamt langsam durchgeführt werden.

Für die Prozessbedingungen Temperatur und Feuchtigkeit sind enge Rahmenbedingungen vorgegeben. So sollte die Umgebungstemperatur und jene der Bausteine bei der Trocknung von Betondachsteinen 60°C nicht überschreiten und die Feuchtigkeit der Umgebung sollte 100 % betragen. Werden diese Werte nicht eingehalten, kommt es zu Rissbildungen und anderen Beeinträchtigungen der Bauteile.

Die Trocknung erfolgt in Trockenkammern, die mittels Hubstapler und Stahlkörben beladen werden. Über seitlich angebrachte dampfbetriebene (Vorlauf: 143 °C / Rücklauf: 133 °C) Lamellenheizkörper wird die Wärme zugeführt, es gibt keine Umluft- oder Ablufteinrichtungen. Die aus den Dachsteinen entweichende Feuchte führt rasch zu einer 100% gesättigten Atmosphäre während des Trocknungsprozesses, diese bietet die idealen Bedingungen (möglichst gleichmäßiges und langsames Absinken der Feuchte im Betondachstein) aus betontechnologischer Sicht.

Berechnung des Energiebedarfs

Die Berechnung des Energiebedarfs für die Dachsteintrocknung berücksichtigt folgende notwendige Energiemengen:

Dachsteinerwärmung

Lufterwärmung + Verdunstung der Überschussfeuchte = Enthalpiedifferenz (gesättigte feuchte Luft aus – gesättigte feuchte Luft ein)

Wassererwärmung

Erwärmung der Trockenkammern

Abstrahlverluste

Die benötigte Nutzenergie beträgt pro Monat 116.400 kWh. Die Berücksichtigung der Wirkungsgrade des Heizkessels (0,7) und des Wärmeübertragungssystems (Leitung + Heizrohre: 0,8) ergibt einen Endenergieverbrauch von ca. 208.000 kWh je Monat, das entspricht einem Heizölbedarf von ca. 24.100 l.

7.8.6 Energieerzeugung und -verteilung

Dampf-Erzeugung

Der bestehende Dampfkessel stammt aus dem Jahr 1980, die typische Lebensdauer für solche Apparate beträgt rund 30 Jahre. Eine Investition in eine neue Anlage zur Energieversorgung der Produktionsanlage ist absehbar, eine Diskussion über Art und Größe einer neuen / alternativen Energieversorgung sollte jetzt stattfinden. Da maximal Prozesstemperaturen von 65 °C notwendig sind, und eine weitere Steigerung beim Stromverbrauch nicht ausgeschlossen werden kann, erscheinen auch andere Möglichkeiten der Energiebereitstellung (z. B. Blockheizkraftwerk) sinnvoll.

Der Dampfkreislauf wird mit ca. 143/133 °C Temperaturverhältnis für Vor- / Rücklauf gefahren. Der erzeugte Dampf wird hauptsächlich im Bereich Trocknung eingesetzt, teilweise werden Bereiche der Produktion damit beheizt.

Ein zweiter kleiner ebenfalls alter Dampfkessel wird im Bereich des Körpermischers betrieben, der durch Heißwasser aus dem großen Dampfkessel versorgt wird. Er dient zur Erzeugung jenes Dampfes, der im Körpermischer den Rohstoffen beigemischt wird, um die gewünschte Mischungstemperatur von 35 °C zu erreichen.

Heißwasser-Erzeugung

Zusätzlich wird im großen Dampfkessel Heißwasser (für Heizung der Produktionsanlagen und der Verwaltungsbauten und als Versorgung für den zweiten kleinen Dampfkessel beim Körpermischer) erzeugt. Das Vor- / Rücklaufverhältnis beträgt 80/40.

7.8.7 Möglichkeiten der Optimierung der Energieeffizienz

Eine für diese Produktionsanlage sehr Erfolg versprechende Möglichkeit – allerdings verbunden mit hohem Investitionsaufwand – ist der Einsatz einer neuen **Energieversorgungsanlage** für Niedertemperatur-Betrieb. Für die notwendigen Prozesstemperaturen von 35 bzw. 60°C ist die Versorgung über das bestehende Dampfsystem (143/133) mit relativ hohen Verlusten verbunden (siehe Berechnungen Wärmebedarf). Eine Versorgung der Prozesse durch Warm- bzw. Heißwasser aus einer Solaranlage und einem Heizkessel oder Blockheizkraftwerk (möglichst auf Basis nachwachsender Rohstoffe, also z.B. Biomasse) auf einem niedrigeren Temperaturniveau stellt eine auch wirtschaftlich sinnvolle Alternative dar, umso mehr, als ein Erneuern der Anlage in den nächsten Jahren ohnehin notwendig ist.

Eine Erhöhung der Energieeffizienz durch **Abwärmenutzung** erscheint nicht zweckführend. Die zugeführte Energie geht sowohl im Bereich der Dachsteintrocknung als auch in jenem des Anmischens des Betonmörtelteiges direkt ins Produkt und durch Abstrahlung an die umgebende Luft. Eine Übertragung der in den Dachsteinen gespeicherten Wärme für die Vorwärmung der Rohstoffe könnte nur mit großem Aufwand betrieben werden und rechnet sich nicht.

Das System zur Mischung der Rohstoffe ist offen, d.h., Einsparungsmaßnahmen durch **Isolierung** sind nicht möglich. Anders verhält es sich im Bereich der Trockenkammern, wo zusätzliche Isolierungsmaßnahmen (vor allem im Bereich der Tore) Einsparungen zur Folge haben würden. Für eine genaue Abschätzung solcher Investitionen und ihrer Effekte sind aber genauere Datenerhebungen aus dem Bereich der Trockenkammern notwendig. Bei der Begehung der Räume über den Trockenkammern an einem sehr heißen Sommertag konnten keine wesentlichen Abstrahlverluste festgestellt werden, eine exakte Beurteilung lassen aber nur Wärmemessungen in verschiedenen Betriebszuständen zu.

7.8.8 Zusammenfassung Wärmebedarf

Für die durchschnittliche Monatsproduktion werden ca. **24.500 l Heizöl** benötigt, diese entsprechen einem Energiewert von ca. **245.000 kWh**.

Für die beiden wärmerelevanten Prozesse ergibt sich aus den Berechnungen folgender **Nutzenergiebedarf**:

Prozess 1: Körpermischer berechnet	Monatlich ergeben sich 267,2 m ³ Warmwasserbedarf bzw. 18.555 kWh <u>Nutzenergiebedarf</u> . Unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade für den Heizkessel (0,7) und die Leitungen (0,8) beträgt der monatliche <u>Endenergieverbrauch</u> (entspricht dem <u>Primärenergiebedarf</u>) für den Körpermischer ca. 33.130 kWh, das entspricht ca. 3.310 l Heizöl.
Prozess 2: Trocknung berechnet	Die benötigte <u>Nutzenergie</u> beträgt pro Monat 116.400 kWh. Die Berücksichtigung der Wirkungsgrade des Heizkessels (0,7) und des Wärmeübertragungssystems (Leitung + Heizrohre ... 0,8) ergibt einen <u>Endenergieverbrauch</u> von ca. 208.000 kWh je Monat, das entspricht einem Heizölbedarf von ca. 20.800 l.
Gesamtverbrauch berechnet	Monatlicher Endenergieverbrauch: 241.000 kWh entsprechend ca. 24.100 l Heizöl
Gesamtverbrauch IST	Monatsdurchschnitt des <u>Endenergieverbrauchs</u> an thermischer Energie (Heizöl) 245.000 kWh entsprechend 24.500 l Heizöl

7.8.9 Simulation von thermischen Solaranlagen

Für die Anwendungen des Körpermischers und der Trockenkammern wurden Varianten für eine solare Energieversorgung ausgearbeitet und die Energieerträge verschiedener Ausführungsformen simulationstechnisch ermittelt. Mit diesen Ergebnissen lassen sich in weiterer Folge Vergleiche über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten durchführen.

Im folgenden wird die im vorigen Kapitel dargestellte Wärmebedarfsberechnung als Basis für die Auslegung von thermischen Solaranlagen herangezogen. Für die beiden identifizierten Anwendungen Trockenkammer und Körpermischer wurden aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Prozesse auch verschiedene Systemkonzepte vorgeschlagen und untersucht.

Die Informationen wurden vom Werk Gaspoltshofen, Oberösterreich erhalten. Die Verlustwerte und Wirkungsgrade wurden im Rahmen der Plausibilität so angenommen, dass der durchschnittliche Heizölverbrauch pro Monat als Gesamtenergiebedarf erhalten wurde.

Um bei den angegebenen Stückzahlen pro Monat den durchschnittlichen Heizölverbrauch auch rechnerisch zu erhalten, muss ein Gesamtwirkungsgrad (Kessel, Verteilung, Verluste) von 56% angenommen werden. Der Primärenergiebedarf ist damit annähernd doppelt so hoch wie der eigentliche Nutzenergiebedarf.

Zusätzlich zur Berechnung des derzeitigen Energiebedarfs des Werkes Gaspoltshofen wurde ein reduzierter Verbrauch dargestellt, welcher sich ergibt, wenn der derzeitige Dampfkessel und das Wärmeverteilsystem und Heizsystem der Trockenkammern auf ein Niedertemperatursystem umgestellt wird.

Die Umstellung auf ein Niedertemperatursystem, welches beispielsweise von einem Biomasseblockheizkraftwerk versorgt wird, stellt eine Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz von solarthermischen Kollektoren zur Wärmeversorgung der Trockenkammern dar.

7.8.10 Konzept Körpermischer

Für Erzeugung des Anmachwassers bzw. Dampf für den Körpermischer unterstützt durch eine solarthermische Anlage müsste das bestehende Hydraulikkonzept entsprechend Abbildung 7.41 abgeändert werden.

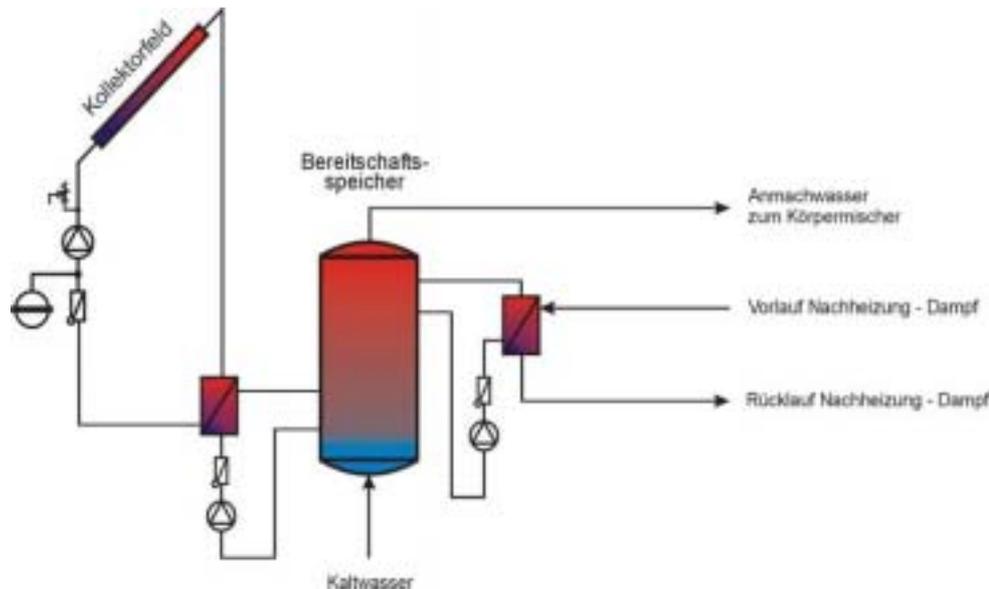


Abbildung 7.41: Hydraulisches Prinzipschema Bramac – Körpermischer

Das neue System besteht demnach aus der Solaranlage mit einem Plattenwärmetauscher, einem Speicher bzw. Dampfkessel und einem Wärmetauscher (intern oder extern) für die Nachheizung bzw. Dampferzeugung. In einer ersten Phase kann hier Dampf des bestehenden Dampfkessel verwendet werden, um die notwendige Brauchwassertemperatur zu gewährleisten.

Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Varianten, die in den Simulationen untersucht wurden.

Tabelle 7.21: Simulationsvarianten Körpermischer

Variante Fläche/Volumen	Nettofläche m ²	Speichervol. m ³
FK 66 m ² / 10 m ³	66	10
FK 102 m ² / 10 m ³	102	10
FK 154 m ² / 10 m ³	154	10
FK 205 m ² / 10 m ³	205	10
VR 104 m ² / 10 m ³	104	10
VR 200 m ² / 10 m ³	200	10

FK ... Flachkollektoren (Bramac BSD8E)

VR ... Vakuumröhrenkollektor (Schott ETC16)

Die angegebenen Flächen stellen Nettoflächen dar.

Ausrichtung Kollektoren: 0° Süd
Neigungswinkel: 45°

7.8.11 Konzept Trockenkammern

Die Trockenkammern werden derzeit mit dampfdurchströmten Rippenrohren beheizt, wobei die Vorlauftemperatur 140°C und die Rücklauftemperatur 130°C beträgt. Die Temperatur in den Kammern soll ca. 65°C betragen. Im Zuge einer Erneuerung der Heizung der Kammern kann ein Niedertemperatursystem installiert werden, das mit einer Vorlauftemperatur von 80°C betrieben wird. Damit wird es möglich, die Kammern auch solar zu versorgen bzw. zu unterstützen. Aufgrund des hohen Energiebedarfs ist eine vollständige Abdeckung mit Solar-

energie nicht möglich, d.h. es wird immer eine Zusatzheizung notwendig sein. Dies gilt schon allein zur Absicherung des durchgehenden Betriebes.

Der Umbau kann in zwei Stufen erfolgen. Der Umstieg auf ein Niedertemperaturheizsystem ist auch mit Beibehalten des Dampfkessels möglich. Die Nachheizung übernimmt dann ein Plattenwärmetauscher, der über das Dampfnetz den Vorlauf der Trockenkammer auf die notwendige Temperatur bringt. Bei Umstieg auf einen neuen Kessel, beispielsweise ein Biomasseblockheizkraftwerk, wird der Plattenwärmetauscher von diesem neuen System aus gespeist, während am Abgabesystem keine Veränderungen nötig sind. Abbildung 7.42 zeigt das vorgeschlagene Niedertemperatursystem mit Einbindung des solarthermischen Systems. Einer der wesentlichen Vorteile dieses Systems sind die reduzierten Wärmeverluste durch das Wärmeverteilsystem.

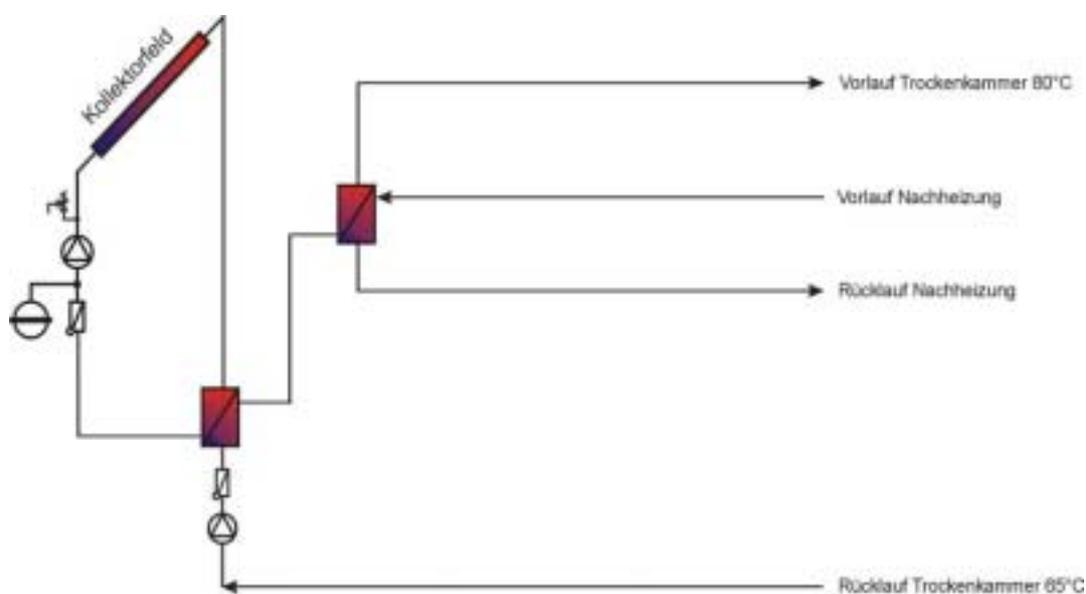


Abbildung 7.42: Hydraulisches Prinzipschema Bramac - Trockenkammern

Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Varianten, die in den Simulationen untersucht wurden.

Tabelle 7.22: Simulationsvarianten Trockenkammern

Variante	Nettofläche m ²
FK 600 m ²	600
FK 1000 m ²	1.000
FK 2000 m ²	2.000
VR 1000 m ²	1.000
VR 2000 m ²	2.000

FK ... Flachkollektoren (Bramac BSD8E)
VR ... Vakuumröhrenkollektor (Schott ETC16)

Aufgrund des hohen Energiebedarfs und damit hohen Durchsatzes des Heizmediums ist die Verwendung eines Speichers nicht sinnvoll.

Ausrichtung Kollektoren: 0° Süd

Neigungswinkel: 45°

7.8.12 Ergebnisse Körpermischer

Die Simulationen wurden mit dem Programm TSol 4.03 durchgeführt, wobei sowohl Flachkollektoren als auch Vakuumröhrenkollektoren betrachtet wurden. Das Speichervolumen wurde mit 10 m^3 angenommen, da im Bedarfsprofil von fünf Tagen mit zweischichtigem Betrieb sowie Stillstand am Wochenende ausgegangen wurde.

Der derzeitige Endenergiebedarf wurde durch Mischungsrechnungen ermittelt und beträgt pro Monat ca. 33 MWh bzw. 400 MWh/Jahr unter Zugrundelegung eines gleich bleibenden Bedarfsprofils über das ganze Jahr (siehe oben). Durch die Umstellung auf das vorgeschlagene System mit neuem Heizkessel bzw. niedrigerem Temperaturniveau wird dieser Bedarf auf 310 MWh/Jahr gesenkt. Die Simulationen wurden für den reduzierten Energiebedarf durchgeführt.

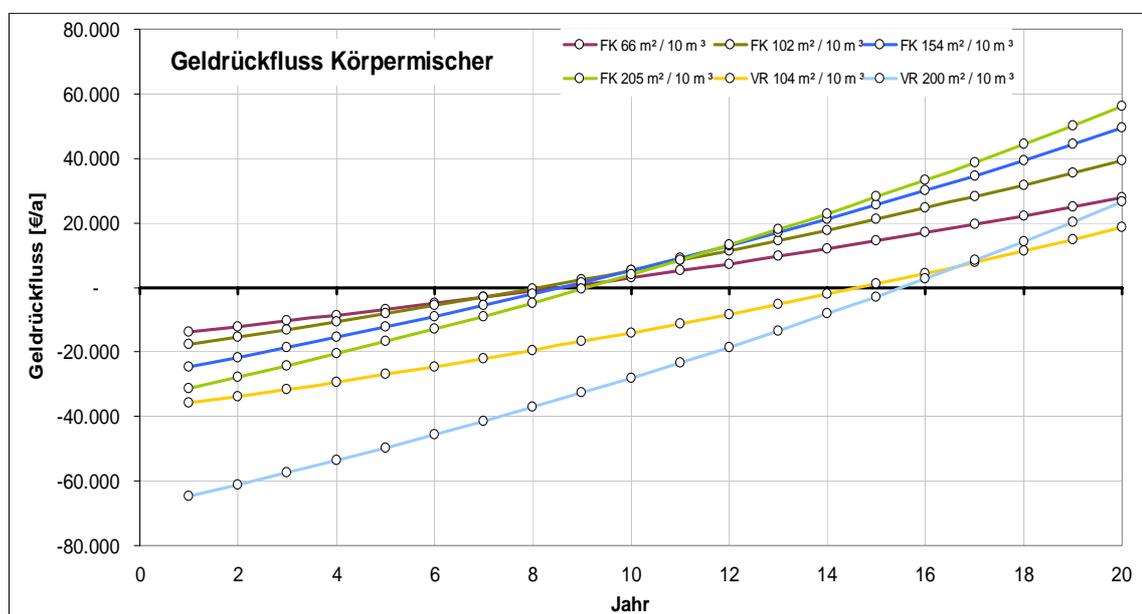


Abbildung 7.43: Simulationsergebnis - Geldrückfluss Körpermischer

Abbildung 7.43 zeigt die erreichten Geldrückflüsse der verschiedenen Varianten. Die Bezeichnung der Varianten setzt sich dabei aus einer Kurzbezeichnung für den Kollektor, der Nettofläche in m^2 und dem Speichervolumen in m^3 zusammen. Im Jahr 1 fallen dabei sämtliche Investitionen abzüglich der Förderung an. Der gezeigte Wert stellt die tatsächliche Investition durch das Unternehmen dar. Der Schnittpunkt mit der x-Achse gibt den Amortisationszeitraum der Variante an. Weiters wurde eine Ölpreissteigerung von 3% pro Jahr bzw. eine Steigerung der Betriebskosten von 1% pro Jahr angenommen. Eine maximal erreichbare Förderung von 50% (30% durch die Kommunalkredit Austria und weitere 20% durch das Land Oberösterreich) ist berücksichtigt. Eine Verzinsung des Kapitals wurde nicht durchgeführt. Der Preis für eine Kilowattstunde produziert aus Öl wurde vom Unternehmen bekannt gegeben.

Es zeigt sich, dass die Vakuumröhrenkollektoren durch den hohen spezifischen Preis nicht mit den Flachkollektoren konkurrieren können. Die erzielbaren Rückzahlzeiten der Vakuumröhrenkollektoren liegen ca. um einen Faktor 2 höher, als jene der Flachkollektoren. Die wirtschaftlichste Variante stellt der Einsatz von Flachkollektoren mit einer Nettofläche von 102 m² und einem Speichervolumen von 10 m³ dar, wobei die Investition durch die Öleinsparungen pro Jahr innerhalb von ca. 8 Jahren wettgemacht wird.

Beachtenswert ist auf jeden Fall der Umstand, dass die Varianten mit größerer Kollektorfläche zwar eine etwas längere Amortisationszeit (ca. 9 Jahre) aufweisen, aber dann aufgrund der größeren jährlichen Ersparnis über die Lebensdauer der Anlage wesentlich höhere Gewinne produzieren.

7.8.13 Ergebnisse Trockenkammern

Die Simulationen wurden mit dem Programm TRNSYS durchgeführt, wobei sowohl Flachkollektoren als auch Vakuumröhrenkollektoren betrachtet wurden. Auf den Einsatz eines Speichers wurde aufgrund der hohen Last, die der Trocknungsprozess erfordert, verzichtet. Das Bedarfsprofil wurde mit gleichmäßigem Betrieb während der Werkzeuge und Stillstand am Wochenende aufgrund der vom Unternehmen zur Verfügung gestellten Informationen angenommen.

Der Energiebedarf wurde durch eine Wärmebedarfsberechnung (Trocknungsenergie bzw. Transmissionsverluste der Kammer) ermittelt und beträgt pro Monat ca. 160 MWh bzw. 1,9 GWh/Jahr unter Zugrundelegung eines gleich bleibenden Bedarfsprofils über das ganze Jahr und dem oben vorgeschlagenen Niedertemperaturheizsystem.

Die Berechnung des Geldrückflusses wurde, wie schon für die Anwendung des Körpermischers beschrieben, durchgeführt.

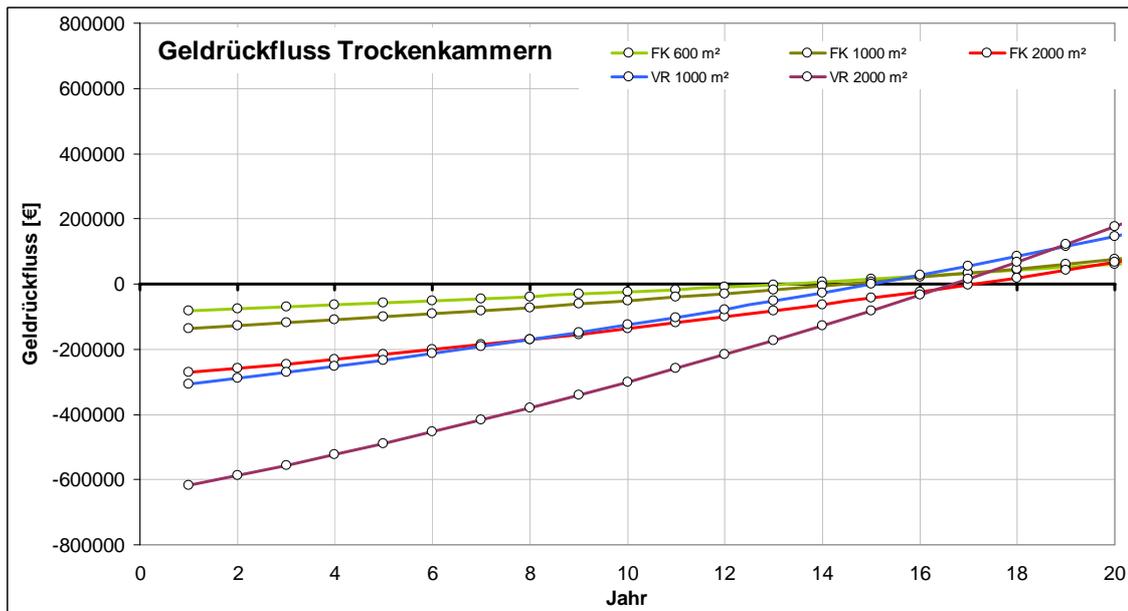


Abbildung 7.44: Simulationsergebnisse – Geldrückfluss Trockenkammern

Aus Abbildung 7.44 geht hervor, dass die Variante mit 600 m² Flachkollektoren die kürzeste Amortisationszeit aufweist. Die Grafik zeigt aber sehr deutlich, dass die Anlage mit 1000 m² Vakuumröhrenkollektoren zu einer geringen Verlängerung der Amortisationszeit führt, aber die Gewinne wesentlich steiler ansteigen und somit die zu favorisierende Variante darstellt.

Der Grund für die besseren Ergebnisse der Vakuumröhrenkollektoren für die Anwendung der Trockenkammern im Vergleich zum Körpermischer ist im Bereich der Rücklauftemperaturen aus den Trockenkammern zu suchen. Bei den hohen Temperaturen (65°C) weist ein Vakuumröhrenkollektor einen wesentlich besseren Wirkungsgrad als ein Flachkollektor auf. Dadurch sind auch die Energiegewinne über das Jahr höher als bei einem Flachkollektor und die hohen Investitionskosten werden schneller wieder wettgemacht.

7.8.14 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle gibt noch einmal einen Überblick der vorgeschlagenen Varianten und deren Auswirkungen auf den Energiebedarf sowie die damit verbundenen Einsparungen an Heizöl bzw. Reduktionspotenziale von Kohlendioxid.

Tabelle 7.23: Übersicht - Energieeffizienzsteigerung und Solaranlage

**Übersicht - Energieeffizienzsteigerung und Einsatz solarer Prozeswärme
Energiewerte pro Jahr**

Körpermischer			
Endenergiebedarf aktuell (Dampfkessel)	400 MWh	delta:	90 MWh
Endenergiebedarf NEU (Heizkessel neu (Biomasse), 80/60)	310 MWh	delta:	89 MWh
Endenergiebedarf NEU mit Solaranlage (200 m ² Flachkollektor, 10 m ³ Speicher)	221 MWh		
Differenz	179 MWh		
	entspricht	45% des aktuellen Bedarfs	
		17.900 Liter Heizöl pro Jahr	
		47.614 kg CO ₂ -Reduktion pro Jahr	
Trockenkammer			
Endenergiebedarf aktuell (Dampfkessel, 140/130)	2500 MWh	delta:	560 MWh
Endenergiebedarf NEU (Heizkessel neu (Biomasse), 80/60)	1940 MWh	delta:	456 MWh
Endenergiebedarf NEU mit Solaranlage (1000m ² Vakuumkollektor, ohne Speicher)	1484 MWh		
Differenz	1016 MWh		
	entspricht	41% des aktuellen Bedarfs	
		101.600 Liter Heizöl pro Jahr	
		270.256 kg CO ₂ -Reduktion pro Jahr	
GESAMT			
	1195 MWh		
	entspricht	41% des aktuellen Bedarfs	
		119.500 Liter Heizöl pro Jahr	
		317.870 kg CO ₂ -Reduktion pro Jahr	

Es zeigt sich, dass eine **Gesamteinsparung von 59%** des derzeitigen Endenergieverbrauches möglich ist. Die Umsetzung der Maßnahmen kann stufenweise erfolgen, da die vorgeschlagenen Hydraulikkonzepte leicht anpassbar sind. Ein Austausch der Heizrippenrohre in den Trockenkammern ist ohnehin in der nächsten Zeit nötig – eine Umstellung auf ein Niedertemperatursystem kaum mit Mehrkosten verbunden. Vorteil des Niedertemperatursystems wäre, wie schon oben erwähnt, eine Reduktion der Wärmeverluste durch die Verteilungen zu den Verbrauchern.

Die zweite Stufe stellt die Erneuerung des Dampfkessels dar, wobei die Anschaffung eines Biomasseblockheizkraftwerkes in Erwägung gezogen werden sollte. Damit könnte der Wirkungsgrad der Energiebereitstellung wesentlich gesteigert werden und zusätzlich der nicht geringe Strombedarf der Produktion zum Teil mit abgedeckt werden.

8 Workshop – „PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie“

Das Ziel des Workshops war es, die im Projekt erarbeiteten Erkenntnisse und Ergebnisse den Fachleuten des produzierenden Gewerbes einerseits und jenen aus der Solartechnikbranche andererseits zu präsentieren und auch zu diskutieren. Der Workshop wurde am 22.05.2003 in Graz mit 30 Teilnehmern durchgeführt. Im Anschluss an die Vorträge wurde eine Exkursion zur Solaranlage am Arnold Schwarzenegger Stadion unternommen. Die Solaranlage mit einer Fläche von 1.420 m² unterstützt das Grazer Fernwärmenetz. Die Führung übernahm Dr. Christian Holter, S.O.L.I.D, der das Projekt auch geplant und realisiert hat.

Die Teilnehmer waren, wie die Teilnehmerliste im Anhang zeigt, gleichmäßig auf Solartechnikbranche und produzierendes bzw. auch dienstleistendes Gewerbe aufgeteilt. Das Programm mit der Auflistung der Vorträge und Referenten kann ebenfalls dem Anhang entnommen werden. Das neue Thema „Solare Prozesswärme“ stieß auf reges Interesse der Zielgruppen. Neben dem Informationsaustausch konnte auch das Ziel, eine weitere Fallstudie für einen interessierten Betrieb zu erstellen, am Workshop in die Wege geleitet werden. Die hervorgegangene Fallstudie für die Firma Bramac zur solar unterstützten Herstellung von Betondachsteinen ist in Kapitel 7.8 zu finden.

9 Abschlussbetrachtungen

Abschließend wird noch auf den Beitrag des Projektes zu den Zielen von „Fabrik der Zukunft“, die Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen sowie auf die Möglichkeiten von Demonstrationsprojekten und notwendige weitere Entwicklungen eingegangen.

9.1 Beitrag des Projektes zu „Fabrik der Zukunft“

Die Erzeugung von Wärme stellt für die meisten Produktionsprozesse einen wesentlichen Schritt hin zum fertigen Produkt dar. Verbunden mit der Wärmegenerierung ist auch der Verbrauch von natürlichen Ressourcen in Form von fossilen Energieträgern wie Öl und Erdgas. Durch den Einsatz dieser Energieträger kommt es in weiterer Folge zum Ausstoß von klimarelevanten Luftschadstoffen, wie z.B. von CO₂.

Durch den Einsatz solarthermischer Anlagen kann die Energie der Sonne für die Erzeugung der Wärme eingesetzt werden und damit eine Erhöhung der Ressourceneffizienz von Produktionsprozessen durch die Substitution von Öl und Erdgas erreicht werden, wie dies eines der Ziele der Programmlinie Fabrik der Zukunft ist.

So zeigen die Abschätzungen für den solarthermisch deckbaren Wärmeenergiebedarf mögliche Einsparungen von mittelfristig ca. 240.600.000 Litern Öläquivalenten und damit verbunden ein CO₂-Reduktionspotenzial von 656.000 Tonnen pro Jahr.

Die Ergebnisse des Projektes zeigen jene Industriebranchen und Anwendungsbereiche auf, welche für die Teilversorgung mit solarer Prozesswärme am geeignetsten sind. Diese Branchen können in Folgeprojekten gezielt angesprochen werden und mit Informationen zur Technologie versorgt werden.

Das Projekt soll in weiterer Folge zu Demonstrationsanlagen führen, die in Kooperation mit österreichischen Unternehmen errichtet werden, um so eine „Leuchtturmfunktion“ erfüllen zu können und der Industrie die technische und wirtschaftliche Anwendbarkeit der Technologie zu beweisen. Die wesentliche Erkenntnis aus den durchgeführten Fallstudien war jene, dass die Untersuchung der Produktionsprozesse auf die Möglichkeit von Energieeffizienzsteigerungen vor den Überlegungen zur Dimensionierung eines solarthermischen Systems durchgeführt werden müssen. Damit können Solaranlagen auf einen optimierten Energieverbrauch hin ausgelegt werden und werden damit wesentlich kleiner ausfallen. Somit ist auch für diese Systeme die bestmögliche Ressourceneffizienz gegeben.

Aufgrund des absehbaren Endes der fossilen Energieversorgung ist der Umstieg auf eine solare Basis schon jetzt anzuvizieren, um damit den kommenden Generationen einen Vorsprung in Hinsicht auf Technologie und Nachhaltigkeit zu geben.

Für die österreichische Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der solarthermischen Systeme besteht die einzigartige Möglichkeit die führende Rolle innerhalb Europas zu übernehmen.

Das Interesse und die Beteiligung von mehreren Ländern an der neuen Task 33 des IEA – Solar Heating and Cooling Programmes, „SHIP - Solar Heat for Industrial Processes“, welche von der AEE INTEC geleitet wird, zeigt die Relevanz des Themas auch auf internationaler Ebene.

9.2 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Das Projekt hat die wesentlichen Potenziale für eine solarthermische Energieversorgung von industriellen Produktionsprozessen, den wichtigsten Branchen, die vorhandene Solartechnologie und auch die Machbarkeit von solarer Prozesswärme durch die Fallstudien und die erfolgreiche Umsetzung einer Anlage (SunWash) aufgezeigt.

Es hat sich gezeigt, dass die Branchen mit dem höchsten Potenzial für einen Einsatz von solarer Prozesswärme die Lebensmittelindustrie (Nahrungs- und Getränkeherstellung), die Textilindustrie sowie einige Nischenbereiche des produzierenden Gewerbes sind. Nicht zu vernachlässigen ist auch der Dienstleistungssektor, welcher aber in diesem Projekt mit Ausnahme der Fallstudie „SunWash“ nicht betrachtet wurde.

Während des Projektes konnten Erfahrungen zur Simulation von thermischen Solaranlagen für industrielle Prozesse gewonnen werden und erste Systemkonzepte für die Integration von Solaranlagen in bestehende Wärmeversorgungssysteme entwickelt werden.

Die Ergebnisse des Projektes dienen als wichtige Basis für weitere nationale und von der EU-Kommission geförderte Projekte, sowie als Beiträge für die Mitarbeit an der IEA-SHC Task 33.

9.3 Ausblick und Empfehlungen

Die Machbarkeit von Demonstrationsanlagen wurde durch die Inbetriebnahme der Selbstbedienungs-Autowaschanlage „SunWash“ im Oktober 2002 eindrucksvoll bewiesen. Während des ersten Jahres des Betriebs ist es zu keinerlei Störungen gekommen, was den Betreiber in seiner Entscheidung bestärkt hat, zwei weitere Anlagen nach dem gleichen Energieversorgungsprinzip im Mai 2004 bzw. im Herbst 2004 zu errichten und in Betrieb zu nehmen.

Die breite Umsetzung von solaren Prozesswärmeanlagen durch Betriebe erfolgt aber derzeit durch die hohen wirtschaftlichen Anforderungen, wie geforderte Amortisationszeiten von maximal drei Jahren, bisher nur zögerlich und sind stark vom Eigenengagement des Betriebsinhabers abhängig.

Als Ansatzpunkte für eine verstärkte Umsetzung von solarthermischen Anlagen in Industrie und Gewerbe können die folgenden gesehen werden:

Erhöhung der Förderungen

Reduktion der Systemkosten

Finanzierungsmodelle wie das Contracting

Erhöhung von Energiepreisen bzw. Energieabgaben

Einbeziehung von Nachhaltigkeitskriterien in die Investitionsentscheidungen von Betrieben

Einige dieser Punkte werden bei der Wirtschaft auf Ablehnung stoßen und werden damit nur schwer umsetzbar sein. Andere Punkte bieten aber große Chancen, wie das Contracting, für das es schon Beispiele z.B. im mehrgeschossigen Wohnbau gibt. Für diese Art der Finanzierung sind aber noch einige offene Punkte zu klären, wie z.B. der Umgang mit der Solaranlage, wenn der Energiebedarf durch Prozessoptimierungen verringert wurde oder dem Fall, dass ein Unternehmen nicht so lange besteht, wie es dem Durchrechnungszeitraum des Contracting-Vertrages entspricht.

Die Systemkosten werden aufgrund von immer mehr Anbietern und der Einführung der Serienproduktion von Kollektoren weiterhin geringer werden.

Hinsichtlich der Entscheidungsgrundlagen für Investitionen im Infrastrukturbereich, hier im speziellen zur Energieversorgung, muss es einen Wandel von der Betrachtung von Amortisationszeiten hin zu jener von Betriebskosten geben, vor allem dann, wenn von Lebensdauern der Anlagen von 20 Jahren ausgegangen werden kann. Die Fallstudien zeigen deutlich, dass über längere Zeiträume mit den solarthermischen Systemen Wärmepreise im Bereich der fossilen Energieträger erreichbar sind.

Weiterführende Forschungsarbeiten sind in den Bereichen der Kollektorentwicklung für höhere Prozesstemperaturen (größer 100°C) bzw. die Verbesserung der Effizienz bzw. Reduktion der Kosten von Flachkollektoren (Anwendung bis 70°C) zu unternehmen. Die Integration von thermischen Solaranlagen in bestehende Wärmeversorgungssysteme von Betrieben ist ebenfalls ein Punkt für weitere Untersuchungen, da die Einbindung in Dampf- und Druckwassersysteme noch nicht vollständig geklärt ist und in der Praxis auch nicht erprobt wurde. Ein weiterer Punkt ist die Entwicklung von „modularen“ Systemen, die sich an den jeweiligen veränderten Wärmebedarf durch Optimierungen, Prozessänderungen und Effizienzsteigerungen anpassen lassen, d.h. Systeme, die ohne großen Aufwand in ihrer Größe (Kollektorfläche, bzw. Speichervolumen) geändert werden können.

10 Verzeichnisse

10.1 Literaturverzeichnis

- Lit 1 Aargauer Zentralmolkerei AG (2003): Umweltbericht 2002
- Lit 2 Agrarmarkt Austria – AMA (2003): Daten-Fakten-Informationen zu agrarischen Märkten September 2003: Milch und Milcherzeugnisse. 8. Stück Jahrgang 2003, Ausgabe vom 19.09.2003
- Lit 3 Agrarmarkt Austria – AMA (2003): Marktbericht der Marktordnungsstelle Agrarmarkt Austria (AMA) für den Bereich Milch und Milchprodukte. 1. Sonderheft, Ausgabe vom 12.08.2003
- Lit 4 Bayer. Landesamt für Umweltschutz: CO₂-Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Textilveredelungsindustrie. Bericht EnviroTex GmbH, Dezember 2000.
- Lit 5 Bayer. Landesamt für Umweltschutz: Untersuchungen zu CO₂-Minderungspotenzialen in der Lebensmittelindustrie und der Textilveredelungsindustrie durch rationelle Energienutzung. Tätigkeitsbericht 2000, 2001.
- Lit 6 Bayr. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.); „CO₂- Minderungspotentiale durch rationelle Energienutzung in der Kunststoffverarbeitenden Industrie“; 2002; Augsburg, Deutschland
- Lit 7 Beikirchner, T.; Benz, N.; Schölkopf, W. (1998): „Großkollektor aus evakuierten Flachkollektoren“, Wind Energie Aktuell 9/1998, 1998
- Lit 8 Belitz H.-D., W. Grosch, P. Schieberele (2001): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Aufl., Springer-Verlag Berlin (ISBN 3-540-41096-1)
- Lit 9 Benke, G.; S. Fickl (2001): „Energiefluss, Österreich 1999“, Energieverwertungsagentur, Wien, 2001
- Lit 10 Benz. N.; M.Gut (2000): „Solare Prozeßwärmeerzeugung in der Klosterbrauerei Andechs“, Studie zur Vorplanung einer Anlage, München, 2000
- Lit 11 Benz. N.; M.Gut; W. Ruß (1999): „Solare Prozeßwärmeerzeugung in der Lebensmittelindustrie“, Studie zur Vorplanung von 4 Anlagen, München, 1999
- Lit 12 Bertsch, G. (2000): „100% erneuerbare Energieträger für ein Bürogebäude und eine Produktionshalle“, Erneuerbare Energie 4/00, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Gleisdorf, 2000
- Lit 13 Brauerei Murau; Umweltbericht 2002; 2002; Murau
- Lit 14 Bundesministerium für Umwelt (Schriftenreihe): Branchenkonzept für den Textilbereich, Band B: Teilkonzept Abwasser. Wien, 1995. ISBN 3-901271-37-6
- Lit 15 Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Hrsg., 1992): Der Lebensmittelbetrieb der Zukunft: Effizient – qualitätssichernd – umweltschonend. Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main (ISBN 3-87150-399-1)

- Lit 16 Duffie, J. A.; Beckman, W. A. (1991): "Solar engineering of thermal processes, 2nd Edition - Solar industrial process heat", John Wiley & Sons, New York, 1991
- Lit 17 Energieverwertungsagentur (1999): „Energetischer Endverbrauch (EE) im Produzierenden Bereich - Österreich 1997“, Energieverwertungsagentur, Auskunft Hr. Indinger, Wien, 1999
- Lit 18 Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich: IST & SOLL – Tätigkeitsbericht 2002. Wien, Jänner 2003
- Lit 19 Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich: IST & SOLL – Tätigkeitsbericht 2001. Wien, Jänner 2002
- Lit 20 Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich: Jahresbericht 2002. Wien, April 2003
- Lit 21 Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich: Jahresbericht 2001. Wien, März 2002
- Lit 22 Faninger, G. (2002): „Der Solarmarkt in Österreich 2001“, Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universitäten Klagenfurt, Wien, Innsbruck und Graz, Bundesverband Solar Österreich, 2002
- Lit 23 Faninger, G.; Weiß W. (2002): „Solar thermal collector market in IEA Member Countries“; IEA – International Energy Agency, 2002
- Lit 24 Fritsch W. (1966): Taschenbuch Maschinenbau in 3 Bänden / Band 3/II. VEB Verlag Technik Berlin: Verl. Technik, 1966, 1. Aufl.,
- Lit 25 Güteverband Transportbeton: „Transportbeton – Statistik 2002“ in <http://www.gueteverband-transportbeton.at> (Stand Oktober 2003)
- Lit 26 Haas, R.; Berger M.; Kranzl L. (2001): "Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weissbuches für erneuerbare Energien und der Campaign for Take-off", Wien, 2001
- Lit 27 Hackl, A.; Mauschitz, G.: Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie III. Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. Wien 2001
- Lit 28 Hamminger, O. (1994): „Holztrockenkammer mit Sonnenenergie“, Erneuerbare Energie 3-94, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf, 1994
- Lit 29 Heiss, R.: Lebensmitteltechnologie (1996): Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. 5. Aufl., Springer-Verlag, Berlin (ISBN 3-540-60111-2)
- Lit 30 Hirschberg, H.G.: Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau: Chemie, Technik, Wirtschaftlichkeit. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999
- Lit 31 Hofer, R.(1994):"Dissertation: Technologiegestützte Analyse der Potentiale industrieller Kraft-Wärme-Kopplung", Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München, 1994
- Lit 32 Hutterer, H.; H. Pilz; „Kosten-Nutzen-Analyse der Kunststoffverwertung“; 1998; Monographien Band 98; Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie; Wien
- Lit 33 <http://www.allresto.de/airbraeu/neueseiten/brauprozess.html>
- Lit 34 <http://www.bera2bera.de/pdf/fertig.pdf>

- Lit 35 <http://www.bierserver.at/>
- Lit 36 <http://www.brauer-bund.de/bierfans/brauprozess.htm>
- Lit 37 <http://www.brauunion.at/>
- Lit 38 <http://www.design-technology.org/injectiondrawing.JPG>
- Lit 39 <http://www.fcio.at/home/>
- Lit 40 http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html
- Lit 41 http://www.krones.de/krones/de/104_366_DEU_krones_group.htm
- Lit 42 <http://www.murauerbier.at>
- Lit 43 <http://www.stiegl.at/>
- Lit 44 http://www.treffpunkt-kaelte.de/kaelte/de/de_start.html?/kaelte/de/html/anwendungen/malz/malz1.html
- Lit 45 <http://www.vke.de/de/index.php>
- Lit 46 <http://www.wko.at/kunststoffverarbeiter/frame.htm>
- Lit 47 Huerdes, J.V.; Lachal B. (1981): „Sonnenenergie für die Erzeugung industrieller Prozesswärme. Abschätzung des gesamtschweizerischen Potenzials“, Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, 15, 1981
- Lit 48 Karagiorgas M., et.al. (2000); „Solar Thermal Process Heating in Industrial Applications – A Stimulation Plan“, Broschüre CRES - Centre of renewable energy sources, Athen, 2000
- Lit 49 Kaiser, S.; Starzer O. (1999): „Handbuch für betriebliches Energiemanagement“, ARGE ÖEKV und E.V.A., Wien, 1999
- Lit 50 Krüger, D., et. al. (2000): „Test eines Parabolrinnenkollektors für Prozesswärmeerzeugung in einem Klima mit niedriger direkter Strahlung“, Tagungsband OTTI Symposium Thermische Solarenergie, Staffelstein, 2000
- Lit 51 Krüger, D.; Hennecke, K.; Richartz, J.; Mumm, P. (2000): „Untersuchung von Leistungsfähigkeit und Einsatzmöglichkeiten eines Leichtbauparabolrinnenkollektors im mitteleuropäischen Klima“, 12. Int. Sonnenforum, Freiburg, 2000
- Lit 52 Lewis, C. W. (1980): „The prospects for solar energy use in industry within the United Kingdom“, Solar Energy Vol. 24 pp. 47-53, New York, 1980
- Lit 53 Marko A., Braun P. O., et. al. (1997): „Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden Teil II – Aktive Solarenergienutzung mit thermischen Kollektoren“, Springer, Berlin, 1997
- Lit 54 Milch & Markt Informationsbüro (2003): „Produktions- und Nachfrageentwicklung“ und „Brancheninformationen“ in <http://www.milch-markt.de> (Stand 1.10.2003)
- Lit 55 N. Benz, M. Gut, W. Ruß; Studie: „Solare Prozesswärmeerzeugung in der Lebensmittelindustrie“, April 1999; Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie; München, Deutschland
- Lit 56 N. Benz, M. Gut; „Solare Prozesswärmeerzeugung in der Klosterbrauerei Andechs – Vorplanung einer Anlage zur solarthermischen Prozesswärmeerzeugung“, April 2000; Bayrisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.; München, Deutschland

- Lit 57 Neubarth, J.; Kaltschmitt M. (2000): „Erneuerbare Energien in Österreich. Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte“, Springer, Wien, 2000
- Lit 58 Nitsch J., Klaiß H., Meinecke W., Staiß F. (1993): „Themen 93/94 - Thermische Solarkraftwerke und solare Prozesswärme im Mittelmeerraum“, Forschungsverbund Sonnenenergie, 1993
- Lit 59 Norton B. (2001): „Solar energy – The state of the art – Solar Process heat: distillation, drying, agricultural and industrial uses“, ISES position papers, James & James, London, 2001
- Lit 60 O. Schwarz; „Kunststoffkunde“; 3. Auflage 1990; Vogel Buchverlag; Würzburg, Deutschland
- Lit 61 Pitz-Paal, R.; Krüger, D.; Hennecke, K. (2000): „Prozesswärme mittels Solarthermie Einsatz konzentrierender Systeme für Temperaturen bis 250°C“, Brennstoff Wärme Kraft Bd. 52 Nr. 6, 2000
- Lit 62 R. Achleitner; Diplomarbeit: „Energiestromanalyse in einer Brauerei“; 1998; TU-Graz; Graz
- Lit 63 R. Meyer-Pittroff, Fischer; Skriptum zum Praktikum: „Wärmetechnik“; 2003; Lehrstuhl für Energie und Umweltechnik der Lebensmittelindustrie, TU-München; München, Deutschland <http://www.wzw.tum.de/blm/leu/skripten/>
- Lit 64 Reducing the Cost of Cleaning in the Food and Drink Industry. Crown (1998). Good Practice Guide GG154, Environmental Technology Best Practice Programme
- Lit 65 Schweiger H., et. al. (2001): „Final Report POSHIP - The potential of solar heat for industrial processes“, Aiguasol, Barcelona, 2001
- Lit 66 Schweiger, H.; Mendes, J.F.; Benz, N.; Hennecke, K.; Prieto, G.; Cusi, M.; Goncalves, H. (2000): „The potential of solar heat in industrial processes. A state of the art review for Spain and Portugal“, Proceedings EUROSUN Kopenhagen, 2000
- Lit 67 STATISTIK AUSTRIA. Leistungs- und Strukturhebung Produktion & Dienstleistungen 2001. Wien 2003 (ISBN 3-902452-06-1)
- Lit 68 STATISTIK AUSTRIA. Nutzenergie-Analyse 1998. Wien 2000 (ISBN 3-70-46-1626-5)
- Lit 69 TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH (Dezember 2000): Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung – Milchverarbeitender Betrieb. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg
- Lit 70 Umweltbundesamt. Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen. Berlin 1995
- Lit 71 UNEP / IE - United Nations Environment Programme / Industry and Environment (Manual Series): Cleaner Production in Textile Wet Processing, A Training Resource Package. UNEP, 1996.
- Lit 72 UNEP / IE - United Nations Environment Programme / Industry and Environment (Workbook Series): Cleaner Production in Textile Wet Processing, A Workbook for Trainers. UNEP, 1996. ISBN 92-807-1608-5
- Lit 73 UNEP / IE – United Nations Environment Programme / Industry and Environment (Technical Report Series): The Textile Industry and the Environment (Report No. 16). UNEP, 1993. ISBN 92-807-1367-1
- Lit 74 van de Pol, M.; L.A.Wattimena (2001): „Onderzoek naar het potentieel van zonthermische energie in de industrie“, KWA Bedrijfsadviseurs, Amersfoort, 2001

-
- Lit 75 VDI-Gesellschaft Energietechnik: Energie- und Umwelttechnik in der Lebensmittelindustrie (1992): Tagung München, 28. u. 29. Oktober 1992. VDI-Verlag, Düsseldorf (ISBN 3-18-090979-X)
- Lit 76 Veldhuisen, D.R. van (1991): Technical and economic aspects of measures to reduce water pollution from the textile finishing industry. European Communities, 1994. ISBN 92-826-7127-5
- Lit 77 VOEM – Vereinigung österreichischer Milchverarbeiter. „Pressegespräch 14.4.2003“ in <http://www.voem.or.at> (Stand 1.10.2003)
- Lit 78 VÖZ - Vereinigung der österreichischen Zementhersteller. „Betontechnologie“ in <http://www.zement.at> (Stand Oktober 2003)
- Lit 79 Winkler, M. (2000): „Vollsolar beheizte Produktionshalle“, Erneuerbare Energie 4/00, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Gleisdorf, 2000
- Lit 80 Wirtschaftskammer Österreich: Konjunkturstatistik im produzierenden Bereich – Sonderauswertung für die Industrie in der Kammerstatistik. Wien 2001
- Lit 81 Wirtschaftskammer Österreich: Konjunkturstatistik im produzierenden Bereich – Sonderauswertung in der europäischen Systematik der Wirtschaftstätigkeiten NACE Rev. 1. Wien 2001

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Prozesswärmeanwendungen und geeignete Kollektoren, sowie realisierte Anlagen.....	6
Abbildung 1.2: Sun Wash, Köflach.....	9
Abbildung 2.1: Prozentuelle Anteile der verschiedenen Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs der erhobenen Betriebe	23
Abbildung 2.2: Übersicht Anwendungsgebiete für solare Prozesswärme und geeignete Kollektoren	29
Abbildung 2.3: Aufteilung der installierten Solaranlagen zur Prozesswärmeerzeugung auf Industriebranchen (Gesamtzahl n = 23)	30
Abbildung 2.4: Jährlicher Energiebedarf der Industrie verschiedener Länder und mittelfristig nutzbares solarthermisches Potenzial (Energieskala logarithmisch)	33
Abbildung 2.5: Struktur der ausgewählten Sektoren nach Betriebsgröße (Anzahl der Mitarbeiter) bezogen auf den Produktionswert (N&G = Nahrungs- und Genussmittelindustrie, G&KSt = Gummi- und Kunststoffindustrie) nach Statistik Austria [Lit 67]	35
Abbildung 2.6: Struktur der ausgewählten Sektoren nach Betriebsgröße bezogen auf den Produktionswert (N&G = Nahrungs- und Genussmittelindustrie, G&KSt = Gummi- und Kunststoffindustrie) nach Statistik Austria [Lit 67]	36
Abbildung 2.7: Energierelevante Themenstellungen für ein Unternehmen	37
Abbildung 3.1: Energiefluss in einem Flachkollektor.....	42
Abbildung 3.2: Kennlinien von verschiedenen Kollektortypen	45
Abbildung 3.3: Aufteilung der installierten Kollektorfläche von in Betrieb befindlichen Solaranlagen nach Kollektortypen	46
Abbildung 3.4: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein offenes System	47
Abbildung 3.5: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein geschlossenes System	48
Abbildung 3.6: Einkopplung von solar erzeugter Wärme in ein gemischtes System	48
Abbildung 3.7: Direkter Wärmeaustausch.....	50
Abbildung 3.8: Indirekter Wärmeaustausch	50
Abbildung 3.9: Indirekter Wärmeaustausch mit Speicher	50
Abbildung 3.10: Ansicht der Produktionshalle - Winkler Solar (Quelle: Winkler Solar).....	54
Abbildung 3.11: Ansicht Energiepark West (Quelle: AKS Doma Solartechnik GmbH).....	56
Abbildung 3.12: Hydraulikschema - Energiepark West.....	57
Abbildung 3.13: Systemkonzept zur Produktionshallenbeheizung	58
Abbildung 4.1: Entwicklung der Anzahl Milchverarbeitungsbetriebe in Österreich 1995 – 2003 nach Angaben der VOEM [Lit 77].....	61
Abbildung 4.2: Produkte und Prozesse in der Milchverarbeitung	63
Abbildung 4.3: Prozesse bei der Vorbehandlung der angelieferten Rohmilch.....	64
Abbildung 4.4: Topfherstellung im Fermenter	66
Abbildung 4.5: Prozessschema der Käsefertigung (WRG = Wärmerückgewinnung, D = Dampf, K = Kondensat, HW-VL = Heißwasser-Vorlauf, HW-RL = Heißwasser-Rücklauf).....	71
Abbildung 4.6: Wärmerelevante Prozesse der österreichischen Betriebe im Bereich Milchverarbeitung nach Temperaturniveau und Jahresenergiebedarf.....	77
Abbildung 4.7: Absolutjahresbedarf an Niedrigtemperaturwärme in der Milchverarbeitung nach Temperaturniveaus und Potenziale für Solarenergienutzung	77
Abbildung 4.8: Verteilung des Gesamtausstoßes nach der Größe der Betriebsstätten [Lit 35]	79
Abbildung 4.9: Verteilung der Braustätten nach Betriebsgrößen [Lit 35]	79
Abbildung 4.10: Sortenspezifischer Ausstoß im Jahr 2000 [Lit 35].....	80
Abbildung 4.11: Verallgemeinertes Prozessschema in einer Brauerei (nach Angaben der 1. Obermurtaler Brauereigenossenschaft reg.Gen.m.b.H. [Lit 13])	81
Abbildung 4.12: Ablaufschema der Würzeherstellung nach Angaben aus http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html [Lit 40].....	83
Abbildung 4.13: Temperatur- und Zeitverlauf bei der Würzeherstellung (Beispiel Brauerei Murau)	84
Abbildung 4.14: Schematischer Ablauf im Gär- u. Lagerkeller sowie Filtration bis zur Abfüllung	88

Abbildung 4.15: Stofffluss im Bereich Würzekühler – Vorwärmer (Beispiel: Brauerei Murau)	90
Abbildung 4.16: Wärmefluss im Bereich Würzekühler – Vorwärmer (Beispiel Brauerei Murau)	90
Abbildung 4.17: Schema einer Flaschenfüllkolonne mit Transporteinrichtung und Energieverbrauchsstellen aus [Lit 62].....	93
Abbildung 4.18: Beispiel einer Flaschenwaschmaschine (Firma Krones) [Lit 41]	95
Abbildung 4.19: Temperaturprofil des Reinigungsprozesses [Lit 63].....	97
Abbildung 4.20: Schematische Flüssigkeitsführung in einer Flaschenwaschmaschine [Lit 63]	98
Abbildung 4.21: Spezifische Verbrauchszahlen in Abhängigkeit von der Ausbringung [Lit 63].....	99
Abbildung 4.22: Mengenströme im Kurzzeiterhitzer des Flaschenkellers (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)	101
Abbildung 4.23: Wärmefluss im Kurzzeiterhitzer des Flaschenkellers (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)	101
Abbildung 4.24: Mengenströme bei der Flaschenreinigung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)	102
Abbildung 4.25: Wärmefluss bei der Flaschenreinigung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau) ..	102
Abbildung 4.26: Wärmerrelevante Prozesse der österreichischen Brauunternehmen nach Temperaturniveau und Jahresenergiebedarf	105
Abbildung 4.27: Absolutjahresbedarf an Niedrigtemperaturwärme bei den österreichischen Brauereien nach Temperaturniveaus	106
Abbildung 4.28: Produktionswert nach Größenklassen entsprechend Anzahl der Mitarbeiter [Lit 67] ..	107
Abbildung 4.29: Überblick über die Verfahren der Textilveredlung aus Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen [Lit 70]	111
Abbildung 4.30: Veredelungs-Fließschematas für Web- und Wirkwaren und für Vliese bei der Fa. Kufner [Lit 4].....	116
Abbildung 4.31: Veredelungs-Fließschema bei der Fa. BTW [Lit 4]	117
Abbildung 4.32: Typische Anordnung verschiedener Prozess- und Waschschrte in einem textilverarbeitenden Betrieb	118
Abbildung 4.33: Aufteilung des Gasverbrauches bei der Fa. Kufner [Lit 4]	119
Abbildung 4.34: Aufteilung des Gasverbrauches bei der Fa. BTW [Lit 4].....	120
Abbildung 4.35: Kunststoffverarbeitung in Österreich (nach Angaben des Verbandes der chemischen Industrie Österreichs [Lit 39])	123
Abbildung 4.36: Verarbeitungsverfahren in der kunststoffverarbeitenden Industrie nach Angaben aus http://www.bera2bera.de/pdf/fertig.pdf [Lit 34].....	125
Abbildung 4.37: Kunststoffspritzgussmaschine aus http://www.design-technology.org/injectiondrawing.JPG [Lit 38]	126
Abbildung 4.38: Beispiele für das Tiefziehen nach Angaben aus http://www.bera2bera.de/pdf/fertig.pdf [Lit 34].....	128
Abbildung 4.39: Symbolische Darstellung eines Extruders.....	129
Abbildung 4.40: Beispielhaftes Produktionsschema für die Herstellung von Betondachsteinen	138
Abbildung 5.1: Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion	146
Abbildung 5.2: Ableitung des solarthermischen Potenzials für Österreichs Industrie und Gewerbe	151
Abbildung 5.3: Energiebedarf der Industrie verschiedener Länder und mittelfristig nutzbares solarthermisches Potenzial	154
Abbildung 6.1: Aufteilung der installierten gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Österreich (inklusive stillgelegte Anlagen)	156
Abbildung 6.2: Aufteilung der installierten und gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Europa (inklusive stillgelegte)	157
Abbildung 6.3: Aufteilung der installierten und derzeit gewerblich genutzten Solaranlagen nach Kollektortypen für Europa	158
Abbildung 6.4: Zeitlicher Verlauf der Installation von Anlagen in Europa (Prozesswärme und Hallenheizung)	159
Abbildung 6.5: Zeitlicher Verlauf der Installation von Anlagen in Europa (nur Prozesswärme).....	159
Abbildung 7.1: SunWash - Köflach.....	164
Abbildung 7.2: Zeitungsartikel - SunWash	165

Abbildung 7.3: Aufbau des Tisches ohne Platte und ohne Abdeckung	167
Abbildung 7.4: Aufbau des Tisches mit Platte.....	168
Abbildung 7.5: Aufbau des Tisches ohne Platte und mit Abdeckung	168
Abbildung 7.6: Produktion einer Platte	168
Abbildung 7.7: Temperaturverlauf im Tisch.....	172
Abbildung 7.8: Anlagenkonzept Körner.....	175
Abbildung 7.9: Deckungsgrad für Warmwasser zur Tischbeheizung ohne Abdeckung bei Nichtproduktion.....	176
Abbildung 7.10: Einsparung an Erdgas pro Jahr.....	177
Abbildung 7.11: Wärmepreis der verschiedenen Systeme	178
Abbildung 7.13: Warmwasserverbrauchsprofil für eine Woche im Jänner	185
Abbildung 7.16: Schema einer möglichen Solaranlageeinbindung mit Fernwärmeanschluß.....	189
Abbildung 7.17: Solarer Deckungsgrad für eine Anlage mit 30 m ²	192
Abbildung 7.18: Solarer Deckungsgrad für eine Anlage mit 50 m ²	192
Abbildung 7.19: Energiebedarf Warmwasser und solares Energieangebot	196
Abbildung 7.20: Anlagenkonzept S&W Umwelttechnik.....	198
Abbildung 7.21: Deckungsgrad für Warmwasser von März bis Mitte Dezember.....	199
Abbildung 7.23: Wärmepreis der verschiedenen Systeme	202
Abbildung 7.24: Lageplan Beerenfrost Lieboch	208
Abbildung 7.26: Deckungsgrad für Warmwasser für den Waschprozess von April bis August.....	211
Abbildung 7.27: Einsparung Heizöl und Lieferung von Solarenergie an Heizung	212
Abbildung 7.28: Wärmepreis der verschiedenen Systeme	213
Abbildung 7.29: Produktionsschema mit wichtigsten Produkten und Prozessen	216
Abbildung 7.30: Produkte im Verhältnis zur eingesetzten Rohmilch	218
Abbildung 7.31: Anteil der in der Käseherstellung eingesetzten Milch	219
Abbildung 7.32: spezifischer Energieeinsatz Rohmilch im Vergleich zu Käsmilch.....	219
Abbildung 7.33: Verteilung zwischen thermischem und elektrischem Energieeinsatz	220
Abbildung 7.34: Prozessschema „Vorbehandlung“: Milchannahme, Separation, Pasteurisation.....	221
Abbildung 7.35: Prozessschema der Abrahmung und Pasteurisierung.....	222
Abbildung 7.36: Prozessschema der Käseproduktion	224
Abbildung 7.37: Hydraulisches Prinzipschema – Vorwärmung Käsewaschwasser.....	231
Abbildung 7.38: Solare Deckungsgrade.....	232
Abbildung 7.39: Simulationsergebnis - Geldrückfluss.....	233
Abbildung 7.40: Produktionsschema mit markierten Schwerpunktprozessen	236
Abbildung 7.41: Hydraulisches Prinzipschema Bramac – Körpermischer	244
Abbildung 7.42: Hydraulisches Prinzipschema Bramac - Trockenkammern	245
Abbildung 7.43: Simulationsergebnis - Geldrückfluss Körpermischer	246
Abbildung 7.44: Simulationsergebnisse – Geldrückfluss Trockenkammern	248

10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Systemkonzepte Solare Prozesswärme.....	7
Tabelle 2.1: NACE 2-Klassen der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten im produzierenden Bereich (nach Statistik Austria [Lit 67]).....	16
Tabelle 2.2: Endenergiebedarf im produzierenden Bereich 1997 (nach Statistik Austria [Lit 68]).....	17
Tabelle 2.3: Gesamtenergieverbrauch von befragten Firmen differenziert nach Energieträgern.....	22
Tabelle 2.4: Allgemeine Ergebnisse POSHIP Studie [Lit 65].....	25
Tabelle 2.5: POSHIP – Aufteilung des Energiebedarfs verschiedener Branchen nach Temperaturbereichen in Prozent	25
Tabelle 2.6: Aufstellung der dokumentierten und in Betrieb befindlichen Solaranlagen zur Prozesswärmegewinnung.....	30
Tabelle 2.7: Identifizierte Branchen für solarthermische Prozesswärmegenerierung.....	32
Tabelle 2.8: Wirtschaftliche Kenndaten der wichtigsten ausgewählten Wirtschaftszweige nach Statistik Austria [Lit 67]	35
Tabelle 3.1 Kollektortypen, die für Prozesswärmebereitstellung geeignet sind.....	44
Tabelle 3.2: Übersicht Einkopplungspunkte	49
Tabelle 3.3: Vergleich Systemkonzepte	52
Tabelle 4.1: Industriezweige und Branchen, die wegen Hochtemperaturanwendungen in der Potenzialabschätzung nicht berücksichtigt werden	59
Tabelle 4.2: Branchen mit „energiereichen“ Abfallströmen	60
Tabelle 4.3: Branchen mit nur sehr wenigen Betrieben in Österreich.....	60
Tabelle 4.4: Verteilung der Betriebsgrößen nach Statistik Austria [Lit 67].....	62
Tabelle 4.5: Versorgungsbilanz aus dem Marktbericht Österreich: Milch und Milchprodukte der VOEM [Lit 77].....	62
Tabelle 4.6: Überblick der wärmerrelevanten Prozesse und der Temperaturniveaus	73
Tabelle 4.7: Jahresbedarf an Wärmeenergie für die wichtigsten Prozesse in der Milchverarbeitung	76
Tabelle 4.8: Allgemeine Übersicht der Bierbranche für das Jahr 2000 [Lit 35].....	78
Tabelle 4.9: Übersicht nach Betriebsgrößenklassen [Lit 35].....	78
Tabelle 4.10: Hopfenangaben für unterschiedliche Biersorten nach http://www.foodnews.ch/x-plainmefood/produkte/Bier_Schema.html [Lit 40]	86
Tabelle 4.11: Energiebedarf bei der Würzherstellung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau).....	87
Tabelle 4.12: Technische Daten einer Flaschenwaschmaschine (Beispiel dt. Brauerei, Weihenstephan) [Lit 63]	100
Tabelle 4.13: Theoretischer Energiebedarf bei der Bierpasteurisierung und Flaschenreinigung (Beispiel Jahresverbrauch Brauerei Murau)	102
Tabelle 4.14: Wasser- und Wärmeverbrauch Brauerei Murau.....	104
Tabelle 4.15: Wasser- und Wärmeverbrauch aller österreichischen Brauereien [Lit 35].....	104
Tabelle 4.16: Alle wärmerrelevanten Prozesse bezogen auf die gesamtösterreichische Bierproduktion	104
Tabelle 4.17: Textilunternehmen nach Sparten und Beschäftigungsgrößenklassen (Stand Dezember 1993) aus Branchenkonzept Textil [Lit 14].....	109
Tabelle 4.18: Rohstoffverbrauch in der Textilindustrie im Jahr 1993 aus Branchenkonzept Textil [Lit 14]	110
Tabelle 4.19: Übersicht über Ausrüstungsverfahren für textile Flächenproduktion aus Branchenkonzept Textil [Lit 14].....	115
Tabelle 4.20: Wasserverbrauchszahlen für nasse Verfahren in der Textilveredelung aus UNEP / IE – United Nations Environment Programme / Industry and Environment (Technical Report Series): The Textile Industry and the Environment (Report No. 16). UNEP, 1993. ISBN 92-807-1367-1 [Lit 73].....	121
Tabelle 4.21: Einsatz nach Sorten und Bereichen in Österreich in Tonnen im Jahr 1995 nach Angaben aus Hutterer [Lit 32]	124

Tabelle 4.22: Temperaturniveaus beim Spritzgießen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]	127
Tabelle 4.23: Temperaturniveaus beim Extrudieren nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]	129
Tabelle 4.24: Temperaturniveaus beim Hohlkörperblasen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]	130
Tabelle 4.25: Temperaturniveaus beim Folienblasen nach Angaben aus Schwarz [Lit 60]	130
Tabelle 4.26: Übersicht - Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoffen	131
Tabelle 4.27: Verteilung der Betriebsgrößen nach Statistik Austria [Lit 67]	136
Tabelle 4.28: Produktionsmengen verschiedener Produkte der Beton- und Fertigteilindustrie	137
Tabelle 4.29: Jahreswarmwasserbedarf für Beton- u. Fertigteilindustrie mit Mischtemperatur > 20°C	141
Tabelle 4.30: Jahreswarmwasserbedarf für Beton- u. Fertigteilindustrie – Mischtemperatur 20°C	141
Tabelle 5.1: Endenergieverbrauch in den Branchen der Sachgüterproduktion	146
Tabelle 5.2: Niedertemperatur Wärmebedarf bis 100°C – Zahlenangaben in TJ	148
Tabelle 5.3: Ermittlung des solarthermischen Potenzials	149
Tabelle 5.4: Zusammenfassung der Potenziale	152
Tabelle 6.1: Bezeichnung der Kollektortypen	155
Tabelle 6.2: Anlagen zur solaren Prozesswärmeerzeugung außerhalb Europas	160
Tabelle 7.1: Betriebe, für die Fallstudien erstellt wurden	161
Tabelle 7.2: Ergebnisse der Fallstudien	163
Tabelle 7.3: Dimensionen des Tisches	169
Tabelle 7.4: Schichtaufbau des Produktionstisches	169
Tabelle 7.5: Temperaturen Umgebung, Tisch	170
Tabelle 7.6: Berechnungsvarianten und verwendete Parameter	170
Tabelle 7.7: Wärmetechnische Parameter	170
Tabelle 7.8: Erforderliche Leistungen	171
Tabelle 7.9: Temperaturverteilung in den Schichten	171
Tabelle 7.10: Dokumentierter Gasverbrauch	173
Tabelle 7.11: Wärmebedarfsprofil	174
Tabelle 7.12: Jährliche CO ₂ – Reduktion	177
Tabelle 7.13: Jährliche Energieeinsparung durch Abdeckung und Solaranlage	180
Tabelle 7.14: Amortisationszeit mit Abdeckung und Solaranlage	181
Tabelle 7.15: Geschätzte Systemkosten	181
Tabelle 7.16: Teilprozesse in der Käsefertigung	224
Tabelle 7.17: Berechnung des Warmwasserbedarfs auf Niveau von 50°C	230
Tabelle 7.18: Simulationsvarianten Körpermischer	231
Tabelle 7.19: Berglandmilch – Übersicht vorgeschlagene Varianten	234
Tabelle 7.20: Berechnung des Energiebedarfs je Charge für Sommer- und Winterbetrieb	239
Tabelle 7.21: Simulationsvarianten Körpermischer	244
Tabelle 7.22: Simulationsvarianten Trockenkammern	245
Tabelle 7.23: Übersicht - Energieeffizienzsteigerung und Solaranlage	249
Tabelle 11.1: Anlagen in Europa	270
Tabelle 11.2: Anlagen außerhalb Europas	270
Tabelle 11.3: Anlagen in Österreich	271
Tabelle 11.4: Anlagen in Deutschland	272
Tabelle 11.5: Anlagen in Dänemark	273
Tabelle 11.6: Anlagen in Frankreich	273
Tabelle 11.7: Anlagen in Griechenland	273
Tabelle 11.8: Anlagen in Italien	274
Tabelle 11.9: Anlagen in den Niederlanden	274
Tabelle 11.10: Anlagen in Portugal	274
Tabelle 11.11: Anlagen in der Schweiz	274
Tabelle 11.12: Anlagen in Spanien	275
Tabelle 11.13: Anlagen in Brasilien	276
Tabelle 11.14: Anlagen in Kanada	276
Tabelle 11.15: Anlagen in den USA	276
Tabelle 11.16: Quellenangaben der dokumentierten Anlagen	277

11 Anhang

11.1 Fragebogen „Produzieren mit Sonnenenergie“

Im Folgenden ist der Fragebogen zu finden, der an produzierende Unternehmen versandt wurde.

INNOVATION aus TRADITION

JOANNEUM
RESEARCH

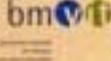
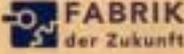
Betriebsumfrage Produzieren mit Sonnenenergie

Institut für
Nachhaltige Techniken
und Systeme – JOINTS

Der ökonomische Erfolg steht im Mittelpunkt der Bestrebungen jedes Unternehmens. Vor allem im Bereich Energie(träger) sind Prognosen über Vorräte und Preisentwicklungen sehr unsicher. Der Einsatz solarer Prozesstechnologie in der Produktion ist ein großer Schritt in die Unabhängigkeit von endlichen Ressourcen und Energielieferanten und sichert einen langfristigen Erfolg für das Unternehmen.

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS
Mauritzener Hauptstrasse 3, A-8130 Frohnleiten
Tel.: +43 316 878-2472 Fax: +43 316 878-2430
info@joanneum.at
<http://www.joanneum.at/joi>

JOANNEUM RESEARCH ist die größte oberösterreichische außeruniversitäre Forschungsgesellschaft mit 21 Einzelinstituten, in den verschiedensten Forschungsbereichen tätig und nicht auf Gewinn ausgerichtet




„Fabrik der Zukunft“ – eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

Im Rahmen des Impulsprogrammes Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) wurde im Jahr 2000 die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ in Leben gerufen. Ziel dieser Programmlinie ist die Initiierung und Realisierung von beispielhaften nachhaltigen Technologieentwicklungen in Unternehmen, welche Impulse der Nachhaltigen Technologieentwicklung setzen.

Was ist PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie?

Die breite Anwendung von solarthermischen Anlagen konzentrierte sich bisher nahezu ausschließlich auf den Bereich der Ein- und Mehrfamilienhäuser und ausgewählte gewerbliche Anlagen mit dem Schwerpunkt Tourismus. Obwohl die österreichische Industrie mit 290 PJ den Sektor mit dem größten Energieverbrauch darstellt und der Großteil der benötigten Energie Niedertemperaturwärme ist, wurde dieser Anwendungsbereich für die Nutzung von Solarenergie noch nicht erschlossen und systematisch untersucht.

Ziel dieser Umfrage ist die Erhebung des Niedertemperaturwärmebedarfs in einigen Industrie- und Gewerbebetrieben, die repräsentativ für fortschrittliche Unternehmen sind. Aufbauend auf diese Erhebung wird dokumentiert, ob und in welchem Maße und unter welchen Rahmenbedingungen Niedertemperaturwärme auch über solarthermische Anlagen gedeckt werden könnte. Dabei sollen insbesondere Bereiche aufgezeigt werden, die ein hohes unmittelbares Potenzial für die Solartechnik darstellen. Über dieses mittelfristig nutzbare Potenzial hinaus sollen aber auch jene Bereiche näher ausgewiesen und dargestellt werden, zu deren Erschließung noch Technologieentwicklungen notwendig sind.

Anschließend an die Erhebung werden wir in Kooperation mit AEE INTEC im Auftrag von bmvit und dem FFF im Rahmen „Fabrik der Zukunft“ Fallstudien, sogenannte Case Studies für Branchen und Prozesse mit großem mittelfristigen Umsetzungspotenzial durchführen. Diese Case Studies, die eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beinhalten, sollen in enger Abstimmung und Kooperation mit Unternehmen erstellt werden, für die solare Prozesstechnologie Anwendung finden kann. Sie sollen die Betriebe dazu motivieren, Solartechnologien in Demonstrationsanlagen unmittelbar umzusetzen.

Welchen Nutzen haben Sie aus der Beantwortung des Fragebogens?

Bei Beantwortung des Fragebogens werden Sie von uns in den nächsten 18 Monaten über interessante Aspekte und neueste Entwicklungen zum Thema Nachhaltig Wirtschaften mit dem Schwerpunkt „Einsatz von Sonnenenergie in Produktionsprozessen“ am Laufenden gehalten.

Sie können sich jederzeit und unverbindlich mit Fragen über Solar- und Prozesstechnologie an die Projektpartner AEE INTEC und JOINTS wenden.

Sollten Sie bereits eine Solaranlage zur Gewinnung von Prozesswärme betreiben oder planen, eine solche in absehbarer Zeit in Betrieb nehmen, informieren wir Sie gerne über die Möglichkeiten und Inhalte einer möglichen Fallstudie zur Analyse der Prozessdaten, Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit.

Wer sind wir?

Das **Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS** unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Hans Schnitzer sieht sich im Rahmen der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH als eine wirtschafts- und technologienahe Forschungseinrichtung mit hoher wissenschaftlicher Kompetenz.

JOINTS arbeitet intensiv an der praxisnahen Umsetzung von Forschungsergebnissen im Bereich von produktionsintegriertem Umweltschutz, nachwachsenden Rohstoffen und nationaler, regionaler und betrieblicher Nachhaltigkeit und bietet in diesen Bereichen als erfahrener Partner der Wirtschaft innovative Dienstleistungen an.

Arbeitschwerpunkte der AEE INTEC – Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie/Institut für Nachhaltige Technologien sind effiziente Energie- und Ressourcennutzung sowie die Entwicklung von Komponenten, Systemen und Strategien, die zu einer möglichst raschen und breiten Nutzung von solaren Technologien als Grundlage für eine ökologisch verträgliche Energieversorgung der Zukunft führen.

Im Rahmen von nationalen, europäischen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten hat die AEE in den vergangenen zehn Jahren wesentlich zur Weiterentwicklung von solaren Technologien und zur Systemtechnikentwicklung in den o.g. Bereichen beigetragen.

Auftraggeber dieser Projekte sind Länder, Bundesministerien, die Europäische Kommission, die UNIDO, sowie Industrie- und Gewerbebetriebe.

1. Stand 1999: 290 PJ = 290 Petajoule = 290 × 10¹⁵ Joule = 290 000 000 000 000 000 Joule = 290 Billionen Joule



Betriebsrisiko Ressourcenverknappung

Noch vor einigen Jahren ist man davon ausgegangen, dass die fossilen Rohstoffe noch einige Jahrzehnte uneingeschränkt zur Verfügung stehen und dass die Verteuerungen der letzten Jahre nur Folgen einer bewussten Preispolitik der Förderstaaten und Konzerne sind. Jüngsten Studien zufolge ist aber bereits innerhalb der nächsten 5 bis 15 Jahre mit einer dramatischen Verknappung der wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte zu rechnen. So ist der Verbrauch an Rohöl nun schon seit über 20 Jahren höher als die Neufunde. Die Summe der Ölfunde der letzten 5 Jahre entspricht dem Ölverbrauch eines einzigen Jahres.

Überlegen Sie bereits jetzt, wie Sie einen möglichen Versorgungsengpass vermeiden könnten? ja nein

Welche Alternativen sind für den Einsatz in Ihrer Produktion vorstellbar?

- Energieeffizienz
 Solare Wärme
 Biomasse
 Wärmepumpensysteme
 Windenergie
 Photovoltaik
 Kohle
 andere _____

Ist nach Ihrer Einschätzung für Ihren Betrieb eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energie(träger) technisch möglich? ja nein

Ist nach Ihrer Einschätzung für Ihren Betrieb eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energie(träger) wirtschaftlich sinnvoll? ja nein

Kostenfaktor Emissionsabgaben

Unabhängig von möglichen Versorgungsengpässen sind die Preisentwicklungen am Energiesektor seit einigen Jahren instabil und schlecht abschätzbar. Nicht nur die Preispolitik der und der mangelnde Konkurrenzkampf zwischen den wenigen großen Energiekonzernen sind dafür eine Erklärung. Auch die wiederholte Thematisierung und bereits teilweise Einführung sogenannter Energiesteuern (Emissionsabgaben) tragen zur Unvorhersehbarkeit bei den Kostenentwicklungen bei.

Ist Ihnen bekannt, wie hoch der CO₂-Ausstoß Ihres Betriebes ist? ja nein

Ist der CO₂-Ausstoß in den letzten 5 Jahren tendenziell angestiegen? ja nein

Haben Sie vor, bei Einführung des Instrumentes „Emission Trading“ (Handel mit CO₂-Emissionsrechten) dieses zu nutzen? ja nein

Chance Energieeffizienz

Eine von mehreren Möglichkeiten, den Energieverbrauch und damit Abhängigkeit, Kosten und Emissionen zu senken, ist die Steigerung der Effizienz beim Energieeinsatz. Eine solche Effizienzsteigerung beginnt bei einfachen Maßnahmen (energiebewusstes Verhalten) und endet bei der Einführung neuer Technologien oder Anlagen mit deutlich verringerten Energieverbrauchswerten.

Ist Ihnen bekannt, welche Prozesse in Ihrem Betrieb am meisten Energie benötigen? ja nein

Könnten Sie durch entsprechende Maßnahmen in einem der energieintensiven Anlagenteile in den letzten 5 Jahren eine erhebliche Reduktion des Energieverbrauchs bewerkstelligen? ja nein

Haben Sie vor, in den nächsten 3 Jahren Einsparungen beim Energieverbrauch zu erzielen? ja nein

Gibt es für Ihren Betrieb einen Energieverantwortlichen und/oder ein betriebliches Energiemanagement, mit dem Sie Ihren Energieverbrauch systematisch aufzeichnen, Reduktionspotenziale erkennen können und Umsetzungsmaßnahmen planen? ja nein

Chance erneuerbare Energie(träger)

Eine weitere Möglichkeit, Emissionen und damit in Zukunft auch Kosten einzusparen, ist der Ersatz fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Energie.

Decken Sie Ihren Energieverbrauch teilweise durch erneuerbare Energie ab? ja nein

Planen Sie, in den nächsten 3 Jahren Ihren Energieverbrauch zumindest teilweise durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger abzudecken? ja nein

Welche erneuerbaren Energieträger setzen Sie ein / planen Sie einzusetzen?

- Solare Wärme
 Biomasse
 Photovoltaik
 Wasserkraft
 Biogas, Biotreibstoff
 Windenergie
 Wärmepumpensysteme
 andere _____

11.2 Anlagenübersicht

Die folgende Tabelle zeigt die dokumentierten Anlagen in den aufgelisteten Ländern Europas. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 11.1: Anlagen in Europa

Land	Anwendung	Anzahl der Anlagen	Gesamtkollektorfläche in m ²
Österreich	Prozesswärme	8	2.400
	Raumwärme	9	626
Deutschland	Prozesswärme	1	151
	Raumwärme	18	4.690
Dänemark	Prozesswärme	1	126
	Raumwärme		
Frankreich	Prozesswärme	1	770
	Raumwärme	-	-
Griechenland	Prozesswärme	9	3.405
	Raumwärme	2	2.780
Italien	Prozesswärme	1	1.728
	Raumwärme	1	370
Niederlande	Prozesswärme	2	3.600
	Raumwärme	-	-
Portugal	Prozesswärme	4	2.423
	Raumwärme	-	-
Schweiz	Prozesswärme	2	900
	Raumwärme	1	350
Spanien	Prozesswärme	6	3.697
	Raumwärme	2	1.530
Gesamt Europa	Prozesswärme	36	19.200
	Raumwärme	32	10.346

Tabelle 11.2: Anlagen außerhalb Europas

Land	Anwendung	Anzahl der Anlagen	Gesamtkollektorfläche in m ²
Brasilien	Prozesswärme	2	?
Kanada	Raumwärme	1	611
USA	Prozesswärme	2	16.580
	Raumwärme	2	5.025

Anmerkungen:

Die angegebene Temperatur bezieht sich auf die Prozesstemperatur und nicht auf die Vorlauftemperatur des Kollektors. Nicht bekannte Daten sind mit „?“ gekennzeichnet. Die Quellenangaben zu den Anlagen finden sich in Tabelle 11.16.

Tabelle 11.3: Anlagen in Österreich

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
1	Hamming Holz	1994	in Betrieb	Holztrockenkammer	SFK	88	60
2	Winkler Solar	2000	in Betrieb	Hallenheizung Warmwasser	SFK	129	30
3	Energiepark West	1999	in Betrieb	Hallenheizung Warmwasser	SFK	80	40
4	VMZ Maschinenbau	2000	in Betrieb	Hallenheizung Warmwasser	FK	87	40
5	Mätzler Garage	1993	in Betrieb	Hallenheizung	FK	20	25
6	Dietrich Produktionshalle	1991	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	70	25
6	Lufttechnik Drexel	1992	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	45	25
6	Goll	1995	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	45	25
7	Glas Metall Meusburger	1999	in Betrieb	Hallenheizung	SFK	150	25
8	Tabakanbau Oststeiermark	?	?	Tabaktrocknung	FK	?	?
9	Metall Gillich	1999	in Betrieb	Entlackung	VRK	9	65-85
10	BAN	1995	in Betrieb	Holzabbeizung	FK	45	60
11	Biowärme Klein St. Paul	?	in Betrieb	Hackschnitzeltrocknung	Solarwall	100	?
12	Mapag	2001	in Betrieb	Kiesreinigung	SFK	42	?
10	SunWash	2002	in Betrieb	Autowaschanlage	SFK	43	60
13	Bilderland Graz	1979	2000 abgebaut	Warmwasser für Fotoausarbeitung	FK	1.200	50
14	Lisec	1980	1999 stillgelegt	Trocknung von Metallteilen	FK	916	40-60

Tabelle 11.4: Anlagen in Deutschland

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektor-typ	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
15	Stadtreinigung Dresden GmbH	1998	in Betrieb	Autowaschen und Duschen	SFK	151	50
6	Marc O'Polo Lager	1998	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	260	?
6	Landtechnik Fuchs	1979	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	50	?
6	Möbelhaus Eckert	1979	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	245	?
6	Lagerhalle Schweiger	1980	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	140	?
6	Möbelhaus Reichart 1	1982	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	310	?
6	Möbelhaus Reichart 2	1984	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	315	?
6	Garne - Südvolle AG	1984	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	320	?
6	Werkhalle, Grammer AG	1985	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	450	?
6	Garne-Südvolle AG	1990	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	335	?
6	Spielvogel	1990	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	200	?
6	Holz Baumüller	1990	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	135	?
6	Truma	1992	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	230	?
6	Ackermann	1994	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	90	?
6	Möbelhaus Jobst	1995	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	165	?
6	Baustoffwerk BKN	1995	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	1.175	?
6	Grammer AG	1996	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	70	?
6	Grammer AG	1997	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	100	?
6	Dachbau Schlosser	1997	in Betrieb	Hallenheizung	FK Luft	100	?

Tabelle 11.5: Anlagen in Dänemark

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
5	Wewer Ziegelei	1991	in Betrieb	Hallenheizung Ziegelrocknung	FK	126	25-30

Tabelle 11.6: Anlagen in Frankreich

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
16	Fa. in Targassonne	?	?	Thermisch	PRK	770	?

Tabelle 11.7: Anlagen in Griechenland

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
15	Mandrekas S.A.	1993	in Betrieb	Yoghurt temperieren	FK	170	30
15	Allegro S.A.	1993	in Betrieb	Waschmaschine	FK	80	48
15	Tripou-Katsouri S.A.	1993	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	FK	308	78
15	Kozani Greenhouses S.A.	1994	in Betrieb	Bodenheizung	FK	80	42
15	Achaia Clauss S.A.	1993	in Betrieb	Flaschen waschen	FK	308	41
15	Sarantis S.A.	1999	in Betrieb	Raumkühlung	SFK	2.700	26
15	Alpino S.A.	1999	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	SFK	576	75
15	MEVGAL S.A.	1999	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel und Waschen	FK, SFK, CPC	727	75
15	Kastrino-giannis S.A.	1994	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	SFK	180	65
15	Plektemboriki S.A.	1999	in Betrieb	Waschen von Olivennetzen	FK	56	65
15	Tyras S.A.	1999	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	FK	1.000	65

Tabelle 11.8: Anlagen in Italien

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
16	Fa. in Pisticci	?	?	Chemischer Prozess	PRK (2 achsig)	1.728	?
16	JRC Ispra	1995	In Betrieb	Hallenheizung	Solarwall	370	25

Tabelle 11.9: Anlagen in den Niederlanden

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
17	Fa. in Lisse	1996	?	Trocknung landwirtschaftl. Produkte	FK	1.200	?
17	Van Melle	1997	?	Süßwarenherstellung	FK	2.400	?

Tabelle 11.10: Anlagen in Portugal

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
15	Knorr Best Foods S.A.	1987	in Betrieb	Werkzeuge waschen	FK	440	60
15	Simoa S.A	1993	in Betrieb	Lufttrocknung	FK	670	30
16	UCAL, Aguas de Moura	1985	Stillgelegt	Molkerei	PRK	1.120	188
16	Sociedad Central de Cervejas	1985	Stillgelegt	Brauerei	CPC	193	63

Tabelle 11.11: Anlagen in der Schweiz

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
16	Fa. in Hattwill	1988	?	Trocknen von Lebensmitteln	VRK	400	?
16	Vinejard (Hallau)	1983	?	Pasteurisieren	VRK	500	80-120
5	Kägi Stahl	1994	In Betrieb	Hallenheizung	FK	350	25

Tabelle 11.12: Anlagen in Spanien

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
15	TE-PE S.A.	1997	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	FK	259	45
15	Autolavados Carte S.A.	1993	in Betrieb	Vorwärmen Dampfkessel	FK	138	55
15	Acuinova Andalu- cia S.A	1996	in Betrieb	Fischtank- erwärmung	FK	1.316	24
16	Lactaria Espanola	1981	abgebaut	Dampf- erzeugung für Sterilisation	PRK	600	?
16	Carnes y Conser- vas Espanolas S.A.	1982	abgebaut	Sterilisation von Fleisch- produkten	PRK	1.024	207
16	Empresa Nacional de Uranio S.A.	1985	stillgelegt	Kühlung mit Absorptions- maschine	PRK	1.080	20-300
16	Hotel in Benidorm	1992	?	Warmwasser, Heizung, Küh- lung	VRK	450	?
16	Fa. auf Gran Canaria	?	stillgelegt	Meerwasser- entsalzung	FK	360	?

Anlagen außerhalb Europas

Tabelle 11.13: Anlagen in Brasilien

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
18	Anlage Minas Gerais	1997	in Betrieb	Holztrocknung	FK Luft	?	?
18	Anlage Bahia	1999	in Betrieb	Holztrocknung	FK Luft	?	?

Tabelle 11.14: Anlagen in Kanada

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
11	Bombardier	1993	in Betrieb	Hallenheizung	Solarwall	611	25

Tabelle 11.15: Anlagen in den USA

Quelle Nr.	Betrieb	Baujahr	Status	Anwendung	Kollektortyp	Fläche [m ²]	Temperatur [°C]
11	US Army	1995	in Betrieb	Hallenheizung	Solarwall	725	25
19	Packerland	1987	?	Warmwasser, Konserven	FK	15.380	30-80
20	Gold Kist	1978	?	Trocknung von Sojabohnen	FK Luft	1.200	?
20	Bus maintenance Denver	?	?	Hallenheizung, Warmwasser	FK Luft	4.300	7-21 45

Tabelle 11.16: Quellenangaben der dokumentierten Anlagen

Nummer	Quelle
1	O. Hamminger, Erneuerbare Energie 3-94, Holztrockenkammer mit Sonnenenergie
2	M. Winkler, Erneuerbare Energie 4-01, Vollsolar beheizte Produktionshalle
3	G. Bertsch, Erneuerbare Energie 4-00, 100% erneuerbare Energie für ein Bürogebäude und eine Produktionshalle
4	Auskunft Firma VMZ Maschinenbau
5	R. Hastings, Solar Air Systems - Built Examples, Industrial Buildings
6	Auskunft Firma Grammer Solar GmbH
7	Auskunft Firma Meusburger Glas/Metall
8	W. Weiss, Energieinfo 04/90, Solare Tabaktrocknung
9	Auskunft Firm ISL.at / Hr. Linner
10	AEE INTEC
11	Auskunft von Firma Solarwall
12	Auskunft von Firma Sol-ution Solartechnik GmbH
13	C. Holter, H. Wenig, Energieinfo 03/91, Österreichs größte thermische Solaranlage
14	Auskunft Firma MEA Solar und Lisec GmbH
15	M. Karagiorgas et.al., Broschüre CRES Procesol 2000, Solar Thermal Process Heating in Industrial Applications - A Stimulation Plan
16	H. Schweiger et. al., Final Report POSHIP, The potential of solar heat for industrial processes
17	T.P. Bokhoven, J. van Dam, P. Kratz, Proceedings Industry Workshop IEA SHC Task 26, 2001, Recent experiences with large solar systems in the Netherlands
18	M. Bux, W.Mühlbauer, K. Bauer, B. Köhler, Solar assisted drying of timber in industrial scale
19	P. M. Ratzmann, Master Thesis, University of Wisconsin, Madison, Analysis of a large scale solar water heater, 1992
20	J. A. Duffie, W.A. Beckman, Solar Engineering of thermal processes, Industrial Process Heat, Wiley Interscience, New York, 1992

Auf den folgenden Seiten finden sich Datenblätter jener Anlagen, für die Detailinformationen erhältlich waren. Jede Anlage wird auf einer Seite dargestellt, wobei allgemeine Informationen zum Betrieb, der Art des Prozesses und die Kenndaten der Solaranlage dokumentiert wurden.

A-36-1-Hamminger**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich	
Betrieb	First Class Holz G.m.b.H.	Tischlerei
NACE Code	36-1	
Prozessbeschreibung	Holztrockenkammer	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Prozess	
Betriebsart: konti/batch	(kontinuierlich)	
Benötigte Verfügbarkeit		h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation	Trocknung	
Medium	Luft	
Temperatur min		°C
Temperatur max		°C
Temperatur mittel	60	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger		

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller		Name/Adresse
Fläche	88	m ²
Aufbauort	Dachintegriert	
Inbetriebnahmejahr	1994	
Hydraulisches Schaltbild		Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	3	
Medium im Kollektorkreislauf		
Betriebsart Solaranlage	Bivalent (Solar+Hackschnitzel)	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max	115	°C
Temperatur Kaus mittel	70	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	14.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage		
Zufriedenheit mit der Anlage		

A-45-33-Doma**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich
Betrieb	Doma GmbH - Solaranlagenbau
NACE Code	45-33
Prozessbeschreibung	Beheizung der Produktionshalle

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Brauchwasser + Heizung	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	ganzes Jahr	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium		
Temperatur min		°C
Temperatur max		°C
Temperatur mittel		°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Biodiesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Doma GFK	
Kollektorhersteller	AKS Doma Solartechnik	Name/Adresse
Fläche	80	m ²
Aufbauort	Fassade	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	nein	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser Glykol	
Betriebsart Solaranlage	Bivalent mit Biodieselblockheizkraftwerk	mono/bi
Temperatur Kaus min	12	°C
Temperatur Kaus max	115	°C
Temperatur Kaus mittel	40	°C
Durchfluss	15	m ³ /h.m ²
Pumpleistung	160	kW
Speichervolumen	900 Liter + 120m ³ Betonkern	Liter
Solarer Deckungsgrad	ca. 65%	%
Investitionskosten		€
Betriebskosten	50	€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand	2	Personh/a
Bedienungsaufwand	1	Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Umweltbeitrag + + + + + +	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr hoch	

A-45-33-Winkler**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich
Betrieb	Winkler Solarsysteme Spenglerei GmbH
NACE Code	45-33
Prozessbeschreibung	Beheizung der Produktionshalle

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Hallenheizung	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit		h/d
Startwoche der Produktion	2	
Endwoche der Produktion	50	
Unit Operation		
Medium		
Temperatur min		°C
Temperatur max		°C
Temperatur mittel		°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	-	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	Winkler	Name/Adresse
Fläche	129	m ²
Aufbauort	Fassade (105m ²); Ständer-Flachdach (29 m ²)	
Inbetriebnahmejahr	2000	
Hydraulisches Schaltbild		Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Propylenglycol/Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Monovalent	mono/bi
Temperatur Kaus min	20	°C
Temperatur Kaus max	50	°C
Temperatur Kaus mittel	30	°C
Durchfluss	0,027	m ³ /h.m ²
Pumpleistung	180	kW
Speichervolumen	0	Liter
Solarer Deckungsgrad	100	%
Investitionskosten	ca. 500.000 für Halle, ca. 25.000 für Solaranlage	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	22.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen	2 (im ersten Jahr)	#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieunabhängigkeit, Machbarkeitsstudie	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

A-93-05-SunWash**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich
Betrieb	Sun Wash
NACE Code	93-05
Prozessbeschreibung	Warmwasser für Selbstbedienungs-Autowaschanlage

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Prozesswärme	
Betriebsart: konti/batch	batch	
Benötigte Verfügbarkeit	13	h/d
Startwoche der Produktion	1	
Endwoche der Produktion	52	
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min		°C
Temperatur max		°C
Temperatur mittel	60	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max	0,4	m ³ /h
Durchfluss mittel	0,2	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	2,5	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Biomasse	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor selektiv beschichtet	
Kollektorhersteller	Viessmann	Name/Adresse
Fläche	43	m ²
Aufbauort	dachintegriert	
Inbetriebnahmejahr	2002	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Propylenglycol/Wasser	
Betriebsart Solaranlage	bivalent	mono/bi
Temperatur Kaus min	20	°C
Temperatur Kaus max	90	°C
Temperatur Kaus mittel	60	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	3 x 1.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	ca. 35	%
Investitionskosten	17.000 für Solaranlage	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	5.100 (30% KKA)	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	100% CO ₂ -neutrale Energieversorgung	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

A-74-814-Bilderland**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich
Betrieb	Bilderland – Fotoausarbeitung
NACE Code	74-814
Prozessbeschreibung	Warmwasserbereitung

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Brauchwasser	
Betriebsart: konti/batch	konti	
Benötigte Verfügbarkeit	10	h/d
Startwoche der Produktion	1	
Endwoche der Produktion	52	
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	38,5	°C
Temperatur max	41	°C
Temperatur mittel	40	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	13	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	133	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Erdgas / Öl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Rollbond Absorber Aluminium; 2 Scheiben Abdeckung	
Kollektorhersteller	MBB	Name/Adresse
Fläche	1.284	m ²
Aufbauort	Flachdach, aufgeständert	
Inbetriebnahmehjahr	1979	
Hydraulisches Schaltbild	J / Grob	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	2	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Glykol	
Betriebsart Solaranlage	bivalent	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel	65	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	175.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	75	%
Investitionskosten	726.730	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	72.673	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen	In den ersten Jahren immer wieder kleine Störungen; nach 5 Jahren Anschlussenerneuerung	#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand	Nach Entleerung (Drain-back) teils manuelle Wiederbefüllung (Automatik nicht ok)	Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Optimales Lastprofil - Sommermonate: mehr Aufträge - Urlaubsfotos - Kostenersparnis	
Zufriedenheit mit der Anlage	Anfangs großer Lernaufwand, dann sehr gut	

A-29-5-Lisec**Anlagen – Datenblatt**

Land	Österreich
Betrieb	Peter Lisec GmbH Maschinenbau für Glasindustrie
NACE Code	29-5
Prozessbeschreibung	Trocknung von Metallteilen in Lackierboxen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	BW+PW+Fussboden	
Betriebsart: konti/batch	batch	
Benötigte Verfügbarkeit	6	h/d
Startwoche der Produktion	1	
Endwoche der Produktion	52	
Unit Operation	Trocknung	
Medium	Luft	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	60	°C
Temperatur mittel		°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	20.000	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Benötigte Wärmeenergie ***		kWh/a
Ersetzter Primärenergieträger	Öl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor (K-141/1); Solarlackbeschichtung	
Kollektorhersteller	MEA	Name/Adresse
Fläche	916	m ²
Aufbauort	Flachdach, aufgeständert	
Inbetriebnahmejahr	1981	
Hydraulisches Schaltbild	N	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise		
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Glykol	
Betriebsart Solaranlage	bivalent	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen		Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten	532.500	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand	Gering	Personh/a
Bedienungsaufwand	Gering	Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	2. Ölschock	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

D-90-0-Stadtreinigung**Anlagen – Datenblatt**

Land	Deutschland
Betrieb	Stadtreinigung Dresden GmbH
NACE Code	90-0
Prozessbeschreibung	Warmwasser für Autowaschen und Duschen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit		h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	60	°C
Temperatur mittel	50	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Erdgas	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Selektiver Flachkollektor	
Kollektorhersteller	DELWA GmbH	Name/Adresse
Fläche	151	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1998	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	3	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Erdgas	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	17.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten	106.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	87.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

G-15-51-Mandrekas**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland
Betrieb	Mandrekas S.A. Molkerei
NACE Code	15-51
Prozessbeschreibung	Temperieren von Yoghurt

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	10	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	15	°C
Temperatur max	66	°C
Temperatur mittel	30	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	0,085	m ³ /h
Durchfluss mittel	0,05	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	0,5	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger		

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	THIA S.A	Name/Adresse
Fläche	170	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	0	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + LPG	mono/bi
Temperatur Kaus min	23	°C
Temperatur Kaus max	65	°C
Temperatur Kaus mittel	37	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	2.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	50	%
Investitionskosten	26.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	13.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

G-17-Allegro**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland
Betrieb	Allegro S.A. Textilverarbeitung
NACE Code	17-
Prozessbeschreibung	Warmwasser um Textilien zu waschen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	8	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser + Dampf	
Temperatur min	33	°C
Temperatur max	60	°C
Temperatur mittel	48	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	0,137	m ³ /h
Durchfluss mittel	0,26	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	2,1	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	SOLE S.A	Name/Adresse
Fläche	80	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	2.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	15	%
Investitionskosten	10.400	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	5.200	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	mittel	

G-19-Tripou**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland	
Betrieb	Tripou-Katsouri S.A.	Gerberei
NACE Code	19-	
Prozessbeschreibung	Vorwärmung für Dampfkessel	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	8	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	48	°C
Temperatur max	84	°C
Temperatur mittel	78	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	3,2	m ³ /h
Durchfluss mittel	1,88	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	15	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Erdgas	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	SOLE S.A.	Name/Adresse
Fläche	308	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Erdgas	mono/bi
Temperatur Kaus min	35	°C
Temperatur Kaus max	81	°C
Temperatur Kaus mittel	57	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	13.500	Liter
Solarer Deckungsgrad	15	%
Investitionskosten	36.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	18.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gering	

G-1-12-Kozani**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland	
Betrieb	Kozani Greenhouses S.A.	Gewächshäuser
NACE Code	1-12	
Prozessbeschreibung	Bodenheizung	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Hallenheizung	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	24	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	45	°C
Temperatur mittel	42	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	3,16	m ³ /h
Durchfluss mittel	2,20	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	52,89	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	STIEBEL ELTRON S.A	Name/Adresse
Fläche	80	m ²
Aufbauort	Boden	
Inbetriebnahmejahr	1994	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min	38	°C
Temperatur Kaus max	56	°C
Temperatur Kaus mittel	45	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	4.400	Liter
Solarer Deckungsgrad	70	%
Investitionskosten	15.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	7.500	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

G-15-93-Achaia Anlagen – Datenblatt

Land	Griechenland
Betrieb	Achaia Clauss S.A. Weinkellerei
NACE Code	15-93
Prozessbeschreibung	Warmwasser um Flaschen zu waschen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	8	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	37	°C
Temperatur max	51	°C
Temperatur mittel	41	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	15	m ³ /h
Durchfluss mittel	10,00	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	80	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	SOLE S.A	Name/Adresse
Fläche	308	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min	18	°C
Temperatur Kaus max	35	°C
Temperatur Kaus mittel	28	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	6.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	20	%
Investitionskosten	36.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	18.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	mittel	

G-51-45-Sarantis**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland
Betrieb	Sarantis S.A. Kosmetikvertrieb
NACE Code	51-45
Prozessbeschreibung	Kühlung der Produktions/Lagerhalle

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Hallenheizung/kühlung	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	24	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	7	°C
Temperatur max	45	°C
Temperatur mittel	26	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	0,00	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Selektiver Flachkollektor	
Kollektorhersteller	SOLE S.A	Name/Adresse
Fläche	2.700	m ²
Aufbauort	Spezialkonstruktion	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel + Elektrizität	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	2.500	Liter
Solarer Deckungsgrad	90	%
Investitionskosten	1.500.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	750.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

G-15-51-Alpino Anlagen – Datenblatt

Land	Griechenland
Betrieb	Alpino S.A. Molkerei
NACE Code	15-51
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	9	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser + Dampf	
Temperatur min	20	°C
Temperatur max	130	°C
Temperatur mittel	75	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	4,44	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	40	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Schweröl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Selektiver Flachkollektor	
Kollektorhersteller	SUNNY S.A	Name/Adresse
Fläche	576	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	2	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Propylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Schweröl	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	25.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	15	%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	50%	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

G-15-41-Mevgal Anlagen – Datenblatt

Land	Griechenland
Betrieb	MEVGAL S.A. Molkerei
NACE Code	15-51
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel und Warmwasser zum Waschen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	24	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser + Dampf	
Temperatur min	20	°C
Temperatur max	130	°C
Temperatur mittel	75	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	6,25	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	150	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Schweröl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor, Selektiver Flachkollektor, CPC	
Kollektorhersteller	INTERSOLAR S.A	Name/Adresse
Fläche	727	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	3	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Schweröl	mono/bi
Temperatur Kaus min	20	°C
Temperatur Kaus max	90	°C
Temperatur Kaus mittel	33	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	10.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	10	%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	50%	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

G-17-Kastrinogiannis**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland	
Betrieb	Kastrinogiannis S.A.	Textilverarbeitung
NACE Code	17-	
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	9	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	90	°C
Temperatur mittel	65	°C
Durchfluss min	0	m ³ /h
Durchfluss max	3	m ³ /h
Durchfluss mittel	1	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	15	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Schweröl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Selektiver Flachkollektor	
Kollektorhersteller	FOCO S.A	Name/Adresse
Fläche	180	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1994	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Schweröl	mono/bi
Temperatur Kaus min	27	°C
Temperatur Kaus max	63	°C
Temperatur Kaus mittel	41	°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	10.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten	23.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	12.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	sehr gut	

G-25-24-Plektembori**Anlagen – Datenblatt**

Land	Griechenland
Betrieb	Plektemboriki S.A Olivennetz – Herstellung
NACE Code	25-24
Prozessbeschreibung	Waschen von Olivennetzen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	9	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	90	°C
Temperatur mittel	65	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger		

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller		Name/Adresse
Fläche	56	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	Nein	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Elektrizität	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	1.500	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	Gut	

G-15-41-Tyras Anlagen – Datenblatt

Land	Griechenland
Betrieb	Tyras S.A Molkerei
NACE Code	15-41
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	12	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser + Dampf	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	90	°C
Temperatur mittel	65	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Schweröl	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	Chromagen S.A	Name/Adresse
Fläche	1.000	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1999	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Schweröl	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen		Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

P-15-89-Simoa Anlagen – Datenblatt

Land	Portugal
Betrieb	Simoa S.A Lebensmittelindustrie
NACE Code	15-89
Prozessbeschreibung	Lufttrocknung von Reis

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	8	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Luft	
Temperatur min		°C
Temperatur max		°C
Temperatur mittel	30	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel		m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium		m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller		Name/Adresse
Fläche	670	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	Nein	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Luft	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen		Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

P-15-?-Knorr**Anlagen – Datenblatt**

Land	Portugal
Betrieb	Knorr Best Foods S.A. Lebensmittelindustrie
NACE Code	15-?
Prozessbeschreibung	Warmwasser für das Waschen von Werkzeugen

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	24	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	45	°C
Temperatur mittel	60	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	2,08	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	50	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	PRETEC S.A	Name/Adresse
Fläche	440	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1987	
Hydraulisches Schaltbild	No	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser/Ethylenglykol	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	10.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten		€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme		€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

E-1-13-TEPE**Anlagen – Datenblatt**

Land	Spanien	
Betrieb	TE-PE S.A.	Olivenverpackung
NACE Code	1-13	
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	9	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser + Dampf	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	130	°C
Temperatur mittel	45	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	2,22	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	20	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	DISOL S.A	Name/Adresse
Fläche	259	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1997	
Hydraulisches Schaltbild	Ja	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	20.000	Liter
Solarer Deckungsgrad	70	%
Investitionskosten	82.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	49.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

E-74-70-Autolavados**Anlagen – Datenblatt**

Land	Spanien	
Betrieb	Autolavados Carte S.A.	Autowaschen
NACE Code	74-70	
Prozessbeschreibung	Vorwärmung Dampfkessel	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	10	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	40	°C
Temperatur max	70	°C
Temperatur mittel	55	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	1,20	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	12	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	DISOL S.A	Name/Adresse
Fläche	138	m ²
Aufbauort	Dach	
Inbetriebnahmejahr	1993	
Hydraulisches Schaltbild	No	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	12.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten	52.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	27.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	gut	

E-5-2-Acuinova Anlagen – Datenblatt

Land	Spanien	
Betrieb	Acuinova Andalucia S.A	Fischzucht
NACE Code	5-2	
Prozessbeschreibung	Fischtanktemperierung	

Daten zum Prozess

Art: Raumheizg/Prozesswärme	Proz	
Betriebsart: konti/batch	Konti	
Benötigte Verfügbarkeit	24	h/d
Startwoche der Produktion		
Endwoche der Produktion		
Unit Operation		
Medium	Wasser	
Temperatur min	23	°C
Temperatur max	26	°C
Temperatur mittel	24	°C
Durchfluss min		m ³ /h
Durchfluss max		m ³ /h
Durchfluss mittel	3,13	m ³ /h
Druck min		bar
Druck max		bar
Druck mittel		bar
Benötigte Menge an Medium	75	m ³ /d
Ersetzter Primärenergieträger	Diesel	

Daten zur Solaranlage

Kollektortyp	Flachkollektor	
Kollektorhersteller	ISOFOTON S.A	Name/Adresse
Fläche	1.316	m ²
Aufbauort	Spezialkonstruktion	
Inbetriebnahmejahr	1996	
Hydraulisches Schaltbild	Nein	Ja/Nein
Anzahl der WT-Kreise	1	
Medium im Kollektorkreislauf	Wasser	
Betriebsart Solaranlage	Solar + Diesel	mono/bi
Temperatur Kaus min		°C
Temperatur Kaus max		°C
Temperatur Kaus mittel		°C
Durchfluss		m ³ /h.m ²
Pumpleistung		kW
Speichervolumen	75.000	Liter
Solarer Deckungsgrad		%
Investitionskosten	590.000	€
Betriebskosten		€/a
Fördersumme	235.000	€
Abschreibungsdauer		Jahre
Anzahl Störungen		#/Jahr
Mittlere Dauer von Störungen		h
Wartungsaufwand		Personh/a
Bedienungsaufwand		Personh/a
Motivation zum Bau der Anlage	Energieeinsparung	
Zufriedenheit mit der Anlage	mittel	

11.3 Workshop – Teilnehmerliste und Programm

Teilnehmerliste Workshop:

FIRMA	NAME	VORNAME	TITEL	STRASSE	PLZ	ORT
BMVIT	Bauer	Hannes	Mag.	Rosengasse 4	A-1010	Wien
Joanneum Research - Joints	Begander	Uwe		Elisabethstraße 16	A-8010	Graz
AEE INTEC	Blümel	Ernst	Dipl.-Ing.	Feldgasse 19	A-8200	GLEISDORF
	Enzenebner	Horst		Birkensiedlung 26	A-8605	Kapfenberg
Austria Solar	Hackstock	Roger	Dipl.-Ing.	Mariahilferstraße 89/22	A-1060	Wien
Amt der Stmk.Landesreg.	Heilmann	Eva		Landhaus	A-8011	Graz
Schirnhofner GmbH	Höfler	Franz			A-8224	Kaindorf 298
S.O.L.I.D.	Holter	Christian	Dr.	Herrgottwiesgasse 188	A-8055	Graz
AEE INTEC	Isaksson	Charlotta	Dipl.-Ing.	Feldgasse 19	A-8200	GLEISDORF
Button Energy Energiesysteme	Jurecek	Thomas		Gurkgasse 16	A-1140	Wien
	Klingler	Richard				
Knill Holding GmbH	Knill	Christian	Mag.	Eisengasse 25	A-8160	Weiz
Button Energy Energiesysteme	Knopf	Matthias	Ing.	Gurkgasse 16	A-1140	Wien
Dynamit Nobel Wien GmbH	Krätschmer	Heinz	Dipl.-Ing.	Weißebach 30/6	A-8813	St. Lamprecht
Steirische Gas-Wärme GmbH	Machan	Norbert	Dipl.-Ing.	Gaslaternenweg 4	A-8041	Graz
GEENoneTEC	Markart	Peter	Dipl.-Ing.	Industriepark St. Veit	A-9300	St. Veit/Glan
AEE Kärnten	Moschik	Rudi	Ing.	Unterer Heidenweg 7	A-9500	Villach
AEE INTEC	Müller	Thomas	Dipl.-Ing.	Feldgasse 19	A-8200	GLEISDORF
Button Energy Energiesysteme	Peritsch	Manfred	Dr.	Gurkgasse 16	A-1140	Wien
Stmk.Krankenanstalten GmbH	Presicek	Wolfgang		Wagner Jauregg Platz 1	A-8053	Graz
	Schennach	Florian				
Bramac Dachsysteme International	Schmidt	Rudolf	Dipl.-Ing.	Bramacstraße 9	A-3380	Pöchlarn
Solution	Schmiedbauer	Helmut	Ing.	Göstingerstraße 9	A-8010	Graz
Joanneum Research - Joints	Schnitzer	Hans	Prof. Dr.	Elisabethstraße 16	A-8010	Graz
E.V.A.	Starzer	Otto	Dipl.-Ing.	Otto-Bauer-Gasse 6	A-1060	Wien
AEE INTEC	Stranzl	Rosa-Magdalena		Feldgasse 19	A-8200	GLEISDORF
AEE INTEC	Weiß	Werner	Ing.	Feldgasse 19	A-8200	GLEISDORF
Buntmetall Amstetten GmbH	Wernath	Andreas	Ing.	Fabrikstraße 4	A-3300	Amstetten
S.O.L.I.D.	Zischka	Walter		Herrgottwiesgasse 188	A-8055	Graz

WORKSHOP & EXKURSION**„Promise – Produzieren mit Sonnenenergie“**

Datum: 22. Mai 2003

Ort: Hotel Europa (gegenüber Hauptbahnhof), Bahnhofgürtel 89, 8020 Graz

Programm

08:45 h Registrierung

09:00 h Begrüßung
Ing. Werner Weiß, AEE INTEC, Gleisdorf

09:05 h Das Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“
Die Programmlinien „Fabrik der Zukunft“ und „Energiesysteme der Zukunft“
Mag. Hannes Bauer, BMVIT, Wien

09:25 h Projektvorstellung „Promise – Produzieren mit Sonnenenergie“
Ing. Werner Weiß, AEE INTEC, Gleisdorf

09:50 h Nachhaltig Wirtschaften
Univ.-Prof. Dr. Hans Schnitzer, Joanneum Research - JOINTS, Graz

10:15 h Kaffeepause

10:35 h Das Potenzial und technische Möglichkeiten für solare Prozesswärme
Ing. Werner Weiß, AEE INTEC, Gleisdorf

11:10 h Energieflüsse in industriellen Prozessen
Uwe Begander, Joanneum Research - JOINTS, Graz

11:35 h Stand der Anwendungen bei solarer Prozesswärme
DI Thomas Müller, AEE INTEC, Gleisdorf

12:00 h Mittagspause

13:45 h Fallstudien solarer Prozesswärmeerzeugung in Österreich
DI Thomas Müller, AEE INTEC, Gleisdorf

14:10 h Diskussion

14:30 h Contracting & Betriebliche Umweltförderung in Österreich
Dr. Christian Holter, S.O.L.I.D. GmbH, Graz

15:10 h Soltherm Europe – ein Marktanreizprogramm für thermische Solaranlagen
DI Ernst Blümel, AEE INTEC, Gleisdorf