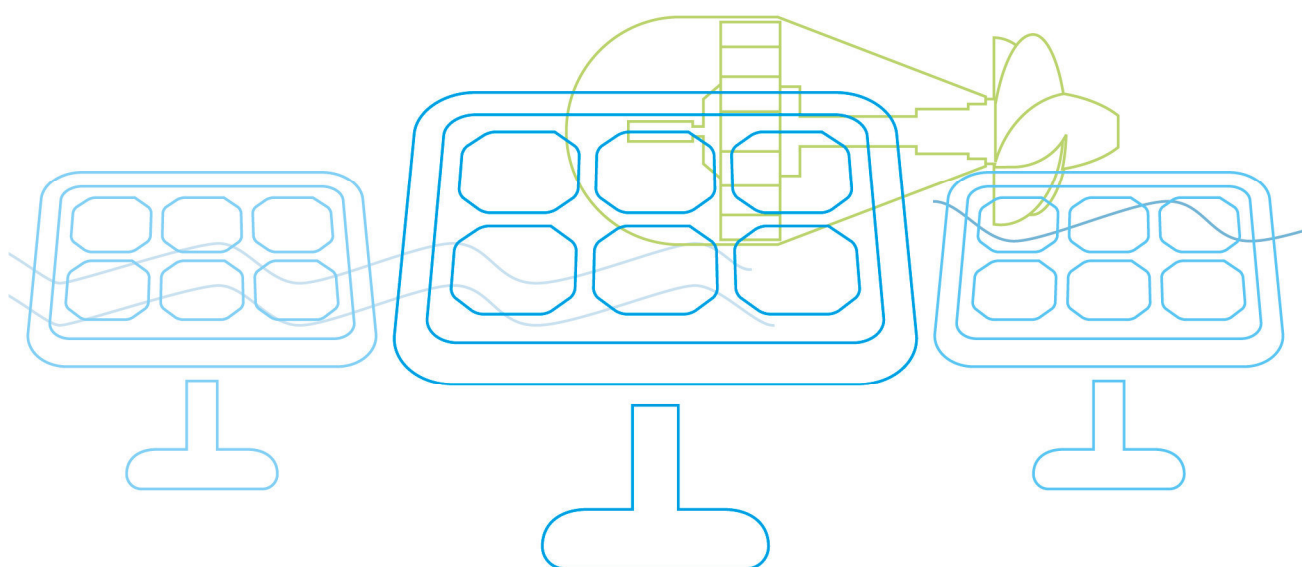




SolarFoods

Solarthermie-Branchenkonzepte für die Lebensmittelindustrie



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds



Solarthermie-Branchenkonzepte für die Lebensmittelindustrie

AutorInnen:

Marcus HUMMEL, Lukas KRANZL
Energy Economics Group, Technische Universität Wien

Jürgen FLUCH, Christoph BRUNNER, Ulrike HERZOG
AEE-INTEC

Hans SCHNITZER, Michaela TITZ
Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Technische Universität Graz

Günther BOCHMANN, Bernhard DROSG
Interuniversitäres Institut für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln, BOKU

Falk ROTHERMANN, Richard SCHANNER
TECHFORTASTE.NET Gesellschaft mbH

Helmut GAHBAUER
BrauUnion Österreich AG

Kurzfassung

In der Lebensmittelherstellung wird ein Großteil des thermischen Energiebedarfs im Temperaturbereich zwischen 30 und 150°C benötigt. Darüber hinaus fallen in einigen Sub-Branchen große Mengen biogener Reststoffe an, und in nahezu allen Sub-Branchen befinden sich entsprechende biogene Frachten im Abwasser. Aus diesen Gründen eignet sich gerade die Lebensmittelherstellung besonders gut für den Einsatz von Solarthermie und Biogas. Der Anteil der Energiekosten an den gesamt anfallenden Kosten in der Lebensmittelherstellung in Österreich beträgt in den meisten Sub-Branchen schon seit langem unter 3%, woraus eine im Allgemeinen geringe Aufmerksamkeit der Betriebe gegenüber dem Thema resultiert. Dies hat dazu geführt, dass in sehr vielen Betrieben hohe Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden sind. Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Projekts SolarFoods durch die Entwicklung eines umsetzungsnahen Branchenkonzepts für den rationellen und erneuerbaren Einsatz von Energie in der Herstellung von Lebensmitteln eine jeweils entsprechend aufbereitete Wissensbasis für unterschiedliche Akteure in diesem Umfeld zu schaffen.

Im Rahmen des Projekts wurden zunächst 10 Betriebe der Lebensmittelindustrie in Österreich detailliert untersucht. Dabei wurde die derzeitige Situation erhoben und darauf aufbauend die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung sowie zum Einsatz von Solarthermie und Biogas analysiert. Zweiter zentraler Arbeitsschritt war die Erstellung von drei, aufeinander abgestimmten Software-Paketen (SolarFoods-Software, CAPAD und SOLiS), die eine entsprechende Analyse für Verantwortliche in Betrieben bzw. Energieberater und -experten in einfacher Weise ermöglichen soll. Als dritter maßgeblicher Arbeitsschritt wurden Szenarien des Einsatzes verschiedener Technologien zur Wärmebereitstellung in der österreichischen Lebensmittelherstellung bis 2030 erarbeitet. Für diesen Zweck wurde das technisch-wirtschaftliche bottom-up Simulationsmodell ViSTRA entwickelt. Im Rahmen des Projekts wurden damit drei Szenarien erstellt, welche unterschiedliche Rahmenbedingungen in verschiedenen Szenariowelten widerspiegeln. Das Projekt basierte stark auf der engen Kooperation mit den Betrieben und Branchenvertretern und wurde dadurch von der Lebensmittelindustrie mitgetragen.

Das zentrale Ergebnis des Projekts ist das Branchenkonzept SolarFoods, welches über das SolarFoods-Dokuwiki frei verfügbar ist¹. Es besteht aus den drei Elementen Berechnungswerkzeuge, Leitfäden und weiterführende Informationen, sowie der Roadmap CO₂-neutrale Wärmebereitstellung in der Lebensmittelherstellung. Die Arbeiten haben gezeigt, dass gerade in den Sub-Branchen Schlachtung und Fleischverarbeitung, Früchte- und Gemüseverarbeitung, der Milchverarbeitung sowie in Teilen der Getränkeherstellung besonders hohe Potentiale zur Effizienzsteigerung und für den Einsatz von Solarthermie und Biogas bestehen. In diesen Branchen könnte eine vollständige Entkopplung einzelner Betriebe von handelbaren Energieträgern technisch erreicht werden. Insbesondere Solarthermie und Biogas sind derzeit noch kaum verbreitet und bringen deutlich höhere Investitionskosten mit sich als fossile Alternativen. Die Szenarienrechnungen haben gezeigt, dass bis 2030 ein Anteil erneuerbarer Energien am thermischen Endenergiebedarf der Branche von über 35% erreichbar ist, wenn ambitionierte und koordinierte Maßnahmen auf allen Ebenen umgesetzt werden. Besonders relevant ist

¹ www.solarfoods.at/dokuwiki

dabei eine gezielte Förderung der Langfristigkeit in der Beurteilung des wirtschaftlichen Nutzens von energierelevanten Investitionsentscheidungen.

Abstract

In the food production a large part of the thermal energy demand is required in the temperature range between 30 and 150°C. Moreover, in some sub-sectors remarkable amounts of biogenic waste are produced, and in almost all sub-sectors the waste water contains relevant biogenic loads. For these reasons, especially food production is particularly well suited for the use of solar thermal energy and biogas. The share of energy costs on the overall costs in food production in Austria in most of the sub-sectors has been below 3% since a long time. Therefore the awareness concerning energy related topics is generally low. This has led to a high potential for the increase of energy efficiency in many plants. Against this background, the aim of the project SolarFoods was to create a knowledge base appropriately prepared for different stakeholders. The target was to develop an implementation-oriented Solar Industry Approach for an efficient and renewable energy use in the production of food.

In course of the project 10 plants of the Austrian food industry were investigated in detail. The current situation as well as the opportunities to increase efficiency and the use of solar thermal energy and biogas has been analyzed. The second key part was the development of three concerted software packages (SolarFoods-Software, CAPAD and SOLiS), which easily allow for a similar analysis for managers in companies or energy consultants and experts. The third main step was the elaboration of scenarios for the use of different technologies for the heat supply in the Austrian food production until 2030. For this purpose the techno-economic bottom-up simulation model VISTRA was developed. In the project three scenarios were created that reflect developments under different economic and political conditions. The project was based heavily on the close cooperation with the companies and representatives of the Austrian food industry.

The main result of the project is the SolarFoods Industry Approach, which is freely accessible via the SolarFoods-Dokuwiki². It consists of three main elements: the calculation tools, guidelines and further information, as well as the Roadmap to a low-carbon food production in Austria. The work has shown that very high potentials to increase efficiency and the use of solar thermal heat and biogas exist especially in the sub-sectors slaughtering and meat processing, fruit and vegetable processing, milk processing, as well as in parts of the beverage production. In these industries, a complete decoupling of plants from tradable energy carriers could be technically achieved. In particular, solar thermal and biogas systems are still not widely used and require much higher investments compared to fossil alternatives. The scenario calculations have shown that by 2030 a share of over 35% renewables on the final thermal energy demand could be achieved with ambitious and coordinated action at all levels. Particularly important is the support of a long-term oriented assessment of the economic benefits of energy-related investment decisions.

² www.solarfoods.at/dokuwiki

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
Abstract	3
Inhaltsverzeichnis	4
1 Einleitung	6
1.1 Aufgabenstellung	6
1.2 Schwerpunkte des Projektes	7
1.3 Einordnung in das Programm	9
1.4 Begriffsdefinitionen	10
1.5 Verwendete Methoden	10
1.6 Systemabgrenzung	14
1.7 Bestehende Energiekonzepte für die Lebensmittelbranche	15
1.7.1 Branchenkonzepte zur Integration solarer Wärme in industrielle Prozesse	16
1.7.2 Branchenkonzepte Energieeffizienz in der Lebensmittelindustrie	17
1.7.3 Benchmarking – Aktivitäten in der Lebensmittelindustrie	18
1.8 Aufbau der Arbeit	19
2 Die österreichische Lebensmittelindustrie – Darstellung des Status Quo	21
2.1 Überblick über die österreichische Lebensmittelindustrie	21
2.2 Energieeinsatz in der österreichischen Lebensmittelindustrie	22
2.3 Auswahl der Sub-Sektoren und Unit Operations für die Detail-Analyse	28
2.4 Rechts- und Förderrahmen	32
3 Prozesse in der Lebensmittelindustrie	37
3.1 Auswahl und Beschreibung relevanter Prozesse	37
3.1.1 Kriterien zur Auswahl der Unit Operations (UO)	37
3.1.2 Zusammenfassung	45
3.2 Bilanzierung der relevanten Prozesse	47
3.3 Optionen zur Steigerung der Energieeffizienz	50
3.3.1 Technologie- und Prozessoptimierung	52
3.3.2 Systemoptimierung und Integration von Solarthermie	54
3.3.3 Einsatz neuer Prozesstechnologien	57
4 Integration solarer Wärme und anderer Erneuerbarer in die Prozesse der Lebensmittelindustrie	58
4.1 Integration solarer Wärme	58
4.1.1 Vorgehensweise zur Integration	58
4.1.2 Vorteile	60
4.1.3 Mögliche Konzepte im Zusammenhang mit der Einbindung solarer Wärme	61
4.1.4 Einsatzmöglichkeiten in den Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie	65
4.1.5 Kosten von industriellen Solarthermie-Systemen	66
4.1.6 Wirtschaftlichkeit der Integration solarer Wärme	67

4.2	Integration von Biogas.....	69
4.2.1	Vorgehensweise der Integration.....	69
4.2.2	Vorteile/Nachteile der Integration	70
4.2.3	Ergebnisse aus verschiedenen Fallstudien	70
4.2.4	Einsatzmöglichkeiten in Subbranchen / Technische Konzepte	71
4.2.5	Vorhandene und notwendige Rahmenbedingungen zur Integration	72
4.2.6	Wirtschaftlichkeit	73
4.3	Barrieren gegenüber einer nachhaltigen Wärmebereitstellung	74
5	SolarFoods – Berechnungswerkzeuge.....	78
5.1	Zielgruppe	78
5.2	Beschreibung der unterschiedlichen Software-Pakete.....	79
5.2.1	SolarFoods-Software.....	79
5.2.2	CAPAD.....	81
5.2.3	SOLiS.....	82
6	Szenarien der Wärmeversorgung in der österreichischen Lebensmittelherstellung.....	84
6.1	Methodik	84
6.2	Exogene Rahmenbedingungen	89
6.2.1	Technologische Entwicklungen	89
6.2.2	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	92
6.3	Beschreibung der modellierten Szenariowelten	94
6.4	Szenarien: Bandbreite möglicher Entwicklungspfade	96
7	Schlussfolgerungen	101
7.1	Schlussfolgerungen aus den Firmenuntersuchungen	101
7.2	Übergeordnete Schlussfolgerungen aus dem Projekt.....	103
8	Ausblick und Empfehlungen.....	111
8.1.1	Forschung & Technologieentwicklung, Technologiebereitsteller.....	111
8.1.2	Energie-, Klima- und Umweltpolitik, Wirtschafts- und Industriepolitik.....	113
8.1.3	Die Branche Lebensmittelindustrie	117
9	Literaturverzeichnis.....	119
10	Anhang	122
10.1	Abkürzungsverzeichnis	122
10.2	Abbildungsverzeichnis	123
10.3	Tabellenverzeichnis	125
11	Kontaktdaten.....	126

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

In der Lebensmittelindustrie werden große Mengen thermischer Energie im Temperaturbereich zwischen 30 und 150 °C benötigt. Diese Temperaturen können mit solarthermischen Anlagen klimaneutral bereitgestellt werden. Darüber hinaus bestehen auch signifikante Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz, der Abwärmenutzung sowie des Einsatzes biogener Reststoffe in Biogasanlagen.

Um eine verstärkte Umsetzung dieser Technologien in Österreich gezielt voranzutreiben, fehlt allerdings ein für österreichische Betriebe aufbereiteter umfassender Leitfaden wie eine Integration von Energieeffizienz und erneuerbarer Energie bestmöglich umsetzbar ist. Ein wichtiges Ergebnis der bisherigen Forschungsarbeiten zur solaren Prozesswärme ist, dass die Integration von Solarthermie in Prozesse eine detaillierte Betrachtung der gesamten Prozesstechnik erfordert, um optimale Planung und eine wirtschaftliche Umsetzung zu sichern. Daher ist es notwendig Branchenkonzepte zu erstellen, die auf Basis genauer Betrachtung der technologischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingung einen Leitfaden zur Planung und Auslegung von Solaranlagen und anderen erneuerbaren Technologien, sowie zur Erhöhung der Energieeffizienz bieten. Ein erfolgreiches Branchenkonzept für eine vielversprechende Branche muss im Anschluss möglichst einfach auf andere Branchen übertragbar sein und insbesondere auf folgende Fragestellungen eingehen:

Derzeit herrscht in der Lebensmittelherstellung noch ein geringeres Energiebewusstsein als z.B. in energieintensiven Branchen der Sachgüterproduktion, da der energiebedingte Anteil an den Gesamtkosten der Unternehmen vergleichsweise gering ist. Daher ist es wichtig gerade in diesem Bereich der Industrie über die Entwicklung und Verbreitung eines Planungstools zur solaren Prozesswärmeintegration zu sensibilisieren, zu motivieren und dadurch eine mögliche Umsetzung des hohen Potentials voranzutreiben.

Ziel dieser Studie war es, umsetzungsnahe Konzepte für die Integration von Solar-Wärme in Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie zu erstellen. Diese Konzepte umfassen die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und die mögliche Integration erneuerbarer Energietechnologien und zeigen einen solaren Wende-Pfad für die Branche bis 2020/2030 auf.

Das von der Lebensmittelindustrie mitgetragene **Branchenkonzept**, das im Projekt SolarFoods erarbeitet wurde und als zentrales Ergebnis zur Verfügung steht, umfasst die folgenden Elemente:

- 1) **Planungs- und Auslegungswerkzeuge** für Solar-Wärme, Effizienzpotentiale und den Einsatz anderer Erneuerbarer,
- 2) **Leitfäden zur Integration solarer Wärme und anderer Erneuerbarer Energien** in die Betriebe der Lebensmittelherstellung mit besonderem Fokus auf Sub-Branchen mit hohem Integrationspotentialen und
- 3) die Entwicklung einer **Solar-Foods-Roadmap** für die Lebensmittelherstellung in Österreich bis zum Jahr 2020/2030 sowie die dafür nötigen politischen Maßnahmen und Rahmenbedingungen.

Zur Erreichung dieses oben formulierten Ziels wurden im Projekt SolarFoods die folgenden Schritte gesetzt:

- Erhebung des Status Quo des Energie- und Ressourceneinsatzes in der österreichischen Lebensmittelindustrie anhand ausgewählter Betriebe: Es erfolgt eine umfassende technische und wirtschaftliche Analyse und Datenerhebung zu den bestehenden Prozessen in ausgewählten Betrieben.
- Entwicklung eines Bilanzierungstools: Dieses Tool bildet die wesentlichen Prozesse in der Lebensmittelindustrie auf Ebene der Unit Operations und die dabei charakteristischen Prozessgrößen ab. Damit soll eine einfache Bilanzierung der Prozesse in den Betrieben der Lebensmittelindustrie ermöglicht werden.
- Darstellung der Rahmenbedingungen der ausgewählten Betriebe und Subbranchen: Die wesentlichen ökonomischen, rechtlichen und standortspezifischen Rahmenbedingungen werden identifiziert und dokumentiert.
- Integration solarer Wärme in die Prozesse unter Berücksichtigung anderer erneuerbarer Technologien: beispielhafte Umsetzungskonzepte mit dem Fokus auf Energieeffizienz und Prozessintegration solarer Wärme werden anhand der analysierten Betriebe erarbeitet und gegenübergestellt.
- Lebensmittelindustrie 2020+ – mittel- bis langfristige Umsetzungsstrategien: Es wird für die gesamte Lebensmittelherstellung eine langfristige Umsetzungsstrategie im Sinne einer solaren Roadmap entworfen sowie notwendige Rahmenbedingungen und politische Maßnahmen identifiziert.
- Die Ergebnisse werden in ein konsistentes Branchenkonzept übergeführt, welches frei verfügbar über das SolarFoods-Dokuwiki zur Verfügung steht³

Das Projekt basierte stark auf einer intensiven Kooperation mit Betrieben und Branchenvertretern der Lebensmittelbranche. Die Brauunion stellte als Partner im Projekt SolarFoods wesentliche Erfahrungen aus der Praxis bereit und unterstützt eine weitere Umsetzung von Effizienz- und Solarthermie-Projekten in der Getränkeindustrie. Mit TechForTaste.Net, einem Cluster österreichischer Lebensmittelbetriebe und Anbieter von Prozesstechnologien, war ein kompetenter Partner im Konsortium vertreten, der die Verbreitung der Ergebnisse in der Branche in Form von Workshops, Konferenzen und Fachtagungen sicherstellte.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Bei der Umsetzung dieser oben formulierten Zielsetzungen, wurde im Projekt SolarFoods darauf Wert gelegt, in einem ganzheitlichen Ansatz die Steigerung der Energieeffizienz und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energie integriert zu betrachten. Dazu war es entscheidend, ein innovatives Bilanzierungsmodell von Lebensmittelprozessen zu entwickeln, technologische Optimierungspotentiale zu identifizieren, und eine umfassende Systemoptimierung als Grundvoraussetzung und Kernbaustein

³ www.solarfoods.at/dokuwiki

des SolarFoods-Branchenkonzepts zu verstehen. Unter diesen Prinzipien und Prämissen wurde eine innovative Planungs-Software entwickelt. Die mögliche zukünftige Bedeutung der Solarthermie in der Lebensmittelindustrie wurde in modellbasierten Szenarien analysiert, die schließlich zur SolarFoods-Roadmap verdichtet wurde.

Diese Schwerpunkte des Projekts SolarFoods, sind im Folgenden detaillierter beschrieben:

Ganzheitlicher Ansatz „Energieeffizienz und Integration erneuerbarer Energien“ im Branchenkonzept

Der ganzheitliche Ansatz ist vor allem dadurch charakterisiert, dass im ersten Schritt eine Prozess- und Systemoptimierung innerhalb der Bilanzgrenzen, welche um den *gesamten* Betrieb gelegt werden, erfolgt. Das enge Zusammenspiel zwischen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und der Einbindung der Solarenergie und anderer erneuerbarer Energien stellt sich dabei als essentiell heraus und wurde als einer der zentraleren Bereiche im Branchenkonzept integriert. Neben der Solarenergie wurde auch Biogas im Bereich erneuerbarer Energien und der Abwärmenutzung im Bereich der Systemoptimierung besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Innovatives Bilanzierungsmodell von Lebensmittelprozessen

Die Bilanzierung der Energieströme stellt die Basis für die Prozess- und Systemoptimierung dar. In der Lebensmittelherstellung ist man mit der Herausforderung konfrontiert, unterschiedliche Produktionsprozesse (Unit operations) abzubilden. Deshalb wurde im SolarFoods Branchenkonzept ein Modell geschaffen, mit dem in einer einfachen Form die einzelnen Unit Operations wie zum Beispiel der Trocknungsprozess oder Eindampfprozess abgebildet werden können und mit vorhandenen und gemessenen Energiedaten des Betriebes eine Massen- und Energiebilanz der Produktion erstellt werden kann. Entscheidendes Kriterium des geplanten Bilanzierungswerkzeugs ist, dass es den Anspruch eines leichtverständlichen, für alle Produktionsprozesse einsetzbaren und rasch anwendbaren Werkzeugs erhebt. Die Innovation in der Modellierung besteht in der Anwendung der Simulationsmethoden der chemischen Industrie in der Lebensmittelproduktion. Hierdurch werden die Modelle der Lebensmittelindustrie durch Bilanzierungsansätze erweitert, was eine Voraussetzung für eine auf die Modellierung aufbauende Prozessintegration (Wärmerückgewinnung, Integration erneuerbarer Energien) ist.

Neue Anwendungen für Solare Prozesswärme – technologische Optimierung

Eine technologische Veränderung bestimmter Unit Operations ist aus zweierlei Hinsicht unbedingt notwendig. Einerseits kann nur durch den Einsatz von innovativen Prozesstechnologien, so genannten „emerging technologies“, der Primärenergiebedarf signifikant gesenkt werden. Andererseits ist es langfristig nur durch eine exergetische Optimierung der Prozesse, d.h. eine Senkung der Prozesstemperaturen, möglich den Einsatz von Solarthermie für die Versorgung der Prozesse zu vergrößern und effizienter zu gestalten. Im Projekt SolarFoods wurde für ausgewählte Prozesse eine mögliche technologische Optimierung auf Basis der erhobenen Prozessdaten und Literaturdaten

konzeptionell untersucht. Dabei wurden auch erstmals radikal neue Lösungen im Sinne der Prozessintensivierung betrachtet.

Systemoptimierung als Baustein des Branchenkonzepts für Solarthermie

Die Systemoptimierung wurde vor allem im Bereich der Wärmerückgewinnung durch die Anwendung der Pinch Analyse erreicht, mit deren Hilfe der minimale externe Kühl- und Heizbedarf in dem System analysiert werden kann. In den betrachteten Betrieben der Lebensmittelindustrie steht dem Wärmebedarf ein Angebot an Abwärme gegenüber. Bei der Wärmerückgewinnung muss darauf geachtet werden, dass die Energie auf einem möglichst hohen Temperaturniveau wieder genutzt wird. In weiterer Folge können Wärmetauscher-Netzwerke entworfen werden, welche die entsprechenden Prozessströme energetisch miteinander kombinieren – heiße Ströme erwärmen kalte Ströme und umgekehrt.

Das Ergebnis aus dem Modul der Prozessoptimierung stellt im Branchenkonzept SolarFoods erstmals direkt die Grundlage für die Auslegung und Einbindungsvorschläge der solarthermischen Anlagen dar.

Innovatives Solar-Planungsmodul

Mit der SolarFoods-Software wurde ein Werkzeug geschaffen mit dem ohne detaillierte Solarsimulation ausreichende Informationen über die mögliche Integration der solaren Prozesswärme (Kollektorfeldgröße, Speichergröße, Prozesskombination) und deren Wirtschaftlichkeit gewonnen werden können.

SolarFoods-Roadmap: Szenarien und Empfehlungen zur künftigen Relevanz der Solarthermie in der Lebensmittelindustrie

Die energetische Versorgung von Industrieprozessen auf Basis erneuerbarer Energieformen kann nicht von einer Energieversorgungstechnologie alleine bereit gestellt werden. Für die Sicherstellung einer CO₂-neutralen Produktion wird in Zukunft eine Kombination aus erneuerbaren Energiequellen entscheidend sein. Die Solarfoods Roadmap stellt modellbasierte Szenarien zur potentiellen Umsetzung der entwickelten Konzepte in der gesamten Lebensmittelbranche im Sinne einer Branchen-Solar-Roadmap dar.

1.3 Einordnung in das Programm

Die Einreichung des Projekts erfolgte im Rahmen der vierten Ausschreibung des Programms „Neue Energien 2020“ und wurde hier im Themenfeld „Strategische Entscheidungsgrundlagen für die österreichische Technologie-, Energie- und Klimapolitik“ eingereicht. In diesem Themenfeld bezieht sich das Projekt SolarFoods auf jenen Punkt, der in Anknüpfung an die technologischen Ausschreibungspunkte zur Solarthermie die Entwicklung von Branchenkonzepten anspricht.

In diesem Punkt wurde konkret die „Entwicklung von Branchenkonzepten, welche Anlagenbetreibern und Planern als Leitfaden für Planung, Auslegung und Errichtung von Solaranlagen im gewerblich

industriellen Bereich dienen“ gefordert. Diesem Anspruch wurde das Projekt SolarFoods hinsichtlich der Anwendung auf die Lebensmittelindustrie zur Gänze gerecht.

1.4 Begriffsdefinitionen

Bei der Analyse in einzelnen Wirtschaftssektoren, wie dies in der vorliegenden Arbeit der Fall ist, muss grundsätzlich zwischen den Begriffen Unternehmen, Betrieb und Arbeitsstätte differenziert werden. In Betrieben werden bestimmte Eingangsstoffe (Inputs) zu bestimmten Ausgangsstoffen (Outputs) umgewandelt. Die Art der ausgehenden Stoffe definiert dabei die Zugehörigkeit des Betriebs zu einem Wirtschaftsbereich. Die Klassifikation der Wirtschaftsbereiche erfolgt für Österreich anhand der ÖNACE⁴. Jeder Betrieb ist dabei einem Unternehmen zugeordnet, welches im Besitz dieses Betriebes ist. Ein Unternehmen wiederum kann einen oder auch mehrere Betriebe besitzen, und die erzeugten Produkte können unter Umständen auch unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen zugeordnet werden. Die Durchführung der wirtschaftlichen Tätigkeit erfolgt dann in den Arbeitsstätten. Der Begriff Standort ist dementsprechend gleich einzuordnen wie der Begriff der Arbeitsstätte. Die in Österreich am häufigsten auftretende Kombination von Unternehmen, Betrieb und Arbeitsstätte mit über 90% aller Unternehmen ist das Einbetriebseinarbeitsstättenunternehmen. Verbreitet ist auch noch die Form des Einbetriebsmehrarbeitsstättenunternehmens mit knapp 10% aller Unternehmen. Mehrbetriebsunternehmen hingegen kommen äußerst selten vor. In der Regel werden also an einem Standort nur Produkte hergestellt, die dem gleichen Wirtschaftsbereich zugeordnet werden können. (vgl. (Statistik Austria, 2009))

Im Rahmen dieser Studie wird zwischen Branche und Sub-Branche unterschieden. Dabei wird unter Branche die gesamte Lebensmittelherstellung bezeichnet, entsprechend der Klassifikation der Wirtschaftszweige in der ÖNACE auf 2-Steller-Ebene. Als Sub-Branchen werden in dieser Studie die verschiedenen Teilbereiche der Lebensmittelherstellung verstanden, entsprechend der Struktur der ÖNACE auf Ebene der 3-Steller.

1.5 Verwendete Methoden

Auswahl der für die Untersuchungen relevanten Sub-Branchen

Aus den verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie werden diejenigen Sub-Branchen identifiziert, die im Rahmen der Fragestellungen des Projekts besondere Relevanz besitzen. Ein Teil der Untersuchungen innerhalb von SolarFoods fokussiert in weiterer Folge auf diese Sub-Branchen, dies gilt für Bestimmung der Betriebe für die Firmenuntersuchungen, die Darstellung relevanter Rahmenbedingungen, und die Untersuchung neuer Technologien mit vielversprechenden Potentialen zur Effizienzsteigerung und zur Integration von Solarthermie. Die Auswahl der Sub-Branchen wird

⁴ Seit 2008 gibt es in Österreich eine aktualisierte Version der ÖNACE-Struktur. Die davor gültige Version ist die ÖNACE 2003. Da entsprechend für den Zeitraum vor 2008 Daten nur in der Struktur ÖNACE 2003 vorhanden sind, wird diese Struktur im Rahmen dieses Projekts verwendet. Bei einem Vergleich zwischen Daten vor und nach 2008 wird auf die Struktur ÖNACE 2003 vereinheitlicht.

einerseits anhand der Anzahl der darin produzierenden Unternehmen getroffen. Dabei kommt jenen Sub-Branchen eine höhere Bedeutung zu, die eine größere Anzahl an Unternehmen und somit eine höhere Multiplizierbarkeit der Erkenntnisse aufweisen. Damit einhergehend bedeutet dies auch eine höhere Repräsentativität der Ergebnisse für die gesamte Lebensmittelbranche. Andererseits wird auch das Temperaturprofil der in den Sub-Branchen vorkommenden Prozesse berücksichtigt. Sub-Branchen mit Prozessen überwiegend unter 120 °C sind für die Nutzung von Solarthermie besser geeignet als jene mit weit höheren Temperaturen. Eine detaillierte Beschreibung der Auswahl der Sub-Branchen und der Prozesse, die in den Untersuchungen im Vordergrund stehen, erfolgt in Kapitel 2.3.

Darstellung und Berechnung wichtiger Zustandsparameter der Branche sowie Erarbeitung der relevanten Rahmenbedingungen

Die Darstellung der Status-Quo sowie der relevanten Entwicklungen in der Branche der Lebensmittelherstellung erfolgt in erster Linie auf Basis von makroökonomischen Daten. Hier werden Produktionswerte, Umsätze, Anzahl an Betrieben und Mitarbeitern, Exportanteile, Anteile der Energiekosten an den Gesamtkosten der Unternehmen in den verschiedenen Sub-Branchen sowie die Entwicklung der Preise der wichtigsten Lebensmittel dargestellt. Darüber hinaus erfolgt eine Berechnung der Größenverteilung der in der Lebensmittelherstellung tätigen Unternehmen in erster Linie basierend auf Daten aus der Aurelia Datenbank zu österreichischen Unternehmen.

Ein weiterer zentraler Punkt zur Charakterisierung der Sub-Branchen und deren Relevanz für die Untersuchungen im Rahmen des Projekts ist die Hochrechnung des thermischen Energiebedarfs auf Ebene der ÖNACE 3-Steller. Ziel dieser Hochrechnung ist einerseits die Identifizierung und Darstellung des Energiebedarfs auf Ebene der Sub-Branchen, andererseits eine Einordnung der recherchierten Werte zum spezifischen Energiebedarf auf Ebene der Produkte bzw. die daraus abgeschätzten Werte auf Ebene der Sub-Branchen. Diese Hochrechnung erfolgte mittels dreier unterschiedlicher Ansätze, einerseits auf Basis makroökonomischer Daten (Top-Down), andererseits auf Basis von Detaildaten (Bottom-up). Top-Down erfolgte die Berechnung zum einen über Produktionswerte, durchschnittliche Produktpreise und abgeschätzte spezifische Bedarfswerte für die Sub-Branchen auf Basis vorangegangener Studien in unterschiedlichen Ländern und Branchen. Zum anderen wurde der Top-Down Ansatz auch über den Produktionswert, den Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten, den thermischen Anteil des Energiebedarfs, sowie einen durchschnittlichen Energiepreis gerechnet. Bottom-up erfolgte die Berechnung über produzierte Mengen unterschiedlicher Güter in den verschiedenen Sub-Branchen sowie spezifischen thermischen Energiebedarfswerten auf Produktebene. Eine detaillierte Darstellung der angewandten Methoden erfolgt in Kapitel 2.2.

Zur Erarbeitung des für die Energiebereitstellung relevanten rechtlichen Rahmens, in dem sich die Unternehmen der Lebensmittelindustrie bewegen, wurden die gesetzlichen Bestimmungen recherchiert und deren Bedeutung für den Einsatz von effizienten bzw. erneuerbaren Technologien eingeschätzt. Besonderer Fokus lag dabei auf die Relevanz für den Einsatz von Solarthermie und der Umsetzung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung. Die gesetzliche Basis bilden dabei Auflagen und Richtlinien hinsichtlich Hygiene, Umwelt und Energie, und ebenso die aktuelle Förderlandschaft.

Durchführung der Fallstudien

Ziel der im Rahmen des Projektes durchgeführten Fallstudien war es, den aktuellen Energie- und Ressourceneinsatz der Betriebe zu ermitteln, um darauf aufbauend eine Energiebilanz erstellen und den Status Quo der Unternehmen darstellen zu können. Weiters wurde der Einsatz von Energieeffizienzmöglichkeiten (Prozess- und Systemoptimierung) untersucht und die Optionen der Einbindung erneuerbarer Energieträger, insbesondere Solarenergie, für die Bereitstellung von Prozesswärme technisch und wirtschaftlich bewertet.

Im Rahmen des Projektes SolarFoods wurden 10 Betriebe aus der Lebensmittelbranche detailliert betrachtet. In einem ersten Schritt wurde deren energetischer und nicht-energetischer Ressourceneinsatz analysiert. Es wurde eine Vor-Ort Besichtigung des Betriebes durchgeführt und relevante Prozessdaten wie Massenflüsse oder Temperaturen und Prozessparameter wie beispielsweise die Zieltemperatur erhoben. Falls keine oder zu wenige Daten für eine ausreichende Beurteilung zur Verfügung standen, wurden Wärmemengen- und Temperaturmessungen von ausgewählten Prozessströmen oder Energieversorgungsströmen durchgeführt, um eine aussagekräftige Energie- und Massenbilanz erstellen zu können. Der gesamte Prozess der Energie- und Massenbilanzerstellung wurde durch einen stetigen Austausch an Informationen zwischen der jeweils betrachteten Firma und AEE INTEC begleitet, um realistische Ergebnisse garantieren zu können. Die Ergebnisse wurden für alle 10 Betriebe in Form von Sankey-Diagrammen dargestellt.

Darauf aufbauend wurde eine Analyse hinsichtlich möglicher Einsparungspotentiale durchgeführt. Zunächst wurden Potentiale für eine Technologie- und Prozessoptimierung (Steigerung der Prozesseffizienz, Reduktion von Verlusten, Einsatz von besten verfügbaren Technologien etc.) erhoben. In einem nächsten Schritt wurden mit Hilfe der Pinch-Analyse Potentiale zur Wärmerückgewinnung identifiziert und Wärmetauschernetzwerke für eine möglichst optimale kaskadische Wärmenutzung ausgelegt. Aufbauend auf den Optimierungsmaßnahmen konnte dann für den verbleibenden thermischen Energiebedarf die Integration von Solarthermie für ausgewählte Prozesse ausgelegt werden. Dabei wurden mit Hilfe eines Simulationsprogrammes unterschiedliche Kollektortypen für den jeweils spezifischen Standort simuliert und wirtschaftlich bewertet.

Als letzter Schritt wurde noch die Einbindung anderer Erneuerbarer berücksichtigt. In den 10 Lebensmittelbetrieben war meist, aufgrund der großen Mengen an biogenen Abfällen, die Erzeugung von Biogas aus Abwasser oder Abfällen für eine nähere Betrachtung interessant. Für die potentiell erzeugbare Menge an Biogas bei den gegebenen Abfallmengen und Abfallzusammensetzungen wurden Erfahrungswerte von BOKU/IFA-Tulln herangezogen.

Erstellung der SolarFoods-Softwarepakete

Ein zentrales Element des Branchenkonzepts SolarFoods ist die Erstellung von Software-Paketen, die die Effizienzsteigerung und die Integration von Solarthermie in die Prozesse der Lebensmittelherstellung erleichtern. Zielgruppe sind dabei in erster Linie Energieverantwortliche in den Betrieben und Energieberater, die in der Lebensmittelherstellung sowie auch in anderen Sektoren in der Integration von solarer Wärme tätig sind. Im Rahmen der Arbeiten zu SolarFoods wurden dabei drei Software-Pakete erstellt, die SolarFoods-Software, CAPAD und SOLiS. Gereiht nach der Chronologie des möglichen Einsatzes bildet CAPAD den ersten Schritt. Zielsetzung von CAPAD ist die Unterstützung bei der

Bilanzierung des Energiebedarfs in Betrieben der Lebensmittelherstellung. Dabei werden möglichst viele vorhandene Betriebs- bzw. Prozessparameter für die einzelnen Prozessschritte in einem Betrieb angegeben. Darauf aufbauend erfolgt die Bilanzierung der Prozesse hinsichtlich Massen- und Energieströmen. Als Ergebnis resultieren Daten zu Energie- und Massenströmen für nicht angegebene Ströme, wenn diese durch die angegebenen Daten bestimmbar sind. Ist eine Bilanzierung über bestimmte Prozessschritte nicht möglich, da zu wenige Prozessparameter angegeben wurden, so werden die noch notwendigen Angaben spezifiziert. Dadurch wird eine vollständige Bilanzierung bestehender Betriebe oder Anlagenteile erleichtert. Dies ist die Basis für weiterführende Untersuchungen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und der Integration von solarer Wärme in die Prozesse.

Der nächste Schritt ist die Aufnahme von Betriebsdaten in die SolarFoods-Software. Die Software bietet dann die Möglichkeit einer Gegenüberstellung mit Vergleichsdaten zu anderen Betrieben in der gleichen Sub-Branche und ermöglicht eine einfache Analyse bestehender Potentiale zur Wärmerückgewinnung, der Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit entsprechender Investitionen. Sind die notwendigen Betriebsparameter bereits bekannt, so ist eine Nutzung von CAPAD nicht zwingend erforderlich. Die SolarFoods-Software basiert in einem ersten Schritt auf einer Darstellung der Energieströme in dem betrachteten Betrieb. Die Potentiale zur Wärmerückgewinnung werden mit Hilfe der Pinch-Analyse identifiziert. Durch die Angabe von vorhandenen biogenen Reststoffströmen sowie biogenen Frachten im Abwasser wird eine Berechnung des Potentials zur anaeroben Vergärung und damit zum Einsatz von Biogas ermöglicht. Die Analyse der Potentiale sowie der Wirtschaftlichkeit einer Integration von Solarthermie in die bestehenden Prozesse erfolgt über eine Koppelung mit der zusätzlich entwickelten Software SOLiS, welche auch unabhängig von der SolarFoods-Software eingesetzt werden kann. SOLiS basiert im Wesentlichen auf einer stündlichen Simulation von industriellen Solarthermie-Systemen und des daraus resultierenden jährlichen Wärmeertrages. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in die Umstellung auf erneuerbare und effiziente Wärmebereitstellungsoptionen werden Wärmegestehungskosten nach dem Konzept der Levelized Costs of Heat herangezogen (vgl. (Branker et al., 2011) und (Hummel et al., 2013)). Zusätzlich erfolgt eine Berechnung der Auswirkung von ausgewählten Maßnahmen auf den CO₂-Ausstoß des Betriebes.

Identifikation von vielversprechenden neuen Prozesstechnologien („emerging technologies“) sowie Quantifizierung deren Potentials zur Effizienzsteigerung und Integration von Solarthermie

Für die Erarbeitung der Diplomarbeit in Arbeitspaket 5 wurden als methodische Ansätze eine Literaturrecherche und die Durchführung von thermodynamischen Berechnungen bzw. Prozessmodellierungen gewählt. Durch Berechnungen konnte bereits in einem frühen Stadium gezeigt werden, ob ein bestimmtes Verfahren in Frage kommt oder nicht. Aufwendige Experimente und das Bauen kostspieliger Prototypen konnte dadurch vermieden werden. Die Durchführung der in dieser Arbeit verfolgten methodischen Ansätze erfolgt in der folgenden Art und Weise: Für ausgewählte Sub-Branchen wurden anhand einer Literaturrecherche und Berechnungen mit Daten aus der Literatur spezifische Primärenergieverbräuche und Temperaturniveaus der in den Subsektoren vorkommenden Verarbeitungsprozesse dargestellt (vgl. Kapitel 2.3). Anhand dieser Darstellungen wurden drei sehr

energieintensive Prozesse der Lebensmittelindustrie mit Temperaturniveaus überwiegend unter 120 °C ausgewählt und im Rahmen der Arbeit näher betrachtet.

Auf Basis von Literaturdaten und einer grundsätzlichen Anwendbarkeitsanalyse wurden die „emerging technologies“ (ET) für jeden der drei ausgewählten Prozesse identifiziert und in einer Bewertungsmatrix einer Beurteilung unterzogen. Anhand dieser Beurteilung wurde für jeden der drei Prozesse eine vielversprechende ET ausgewählt und in weiterer Folge anhand von thermodynamischen und wirtschaftlichen Berechnungen analysiert (Senkung des thermischen Energieverbrauchs durch den Einsatz dieser neuen Technologie, Reduktion Primärenergieverbrauch durch Einbindung von Solarthermie als Wärmequelle). Dabei wurde einerseits der Einsatz der Technologie selbst im Gegensatz zum derzeitigen Stand untersucht, andererseits die Kombination der Technologie mit einer solarthermischen Anlage.

Berechnung von Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Einsatzes verschiedener Technologien in der Wärmebereitstellung

Im Rahmen des Projekts SolarFoods wurden drei Szenarien möglicher zukünftiger Entwicklungen des Energieeinsatzes in der Wärmebereitstellung der Lebensmittelindustrie erarbeitet: Ein „Business-as-Usual Szenario“, ein Szenario mit fragmentierten, nicht koordinierten Maßnahmen und ein ambitioniertes „SolarFoods Roadmap“-Szenario. Das Ziel war dabei die Identifikation und Charakterisierung notwendiger Rahmenbedingungen und politischer Maßnahmen zur Erreichung einer hohen Durchdringung mit erneuerbaren Technologien bis in die Jahre 2020 bzw. 2030. Zur Berechnung der Szenarien wurde das technisch-wirtschaftliche Modell ViSTRA entwickelt, welches Investitionsentscheidungen in energierelevante Technologien in der Industrie simuliert. Es werden zunächst Investitionsfälle identifiziert, die im Simulationszeitraum in repräsentativen Unternehmen auftreten können. Darauf aufbauend werden die Wirtschaftlichkeit der technisch möglichen Optionen und die daraus ableitbare Wahrscheinlichkeit bestimmter Investitionsentscheidungen berechnet. Wirtschaftliche, technologische und politische Rahmenbedingungen sowie Faktoren, die das generelle Investitionsklima beschreiben, wirken dabei auf die Wahrscheinlichkeit, mit der bestimmte Entscheidungen getroffen werden. Dies erlaubt eine Quantifizierung der Auswirkungen der genannten Rahmenbedingungen auf die Wahrscheinlichkeit der Marktdurchdringung erneuerbarer Energie-Technologien in der Lebensmittelherstellung.⁵

1.6 Systemabgrenzung

Ziel der Arbeiten im Rahmen von SolarFoods war die Entwicklung von Branchenkonzepten zur Integration von Solarthermie und anderen Erneuerbaren Energien in die Prozesse zur Herstellung von Lebensmitteln. Daraus ergibt sich der Fokus des Projekts auf den thermischen Anteil des Energiebedarfs. Sowohl bei den Betriebsuntersuchungen als auch bei der Szenarienentwicklung wurde ausschliesslich auf den thermischen Energiebedarf in den Betrieben eingegangen, eine Berücksichtigung der

⁵ Eine detaillierte Beschreibung des Modells ViSTRA erfolgt in Kapitel 6.1 dieses Berichts

elektrischen Bedarfe erfolgte vergleichend im Rahmen der Einschätzung der Potentiale von Strombereitstellung aus KWK-Anlagen. Auf der Seite des thermischen Bedarfs wurde dabei sowohl der Bedarf für Prozesswärme, als auch für Warm- und Brauchwasser sowie für die Gebäude- und Hallenheizung berücksichtigt.

In den Betriebsuntersuchungen wurden sowohl der gesamte Endenergiebedarf als auch der Nutzenergiebedarf der verschiedenen Prozesse untersucht. In den Szenarienrechnungen erfolgte eine Berechnung des Endenergiebedarfs auf Basis von Verteilungen für den Nutzenergiebedarf in der Herstellung bestimmter Produkte in Kombination mit dem jeweils eingesetzten System zur Energiebereitstellung und dessen jeweiliger Effizienz. In der Auswahl der für die Untersuchung relevanten Sub-Branchen erfolgte demgegenüber eine Beurteilung der Prozesse auf Basis des bedingten Primärenergiebedarfs. Die folgende Abbildung 1 zeigt dabei die Abgrenzung zwischen den Begriffen Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie.

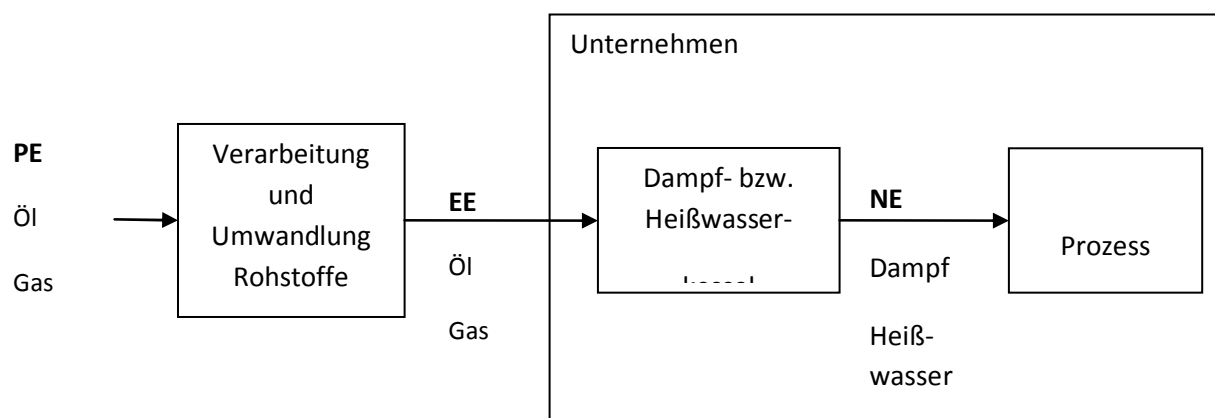


Abbildung 1: Darstellung Primärenergie (PE), Endenergie (EE) und Nutzenergie (NE)

Die Branchenkonzepte richten sich dabei an die gesamte Lebensmittelherstellung. Dies umfaßt sowohl die gewerbliche als auch industrielle Produktion von Lebensmitteln. Dies wurde in allen Teilen der Untersuchungen entsprechend berücksichtigt.

1.7 Bestehende Energiekonzepte für die Lebensmittelbranche

Energiekonzepte für den produzierenden Bereich zielen in erster Linie auf den rationellen Einsatz von Energie ab, also auf die Steigerung der Energieeffizienz in der Produktion. Dabei existieren zum einen Branchenkonzepte, also Konzepte, die sich auf bestimmte Branchen bzw. Sub-Branchen konzentrieren, zum anderen gibt es Technologiekonzepte, die auf bestimmte Technologien bzw. Technologiegruppen fokussieren. Naheliegend ist, dass Technologiekonzepte normalerweise auf Technologien beschränkt sind, die in mehreren Branchen angewendet werden, sogenannte Querschnittstechnologien.

Neben Konzepten, die sich mit der Steigerung der Energieeffizienz in den Betrieben beschäftigen, gibt es vereinzelt auch Konzepte, die auf die Vermeidung von Abfall und den effizienten Einsatz von Rohstoffen abzielen. Derzeit wenig verbreitet sind Branchenkonzepte die eine Integration erneuerbarer Energien in die Produktionsprozesse inkludieren.

1.7.1 Branchenkonzepte zur Integration solarer Wärme in industrielle Prozesse

Projekt SO-PRO: Im Rahmen dieses EU-weiten Forschungsprojektes welches im Rahmen des Programms Intelligent Energy Europe (IEE) gefördert wurde, werden einerseits technologische Konzepte zur Integration solarer Wärme in Produktionsprozesse standardisiert, andererseits werden Aktivitäten zur Entwicklung von Absatzmärkten durchgeführt, dies umfaßt Pilotprojekte, Informationsverbreitung und Training.

Ein wichtiges Ergebnis des Projekts ist ein Leitfaden zur „Planungsunterstützung für die Einbindung solarthermischer Anlagen in ausgewählte industrielle Prozesse“ (O.Ö. Energiesparverband, 2011): Neben allgemeinen Hinweisen zur Auslegung der Solaranlagen werden für vier ausgewählte Anwendungen System-Entwürfe präsentiert. Dabei handelt es sich um die folgenden Prozesse:

- Erwärmen von Frischwasser für Reinigungszwecke
- Vorwärmung von Speisewasser für den Dampferzeugungsprozess
- Beheizen von industriellen Bädern
- Konvektives Trocknen mit Heißluft

Homepage des Projekts: www.solar-process-heat.eu

Projekt SOPREN: Das von der Universität Kassel durchgeführte deutsche Projekte SOPREN beschäftigt sich mit dem Einsatz solarer Prozesswärme in verschiedenen Industriezweigen. Im Rahmen des Projekts, das u.a. vom deutschen BMU finanziert wird, sollen eine Potentialstudie für Deutschland erstellt, Pilot- und Demonstrationsprojekte in verschiedenen Branchen umgesetzt und darauf aufbauend Branchenkonzepte erarbeitet werden.

Das Projekt startete im Februar 2008, im Jahr 2011 wurde die Potentialstudie für Deutschland publiziert (Lauterbach et al., 2011). Nachdem im Jahr 2009 eine thermische Solaranlage auf der Brauerei Hütt installiert wurde, ist ein erstes Branchenkonzept für Brauereien im Jahr 2012 fertiggestellt worden (Schmitt et al., 2012).

Projekt „Grüne Brauerei“: Im Projekt „Grüne Brauerei“ wurde durch die Entwicklung und Anwendung eines methodischen Ansatzes der Ausstoß an klimarelevantem CO₂ bei der Produktion von Bier signifikant bzw. auf Null reduziert. Dabei wurden innovative Energiekonzepte abhängig von der Produktionsmenge, vom Standort und der Produktpalette durch Energieeffizienz, Wärmeintegration und einer Kombination aus erneuerbaren Energieträgern an Hand von Fallbeispielen in österreichischen Brauereien entwickelt und die Möglichkeiten einer Produktion ohne fossile Brennstoffe demonstriert.

Das Projekt Grüne Brauerei bildete die Basis für die Arbeiten im Rahmen von SolarFoods im Bereich der Brauereien. Das Konzept der SolarFoods-Auslegungs-Software konnte auf die Erfahrungen in diesem Projekt zurückgreifen.

Weitere Informationen zum Projekt:

<http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projekteld=142>

1.7.2 Branchenkonzepte Energieeffizienz in der Lebensmittelindustrie

Energie – Branchenkonzepte von der Wirtschaftskammer Oberösterreich (WKO-OÖ) in Kooperation mit dem Oberösterreichischen Energiesparverband und der Ökoberatung OÖ: In diesem oberösterreichischen Gemeinschaftsprojekt wurden in den Jahren 1994 bis 2001 in verschiedenen energieintensiven Branchen der österreichischen Industrie Betriebe analysiert um Energiekennzahlen und Einsparpotentiale zu erheben. Aus der Lebensmittelindustrie wurden die folgenden Subbranchen untersucht:

- Bäcker
- Brauereien
- Fleischer

Die ausgearbeiteten Branchenkonzepte sind im Internet unter folgender Adresse verfügbar:
<http://www.wko.at/ooe/energie/Branchen/branchen.htm>

Landesinitiative Zukunftsenergien Nordrhein-Westfalen (NRW): Die Landesinitiative Zukunftsenergien NRW hat gemeinsam mit der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie eine Broschüre zur rationellen Energienutzung in der Branche herausgegeben. Die Broschüre stellt dabei eine Zusammenfassung eines Buches mit dem gleichnamigen Titel dar: (Meyer et al., 2000)

Energieagentur NRW: Auf der Homepage der Energieagentur NRW werden Informationen zu Energieeffizienz und Durchschnittswerten des spezifischen Energiebedarfs sowie weiterführende Informationen für verschiedene Branchen angeboten. Dabei werden neben vielen anderen Branchen Daten und Informationen für die folgenden Bereiche der Lebensmittelindustrie angeboten:

- Bäckereien
- Fleischereien
- Brauereien
- Fleischverarbeitende Industrie
- Ernährungsindustrie allgemein
- Molkereien
- Getränkeindustrie

Homepage der Energieagentur NRW: www.ea-nrw.de

Neben dem Verweis auf die Broschüre der Landesinitiative Zukunftsenergien zur rationellen Energienutzung in der Ernährungsindustrie, wird auf der Seite der Energieagentur NRW auch auf Arbeiten des Bayerischen Landesamts für Umwelt verwiesen (siehe folgender Punkt).

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Mit dem Ziel der Minderung des Ausstoßes öko- und klimaschädigender Abgase aus industrieller Nutzung hat das Bayerische Landesamt für Umweltschutz

Studien zum rationellen Energieeinsatz erarbeiten lassen. Neben vielen anderen Branchen wurden für folgende Subbranchen der Lebensmittelindustrie Studien verfaßt:

- Bäckereien (LfU, 2000a)
- Molkereien (LfU, 2000b)
- Metzgereien (LfU, 2007)
- Fleischverarbeitende Betriebe (LfU, 2001)

Klima:aktiv „Energieeffiziente Betriebe“: Im Rahmen des klima:aktiv Programmes „energieeffiziente Betriebe“ werden u.a. Branchenkonzpte zur Förderung von Energieeffizienz in Betrieben erarbeitet. Derzeit existieren keine Konzepte für Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie, die Herstellung von Backwaren und die Getränkeproduktion werden aber als potentielle Zielbereiche für künftige Branchenkonzpte diskutiert (AEA, 2011). Für die Sub-Branchen Fleischereien und Bäckereien sind Branchenfolder unter der folgenden Adresse verfügbar:

http://www.klimaaktiv.at/energiesparen/betriebe_prozesse/branchenkonzpte/branchenfolder.html

International wurden vielerorts Aktivitäten zur Konzeptionierung und Erstellung von Leitfäden für viele Bereiche der Lebensmittelherstellung gesetzt. Wichtige Arbeiten in diesem Bereich umfassen u.a. die Erstellung der Referenzdokumente zu Besten Verfügbaren Technologien im Rahmen der EU Industrieemissionsrichtlinie (v.a. (European Commission, 2006)) sowie die Studien des Lawrence Berkeley National Laboratory in den USA im Rahmen der Energy Star Projekte (z.B. (Worrell et al., 2002), (Galitsky et al., 2003a), (Masanet et al., 2008), (Galitsky et al., 2003b)).

1.7.3 Benchmarking – Aktivitäten in der Lebensmittelindustrie

Einen Überblick über die Aktivitäten, die in Österreich zur Erarbeitung von Vergleichswerten auf Betriebsebene durchgeführt werden, liefert eine Arbeit des Energieinstituts der Wirtschaft aus dem Jahr 2009. Die Studie zielt dabei nicht direkt auf die Lebensmittelindustrie als vielmehr auf kleine und mittlere Unternehmen (KMUs). Als wichtigste Arbeiten zur Identifikation von Vergleichswerten für österreichische Betriebe in der Lebensmittelindustrie werden dabei folgende dargestellt (Starnberger and Kapusta, 2009):

- *Klima:aktiv Online-Tool „Simple Benchmarking“:* Derzeit sind Vergleichswerte für die folgenden Betriebe der Lebensmittelindustrie verfügbar:
 - Brauereien
 - Bäckereien
 - Fleischereien
 - Futtermittelhersteller
 - Mahl- und Schälmmühlen
 - Molkereien
 - Sennereien

- *Projekte BESS und ExBESS:* In diesen europaweiten Projekten wurde ein internationales Benchmarking-System aufgebaut. In Österreich wird das erarbeitete System von der nationalen Energieagentur weitergeführt, wobei folgende Subbranchen der Lebensmittelindustrie untersucht wurden:
 - Molkereien
 - Fleischverarbeitung
 - Bäckereien
 - Kleine Brauereien

Weitere Informationen zu diesen beiden Projekten unter: <http://www.bess-project.info/>

- *Projekt ENGINE:* Dieses europaweite Projekt zielt auf die Steigerung der Energieeffizienz in KMUs ab. Es werden dabei für verschiedene Branchen u.a. Energiebedarfswerte erhoben, die Lebensmittelindustrie wird dabei als Gesamtheit betrachtet, eine Unterscheidung in Sub-Branchen erfolgt nicht (ENGINE consortium, 2010).

1.8 Aufbau der Arbeit

Die Arbeiten im Rahmen des Projekts SolarFoods fokussierten in erster Linie auf die Erstellung der Branchenkonzepte für die Integration von Solarthermie und anderen Erneuerbaren in den Betrieben der Lebensmittelindustrie. Dabei standen die Durchführung von Betriebsuntersuchungen und die Aufarbeitung der gewonnenen Erkenntnisse, die Erarbeitung von Auslegungs- und Berechnungswerkzeugen, die Aufbereitung von Leitfäden für Energieeffizienz und Integration von erneuerbaren Energien sowie die Erstellung eines solaren und CO₂-armen Wendepfades für die österreichische Lebensmittelindustrie im Vordergrund. Die entstandenen Branchenkonzepte sind mit den genannten Teilen über das SolarFoods-Dokuwiki frei zugänglich im Internet verfügbar⁶.

Der im Zuge der Arbeiten entstandene Endbericht des Projekts bildet hierbei eine Zusammenfassung der Erkenntnisse, die im Laufe der Erarbeitung der Branchenkonzepte gewonnenen wurden. Zunächst wird dabei in Kapitel 2 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf die derzeitige Situation der Lebensmittelherstellung in Österreich eingegangen. Den Kern bilden eine Analyse des derzeitigen thermischen Energiebedarfs in den verschiedenen Sub-Branchen, die Auswahl der für die weiteren Untersuchungen besonders relevanten Sub-Branchen sowie eine Darstellung des Rechts- und Förderrahmens, in dem sich die Unternehmen der Lebensmittelherstellung bewegen. Kapitel 3 fokussiert auf die relevanten Prozesse und Möglichkeiten der Effizienzsteigerung in der Lebensmittelindustrie. Zunächst erfolgt eine Auswahl und Darstellung der wichtigen Prozesse in den zuvor ausgewählten Sub-Branchen. Die Relevanz der Prozesse ergibt sich dabei einerseits aus dem spezifischen Primärenergiebedarf und der Häufigkeit der Prozesse in der gesamten Branche, Fokus liegt daneben auch auf den jeweiligen Temperaturprofilen der Prozesse, welche im Hinblick auf die Einbindung von

⁶ Zu finden unter www.solarfoods.at/dokuwiki

Solarthermie entscheidend sind. Darauf aufbauend werden die Vorgehensweise und die erfahrungsgemäß auftretenden Schwierigkeiten in der Bilanzierung der Energie- und Massenströme sowie grundsätzliche Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz in der Produktion dargestellt. Eine Unterscheidung erfolgt dabei zwischen Prozessoptimierung und Systemoptimierung. Diese Trennung wird auch in der darauffolgenden Darstellung der Ergebnisse aus den Betriebsuntersuchungen beibehalten. Kapitel 4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt eine Aufbereitung der erstellten Leitfäden zur Integration von Solarthermie und Biogas in Betriebe der Lebensmittelherstellung, ergänzt um wissenschaftliche Erkenntnisse v.a. im Bereich der technischen Integration und der Wirtschaftlichkeit, die für eine schnelle und einfache Darstellung in den Leitfäden zu weitreichend wären. Hierbei sind v.a. die Ergebnisse der Arbeiten in der Szenarienentwicklung und der Sensitivitätsanalyse der Wirtschaftlichkeit industrieller Solarthermie-Anlagen mit der eigens entwickelten Software SOLiS zusätzlich eingeflossen. Neben den Möglichkeiten der Integration erneuerbaren Energien werden auch die dabei auftretenden wirtschaftlichen, technischen und strukturellen Hemmnisse diskutiert. Kapitel 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gibt dann einen kompakten Einblick in die Berechnungswerkzeuge, die im Zuge der Arbeiten entstanden sind und welche Zielgruppe damit angesprochen wird. Dabei handelt es sich primär um die SolarFoods-Software zur Auslegung von Effizienzmaßnahmen und der Integration von Erneuerbaren Technologien zur Wärmebereitstellung in Betriebe der Lebensmittelindustrie. Darüber hinaus wurde CAPAD zur Unterstützung bei der Bilanzierung von Massen- und Energieströmen in Betrieben der Lebensmittelindustrie sowie SOLiS zur Auslegung und Wirtschaftlichkeitsberechnung der Integration von industriellen Solarthermie-Systemen entwickelt. Letzteres kann dabei sowohl eigenständig als auch in Kombination mit der SolarFoods-Software genutzt werden. Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die im Rahmen des Projekts entwickelten Szenarien für den Einsatz möglicher Technologien für die Bereitstellung von Wärme in der österreichischen Lebensmittelindustrie bis 2030. Dafür wurde das Modell ViSTRA entwickelt, welches Investitionsentscheidungen in Energieversorgungstechnologien mittels technisch-wirtschaftlicher bottom-up Methodik simuliert. Es werden die gewählte Methodik, die unterstellten Rahmenbedingungen und die Ergebnisse der Szenarienrechnung beschrieben. Kapitel 7 faßt dann die erarbeiteten Schlussfolgerungen des Projekts zusammen. Ein eigenes Unterkapitel ist dabei den Fallstudien in den untersuchten Betrieben gewidmet. Abschliessend werden in Kapitel 8 Empfehlungen formuliert. Dabei wird zwischen den verschiedenen Zielgruppen unterschieden, die entscheidende Beiträge in Richtung energie- und ressourceneffizienter Lebensmittelbereitstellung leisten können: Forschung und Technologieentwicklung, Politik und Branche.

2 Die österreichische Lebensmittelindustrie – Darstellung des Status Quo

2.1 Überblick über die österreichische Lebensmittelindustrie

Im Jahr 2012 zählte die österreichische Lebensmittelindustrie ca. 3600 Unternehmen mit knapp 69.000 Beschäftigten und erwirtschaftete eine Bruttowertschöpfung von rund 3,4 Milliarden Euro, dies entspricht gut einem Prozent des österreichischen Bruttoinlandsprodukts (BIP). Die Branche ist von einem starken Rückgang der Anzahl an Unternehmen in den letzten Jahren gekennzeichnet, so waren es im Jahr 2007 noch gut 4000 Unternehmen mit etwa 76.000 Beschäftigten. ((Statistik Austria, 2007), (Statistik Austria, 2012a)) In der österreichischen Lebensmittelindustrie dominieren wenige große Unternehmen die Wirtschaftsleistung der Branche: Die zehn größten Unternehmen erwirtschaften in etwa 30% der gesamten Umsätze, die 35 Größten etwa die Hälfte der gesamten Branche (Aurelia Datenbank). Dementsprechend sind knapp 99% aller Unternehmen in der Lebensmittelwirtschaft kleine und mittlere Unternehmen (KMU), nur 1% der Unternehmen beschäftigt mehr als 250 Personen (BMLFUW, 2010).

Die Lebensmittelindustrie ist gegliedert in die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (ÖNACE 10) und die Getränkeherstellung (ÖNACE 11)⁷. Bezogen auf die Umsatzerlöse ist die Getränkeherstellung mit einem Anteil von 25% die wichtigste Subbranche, gefolgt von Schlachthäusern und Fleischverarbeitung mit 19%. Dahinter folgen die Milchverarbeitung und die Herstellung von Back- und Teigwaren mit jeweils 13% und die Herstellung von sonstigen Nahrungsmitteln mit 11%. (Statistik Austria, 2012a) Neben dem heimischen Markt bedient die österreichische Lebensmittelindustrie auch viele andere Länder mit Nahrungsmitteln. Die Exportquote ist von 36% im Jahr 2000 deutlich angestiegen auf knapp 58% im Jahr 2009 (BMLFUW, 2010). Die wichtigsten Exportländer für Erzeugnisse der österreichischen Lebensmittelindustrie sind Deutschland (35%), Italien (10%) sowie die Vereinigten Staaten (6%). In erster Linie werden alkoholfreie Getränke (28%) exportiert, nach Ausfuhrwert gefolgt werden diese von feinen Backwaren, Schweinefleisch und Käse mit jeweils etwa 9% der Gesamtausfuhren. (FLAA, 2010)

Die folgende Abbildung 2 zeigt einen Überblick über die unterschiedlichen Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie, dabei werden die Anteile der Sub-Branchen an den Umsätzen, der Zahl an Unternehmen sowie dem thermischen Energiebedarf der gesamten Branche dargestellt. Die Daten entstammen einerseits der Leistungs- und Strukturstatistik (Statistik Austria, 2010), andererseits basiert die Aufteilung des thermischen Energiebedarfs auf eigenen Berechnungen, welche im folgenden Kapitel 2.2 detailliert dargestellt wird.

⁷ nach ÖNACE-Struktur 2008. In der Struktur von 2003 ist die Herstellung Nahrungs- und Genussmittel und Getränken in der ÖNACE 15 zusammengefasst. Darüber hinaus wurden die Sub-Branchen Herstellung von Back- und Teigwaren in der neuen Struktur von 2008 gegenüber der Version von 2003 aus der Herstellung sonstiger Nahrungsmittel aufgrund ihrer dortigen Dominanz auf 3-Steller-Ebene angehoben.

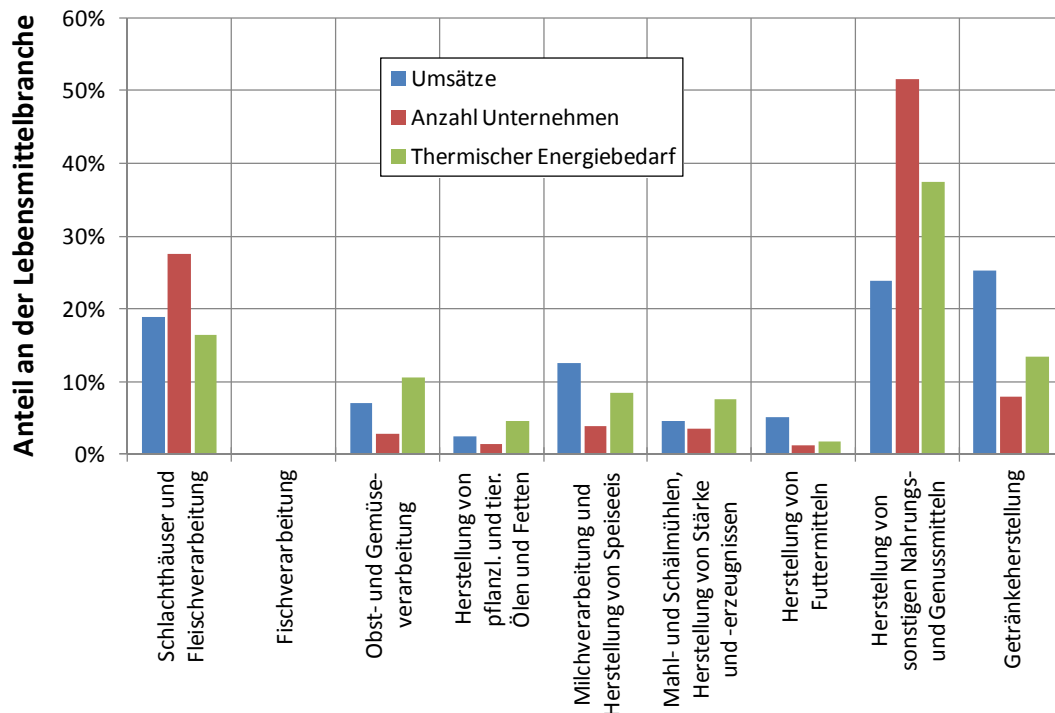


Abbildung 2: Verteilung von Umsätzen, Anzahl der Unternehmen und thermischem Energiebedarf auf die Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung in Österreich (Quelle: (Statistik Austria, 2010), eigene Berechnungen)

Die Abbildung zeigt, dass die Branchen Schlachtung und Fleischverarbeitung, die Herstellung sonstiger Nahrungsmittel und die Getränkeherstellung große Anteile an der Gesamtbranche besitzen. Auffallend ist, dass sowohl in der Schlachtung und Fleischverarbeitung als auch in der Herstellung sonstiger Lebensmittel viele Unternehmen tätig sind, hier vor allem in den Bereichen Fleischverarbeitung, wo auch die kleinen Fleischereien inbegriffen sind, und in der Herstellung von Backwaren, die alle kleinen privaten Bäckereien beinhaltet. Demgegenüber sind in allen anderen Sub-Branchen tendenziell größere Unternehmen tätig, weshalb diese in Relation zur Umsatz- und Energiebedarfsverteilung kleinere Anteile an der Anzahl der Unternehmen in der Branche besitzen.

2.2 Energieeinsatz in der österreichischen Lebensmittelindustrie

Der gesamte Energiebedarf (Endenergie) der österreichischen Lebensmittelherstellung belief sich im Jahr 2011 auf 22,3 PJ. Es wurden vor allem Gas und Öl eingesetzt. Der Anteil erneuerbarer Energien betrug ca. 2,5%, der Großteil davon in Form biogener Energieträger mit einem Anteil von über 90%. Der thermische Energiebedarf bedingt dabei den Großteil des Energieträgereinsatzes mit 71%, der Rest entfällt fast ausschließlich auf Strombedarf in Standmotoren sowie für Beleuchtung und EDV. (Statistik Austria, 2012b) & (Statistik Austria, 2012c) Die Entwicklung des Energieeinsatzes sowie der Energieeffizienz der gesamten Branche seit dem Jahr 2000 zeigt die folgende Abbildung 3.

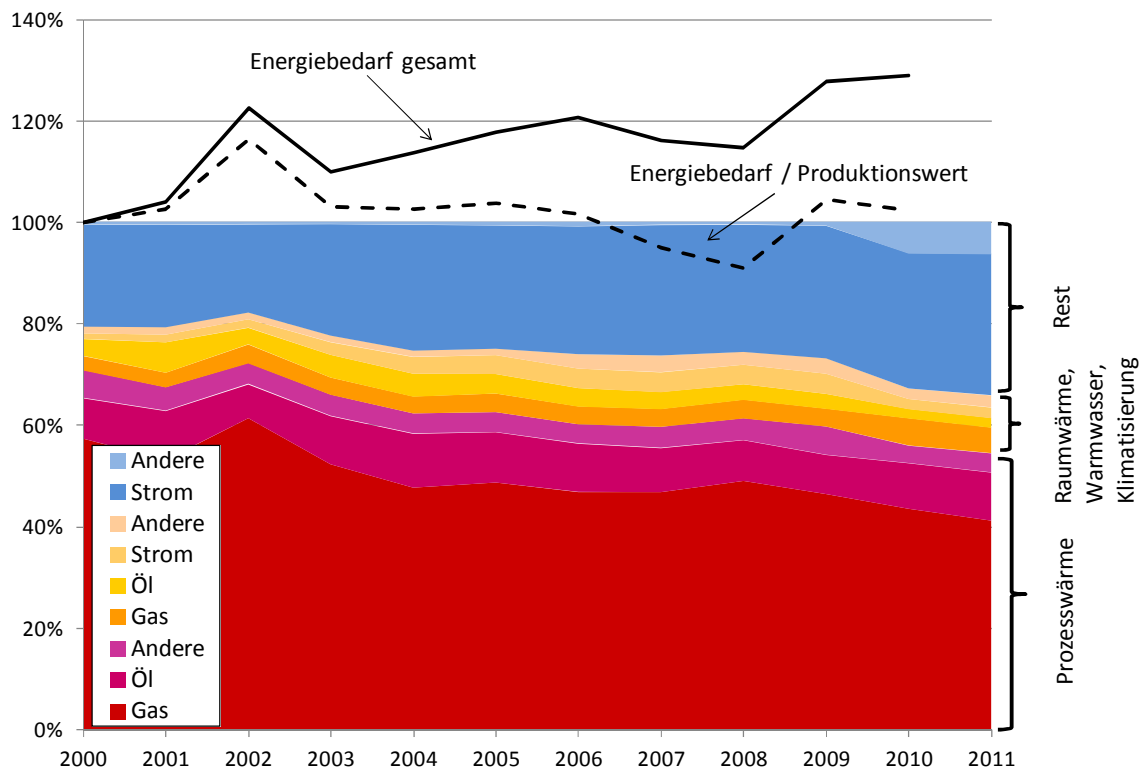


Abbildung 3: Entwicklung des Energieeinsatzes in der Lebensmittelherstellung seit 2000 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis von (Statistik Austria, 2012b), (Statistik Austria, 2012c), (Statistik Austria, 2013))

Der Energiebedarf insgesamt in der Branche ist in den Jahren von 2000 bis 2010 gestiegen, die Energieintensität der Branche (Energiebedarf pro Produktionswert) hat sich hingegen nicht nennenswert verändert. Der Einsatz von Gas und Öl ist insgesamt leicht rückläufig, demgegenüber steigt der Bedarf an Strom. Dies geht einher mit einer Veränderung der Anteile des Energieeinsatzes für verschiedene Anwendungen, hier ist zu bemerken, dass das Gewicht der thermischen Anwendungen rückläufig ist, die strombasierten Anwendungen wie Motoren und Beleuchtung gewinnen an Intensität.

Daten hinsichtlich des Endenergiebedarfs der verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung waren für dieses Projekt nicht verfügbar. Aus diesem Grund wurde eine Aufteilung des Endenergiebedarfs der gesamten Branche auf deren Teilbereiche mit drei verschiedenen Methoden berechnet. Dabei erfolgten zwei unterschiedliche Arten der Verknüpfung von makroökonomischen Daten (Top-Down), sowie einmal die Hochrechnung mittels Detaildaten (Bottom-Up). Dies hatte neben der Visualisierung auch den Zweck die auf Basis von Literatur abgeschätzten Detaildaten für die unterschiedlichen Sub-Branchen zu qualifizieren. Die drei Methoden werden im Folgenden erläutert:

- **Top-Down – Methode 1:** Die Berechnung basierend auf Produktionswerten (PW_{sect}), durchschnittlichen Produktpreisen (p_{sect}) sowie abgeschätzten Werten zum spezifischen thermischen Energieverbrauch je Produktionseinheit ($e_{th,sect}$) in den Sub-Branchen erfolgt entsprechend der folgenden Formel:

$$E_{th,sect} = \frac{PW_{sect} e_{th,sect}}{\bar{p}_{sect}}$$

- **Top-Down – Methode 2:** Die Berechnung erfolgt über die Produktionswerte (PW_{sect}), die Anteile des Energieeinsatzes an den Gesamtkosten ($f_{EK,sect}$) und dem thermischen Anteil am Energiebedarf ($f_{th,sect}$) in den Sub-Branchen, in Kombination mit einem durchschnittlichen Energiepreis (p_E), bestimmt auf Basis des Energiemix der gesamten Lebensmittelherstellung. Den Zusammenhang zeigt die folgende Formel:

$$E_{th,sect} = \frac{PW_{sect} f_{EK,sect} f_{th,sect}}{p_E}$$

- **Bottom-Up:** Die Hochrechnung erfolgt hier anhand der Produktionsmengen wichtiger Güter der Sub-Branchen (Q_{prod}) in Kombination mit spezifischen thermischen Energiebedarfen für die Herstellung dieser Güter ($e_{th,prod}$) entsprechend der folgenden Formel:

$$E_{th,sect} = \sum_{prod \in sect} Q_{prod} e_{th,prod}$$

Die folgende Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Literaturquellen, die für die Hochrechnungen in den verschiedenen Sub-Branchen herangezogen wurden.

Tabelle 1: Primäre Datenquellen für die Hochrechnung des thermischen Energiebedarfs

Branche	NACE (2003)	Produktionsmenge	Spezifischer Energiebedarf
Schlachthäuser und Fleischverarbeitung	151	(Statistik Austria, 2012d)	(LfU, 2001)
Fischverarbeitung	152	-	-
Obst- und Gemüseverarbeitung	153	(BMLFUW, 2010)	(Ramírez et al., 2006a)
Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten	154	(Statistik Austria, 2012d)	(Andersson et al., 1998)
Milchverarbeitung und Herstellung von Speiseeis	155	(Austria-Forum, 2013), (Statistik Austria, 2012e)	(Ramírez et al., 2006a)
Mahl- und Schälmaschinen, Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnissen	156	(AEA, 2012), (Zuckerforschung Tulln Ges. m. b. H., 2013), (SAATBAU LINZ, 2013)	(Lauterbach et al., 2011), (AEA, 2012)
Herstellung von Futtermitteln	157	(AEA, 2012)	(Lauterbach et al., 2011)
Herstellung von sonstigen Nahrungs- und Genussmitteln	158	(Schneider and Scherhauser, 2009)	(Lauterbach et al., 2011)
Getränkeherstellung	159	(Statistik Austria, 2012f), (Statistik Austria, 2012g), (Forum-Mineralwasser, 2013)	(Baerbel Epp, 2009), (Point et al., 2012)

Eine Aufschlüsselung des Energiebedarfs auf die unterschiedlichen Sub-Branchen mittels der drei beschriebenen Methoden ist in der folgenden Abbildung 4 dargestellt. Sie zeigt auf der linken Seite die Gegenüberstellung der Hochrechnungsergebnisse für den thermischen Energiebedarf in den verschiedenen Sub-Branchen. Auf der rechten Seite erfolgt eine Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse und der Daten aus der Nutzenergieanalyse für die gesamte Branche.

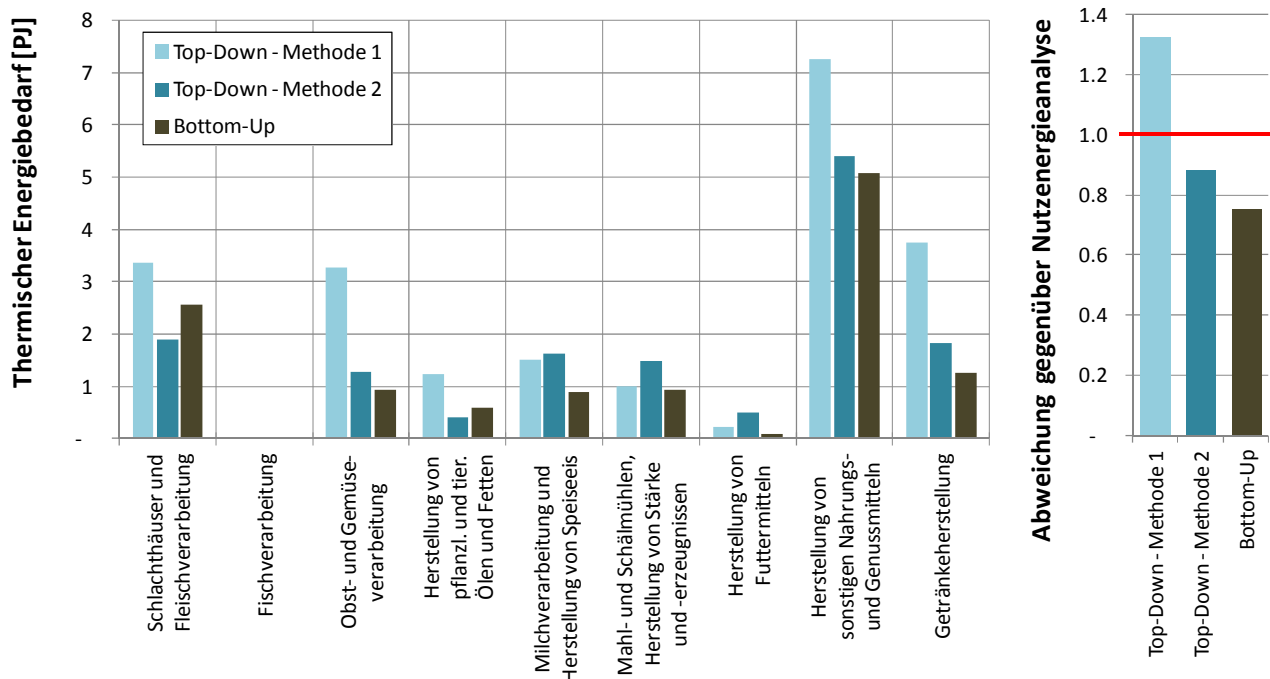


Abbildung 4: Energiebedarf der österreichischen Lebensmittelherstellung nach Subbranchen und Art des Energiebedarfs (linke Seite), Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse und der Daten aus der Nutzenergieanalyse für die gesamte Branche (rechte Seite) (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf den Quellen in Tabelle 1)

Die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungen zeigen im Detail nennenswerte Unterschiede, die sich einerseits im thermischen Bedarf summiert über die gesamte Lebensmittelindustrie (siehe Abbildung 4, rechte Seite) zeigen, andererseits ergibt sich eine leicht unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Sub-Branchen in den verschiedenen Hochrechnungsvarianten. Die wichtigen Branchen bezogen auf den Energiebedarf sind dabei aber in allen Hochrechnungen die gleichen (siehe Abbildung 4, linke Seite). Eine Gegenüberstellung mit der nationalen Nutzenergiebilanz zeigt, dass Top-down – Methode 1 den Bedarf tendenziell überschätzt, Top-Down – Methode 2 und Bottom-Up unterschätzen in der Tendenz den Bedarf. Bei der bottom-up Hochrechnung über Mengen wichtiger Produkte und deren spezifische thermische Energiebedarfe liegt eine Unterschätzung grundsätzlich nahe, da nicht alle hergestellten Produkte in die Berechnung mit eingeflossen sind, sondern nur mengenmäßig relevante Produkte, die Summe der in geringen Mengen hergestellten Produkte bleibt damit unberücksichtigt. Demgegenüber erscheint auch die Überschätzung aus Top-down – Methode 1 naheliegend. Zur Abschätzung spezifischer thermischer Energiebedarfe je Produktionseinheit aus einer Sub-Branche wurden die mengenmäßig wichtigen und energierelevanten Produkte sowie deren spezifische thermische Energiebedarfe kombiniert, es erfolgte also eine gewichtete Hochrechnung der spezifischen thermischen Bedarfe je Sub-Branche und Produktionseinheit. Da hierbei die spezifischen thermischen Energiebedarfe wenig energieintensiver Produkte tendenziell unterrepräsentiert sind, liegt eine Überschätzung des spezifischen thermischen Bedarfs nahe. Ein ähnliches Bild der Abweichungen zwischen den verschiedenen Hochrechnungsmethoden wie für die gesamte Branche zeigt sich für die Sub-Branchen Obst- und Gemüseverarbeitung, Getränkeherstellung und sonstige Nahrungsmittel. Im

Bereich der Schlachtung und Fleischverarbeitung sowie bei der Herstellung von Fetten und Ölen liegen die Methoden Top-Down 1 und Bottom-up deutlich über der Hochrechnung in Top-Down 2, bei der Milchverarbeitung und den Mühlenprodukten deutlich darunter. Dies deutet auf entsprechende Abweichungen der aus der gewichteten Abschätzung resultierenden spezifischen Bedarfswerte. Da einerseits die grundlegende Tendenz in der resultierenden Gewichtung der Sub-Branchen in den verschiedenen Berechnungsmethoden die gleiche ist, und da andererseits keine belastbaren Daten für eine Anpassung dieser Gewichtung vorliegt, wird für die Aufteilung des thermischen Energiebedarfs der gesamten Lebensmittelherstellung auf die verschiedenen Sub-Branchen ein gemittelter Verteilungsschlüssel aus den drei unterschiedlichen Methoden herangezogen. Die resultierende Aufteilung des thermischen Energiebedarfs ist in Abbildung 2 dargestellt.

Mit Daten aus der Aurelia Datenbank zu österreichischen Unternehmen wurde über deren Umsätze, durchschnittliche Produktpreise und spezifische Bedarfe auf Sub-Branchen-Ebene deren thermischer Energiebedarf abgeschätzt. Dies entspricht der oben beschriebenen Top-Down – Methode 1, wobei für die Hochrechnung auf Ebene der Sub-Branchen Produktionswerte auf ÖNACE 3-Steller Ebene aus der Leistungs- und Strukturstatistik verwendet wurden, in dieser Hochrechnung wurden die Umsatzdaten aus der Aurelia Datenbank verwendet. Ziel dieser Hochrechnung ist auf der einen Seite die Abschätzung der Verteilung des thermischen Energiebedarfs auf die Unternehmen in der Branche. Andererseits werden im Rahmen der Szenarienentwicklung mit dem Modell ViSTRA konkrete Unternehmen simuliert, diese werden entsprechend ihrer Relevanz für die Untersuchungen zufällig ausgewählt. Da konkret die Entwicklung des thermischen Energiebedarfs der Branche in den Szenarien untersucht werden soll, definiert sich die Relevanz des einzelnen Unternehmens über dessen thermischen Energiebedarf⁸. Die folgende Abbildung 5 zeigt die Verteilung der abgeschätzten thermischen Energiebedarfe auf die Unternehmen in der Branche in kumulierter Darstellung.

⁸ Die Vorgehensweise bei der Auswahl der Unternehmen für die Simulationen mit dem Modell ViSTRA wird in Kapitel 6.1 Seite 74 beschrieben.

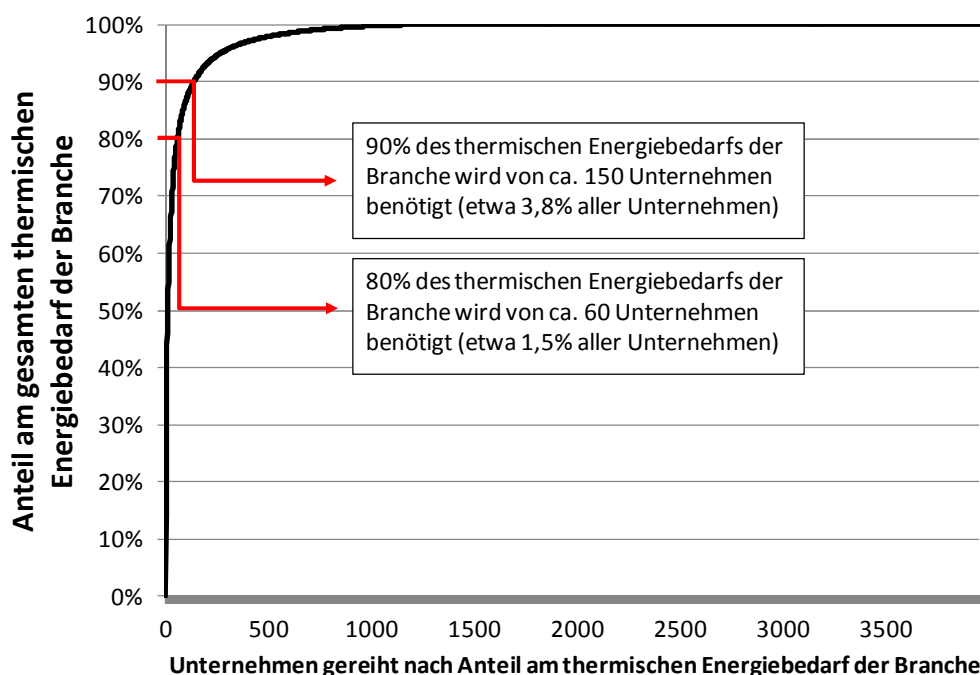


Abbildung 5: Abschätzung des thermischen Energiebedarfs der österreichischen Lebensmittelindustrie auf Unternehmensebene (relativ) (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Daten aus der Aurelia Datenbank und den Quellen in Tabelle 1)

Diese Abschätzungen zeigen eine klare Dominanz weniger Unternehmen in der Branche, rund 60 Unternehmen benötigen etwa 80% des thermischen Energiebedarfs der gesamten Branche, dies entspricht etwa 1,5% aller Unternehmen in der österreichischen Lebensmittelherstellung, rund 150 Unternehmen machen etwa 90% des gesamten Bedarfs aus. Bei dieser Verteilung handelt es sich um eine Abschätzung der thermischen Bedarfe auf Unternehmensebene, welche die grundlegende Tendenz der Größenverteilung widerspiegelt. In der Realität ist damit zu rechnen, dass die Breite der Verteilung etwas unterschätzt wird, dass also manche großen Unternehmen mit hohen Umsätzen keine entsprechend abgeschätzten thermischen Energiebedarfe aufweisen. Dies liegt zum einen daran, dass manche Unternehmen mit hohen Umsätzen Herstellungsprozesse in Lohnarbeit durchführen lassen, wodurch diese thermischen Bedarfe nicht in diesem Unternehmen anfallen und darüber hinaus auch doppelt gerechnet werden, wieder bei einem anderen großen Unternehmen. Zum anderen handelt es sich bei manchen großen Unternehmen, die offiziell in der Lebensmittelherstellung tätig sind, um einen Zusammenschluß von mehreren kleineren Unternehmen. Hier kommt es zu einer Doppelzählung mit hoher Gewichtung. Eine Verwendung der absoluten Werte für einzelne Unternehmen aus der Hochrechnung ist in weiterer Folge durch die genannten Gründe nicht sinnvoll.

2.3 Auswahl der Sub-Sektoren und Unit Operations für die Detail-Analyse

Die österreichische Lebensmittelherstellung besteht aus einer Vielzahl an Sub-Branchen. Um daraus jene Prozesse (im Weiteren auch Unit Operations (UO) genannt) für die weiteren Prozessmodelle im Branchenkonzept und Berechnungen auswählen zu können, wurde zuerst eine Auswahl an Sub-Branchen getroffen, welche im Anschluss näher betrachtet werden. Die Auswahl der Sub-Branchen

basiert einerseits auf der Anzahl der Unternehmen in den jeweiligen Sektoren (Multiplizierbarkeit) und andererseits auf den Temperaturprofilen der Prozesse der jeweiligen Sub-Branchen und damit deren Eignung für die Integration von Solarthermie. Die Anzahl der Unternehmen wurde als Auswahlkriterium gewählt, da im Rahmen des Projektes Solar Foods ein Branchenkonzept für die gesamte Lebensmittelindustrie erstellt werden soll und Subsektoren mit einer sehr geringen Anzahl an Betrieben nicht als repräsentativ für die gesamte Lebensmittelbranche angesehen werden können. Als zweites Auswahlkriterium wurden die Temperaturprofile der UO herangezogen. Zu beachten ist dabei, dass durch den geplanten Einsatz von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren Temperaturen über 120 °C nur schwer realisierbar sind. Der Einsatz wurde auf Flach- und Vakuumröhrenkollektoren beschränkt, da die Anwendung von derzeit auf dem Markt vorhandenen konzentrierenden Kollektorsystemen aufgrund der geringen Anzahl an Jahresstunden mit direkter Sonneneinstrahlung in Österreich nicht wirtschaftlich wäre (Brunner, 2011). Die Sub-Branchen der österreichischen Lebensmittelindustrie mit der jeweiligen Anzahl der Unternehmen sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Subsektoren der Lebensmittelindustrie mit Anzahl der Unternehmen

NACE Code	15 Nahrungs- und Genussmittel und Getränke	4.057
151	Schlachthäuser und Fleischverarbeitung	1.120
1511	Schlachthäuser (ohne Geflügelschlächtereien)	152
1512	Geflügelschlächtereien	12
1513	Fleischverarbeitung	956
152	Fischverarbeitung	5
1520	Fischverarbeitung	5
153	Obst- und Gemüseverarbeitung	114
1531	Verarbeitung von Kartoffeln	5
1532	Herst. v. Frucht- und Gemüsesäften	47
1533	Verarbeitung von Obst und Gemüse a.n.g	62
154	Herst. v. pflanzl.u.tierischen Ölen u.Fetten	54
1541	Herst. v. rohen Ölen und Fetten	32
1542	Herst. v. raffinierten Ölen und Fetten	19
1543	Herst. v. Margarine u.ä.Nahrungsfetten	3
155	Milchverarbeitung; Herst. v. Speiseeis	156
1551	Milchverarbeitung	150
1552	Herst. v. Speiseeis	6
156	Mahl- u.Schälmühlen, Herst. v. Stärke u.-erz.	146
1561	Mahl- und Schälmlmühlen	144
1562	Herst. v. Stärke und Stärkeerzeugnissen	2
157	Herst. v. Futtermitteln	51
1571	Herst. v. Futtermitteln für Nutztiere	42
1572	Hest. v. Futtermitteln für sonstige Tiere	9
158	Herst. v. sonstigen Nahrungs- u.Genussmitteln	2.092
1581	Herst. v. Backwaren (ohne Dauerbackwaren)	1.912
1582	Herst. v. Dauerbackwaren	17
1583	Herst. v. Zucker	1
1584	Herst. v. Süßwaren (ohne Dauerbackwaren)	25
1585	Herst. v. Teigwaren	44
1586	Verarbeitung von Kaffee und Tee	19
1587	Herst. v. Würzen und Soßen	21
1588	Herst. v. homogen. u.diätetischen Nahrungsm.	7
1589	Herst. v. sonst. Nahrungs- u.Genussm. a.n.g.	46
159	Getränkeherstellung	319
1591	Herst. v. Spirituosen	113
1592	Alkoholbrennerei	3
1593	Herst. v. Wein	55
1594	Herst. v. Apfelwein u.sonstigen Fruchtweinen	4
1596	Herst. v. Bier	63
1597	Herst. v. Malz	3
1598	Gewinnung u. Abfüllung natürl. Mineralwässer	78

Im ersten Schritt wurden die Subsektoren anhand der Anzahl der Unternehmen eingegrenzt. Subsektoren mit weniger als zehn Unternehmen wurden ausgeschlossen. Durch die erste grobe

Einschränkung fielen der Fischverarbeitungssektor, die Verarbeitung von Kartoffeln, die Herstellung von Margarine und ähnlichen Nahrungsfetten, die Herstellung von Speiseeis, die Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnissen, die Herstellung von Futtermittel für sonstige Tiere, die Herstellung von Zucker, die Herstellung von homogenisierten und diätetischen Nahrungsmitteln, Alkoholbrennereien, die Herstellung von Apfelwein und sonstigen Fruchtweinen und die Herstellung von Malz weg.

Im zweiten Schritt erfolgte eine Betrachtung der Temperaturprofile der UO der grob eingegrenzten Sub-Branchen. Dabei konnte die Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten ausgegrenzt werden, da viele UO (Desodorierung, Neutralisation, Bleichen) in einem Temperaturbereich von 110-270 °C ablaufen (European Commission, 2006).

Der Subsektor Mahl- und Schälsmühlen konnte ebenfalls ausgeschlossen werden, da angenommen werden kann, dass beim Mahlen und Schälen von Getreide keine thermische Energie zum Einsatz kommt. Des Weiteren wurde die Herstellung von Futtermittel ausgeschlossen, da nur jene Subsektoren betrachtet werden sollen, die für den menschlichen Verzehr geeignete Produkte herstellen.

Die Herstellung von Süßwaren (Beispiel: Schokolade – großteils 100-150 °C (Brunner, 2011), (European Commission, 2006)) und die Verarbeitung von Kaffee und Tee (großteils 100-260 °C (European Commission, 2006), (BMWFJ, 2009)) wurden ebenfalls aufgrund der hohen Temperaturprofile für eine weitere Betrachtung ausgeschlossen. Auch die Herstellung von sonstigen Nahrungs- und Genussmitteln a.n.g. wird aus einer näheren Betrachtung ausgeschlossen, da die Angabe von sonstigen Nahrungs- und Genussmitteln zu unspezifisch ist.

Im Getränkesektor konnte die Herstellung von Wein ausgeschlossen werden, da hauptsächlich Kühlprozesse anfallen und z.B. Pasteurisation durch Erwärmung auf 60-65 °C nur selten angewendet wird (Bates et al., 2001). Bei der Herstellung von Wein, Bier, Spirituosen und bei der Abfüllung von Mineralwässern wird zur Reinigung von Flaschen (Flaschenreinigungsanlage) ein maximales Temperaturniveau von 80-85 °C benötigt. Dies ist allgemein im gesamten Getränkesektor gleich bzw. ähnlich (Gentzow, 2011). Deshalb wurde stellvertretend für den Getränkesektor die Herstellung von Bier näher betrachtet, da der Brauprozess aus vielen UO besteht, die unter anderem auch in anderen Getränke-Subsektoren vorkommen (Reinigung von Flaschen, Pasteurisieren, Würzekochen, Maischen (u.a. auch bei Herstellung von Bränden (BMWFJ, 2009) etc.).

Ein Grund für den Ausschluss der Herstellung von Teigwaren war, dass es nur einen großen Betrieb zur Herstellung von Teigwaren in Österreich gibt und die restlichen Teigwarenhersteller fast ausschließlich sehr kleine Unternehmen bzw. Ein-Personen-Unternehmen sind und deshalb als wenig repräsentativ angesehen werden können. Weiters weist die Herstellung von Teigwaren große produktionstechnische Ähnlichkeiten mit der Herstellung von Dauerbackwaren auf. Deshalb können die UO und deren spezifischen Energieverbräuche und Temperaturen vergleichsweise von den Dauerbackwarenerzeugern herangezogen werden und müssen nicht einer eigenen detaillierten Betrachtung unterzogen werden.

Der Subsektor zur Herstellung von Würzen und Soßen für Österreich ist für unsere Analyse nicht sehr interessant, da es in Österreich bereits einen Gewürzherstellungsbetrieb (Moguntia-Werke Gewürzindustrie GmbH, Tirol) mit einer solarthermischen Anlage gibt und dieser Sektor aufgrund der eher geringen Anzahl an Betrieben somit nicht detaillierter betrachtet werden muss, da die Erfahrungen aus Moguntia weitestgehend auf andere Betriebe in diesem Sektor übertragbar sind.

Aufgrund der Restriktionen anhand der Anzahl der Unternehmen und der jeweiligen Temperaturprofile wurden die in Tabelle 3 ersichtlichen Subsektoren für eine nähere Betrachtung ausgewählt.

Tabelle 3: Ausgewählte Subsektoren der Lebensmittelindustrie

Ausgewählte Subsektoren	Anzahl der Unternehmen
Schlachthäuser und Geflügelschlächtereien	164
Fleischverarbeitung	956
Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften	47
Verarbeitung von Obst und Gemüse	62
Milchverarbeitung	150
Herstellung von Backwaren	1.912
Herstellung von Dauerbackwaren	17
Getränkeherstellung (Fokus: Herstellung von Bier)	319 (63)

In der Sub-Branche Schlachthäuser, Geflügelschlächtereien und Fleischverarbeitung sind gemeinsam 1.120 Unternehmen tätig. Aufgrund der großen Präsenz in Österreich und wegen vieler UO überwiegend im Bereich unter 100 °C ist die Auswahl des Subsektors für eine detailliertere Betrachtung offensichtlich. Ähnlich verhält sich dies mit der Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren. Der Entschluss für eine nähere Betrachtung liegt vor allem aufgrund der hohen Unternehmensanzahl nahe.

Weiters fiel die Entscheidung auch auf die Milchverarbeitende Industrie, da diese neben den 150 Betrieben ebenfalls viele UO (Pasteurisieren, Trocknen, Aufkonzentrieren, Reinigen etc.) in Temperaturbereichen unter bzw. um 100 °C aufweisen bzw. je nach eingesetzter Technologie fast alle Prozesse bei unter 100 °C ablaufen können. Sehr ähnlich ist dies bei der Verarbeitung von Obst und Gemüse bzw. bei der Obst- und Gemüsesaftherstellung. Nahezu alle UO laufen bei Temperaturen unter 100 °C ab und bieten somit eine gute Möglichkeit einer effizienten solarthermischen Einbindung (bezogen auf die österreichische Klimazone).

Die Sub-Branche der Getränkeherstellung umfasst 319 Betriebe in Österreich. Wie bereits oben erwähnt wird hier die Herstellung von Bier stellvertretend für den Getränkesektor ausgewählt und für eine nähere Betrachtung herangezogen. Die Auswahl der Getränkeherstellung erfolgt aufgrund der hohen Anzahl an Betrieben und aufgrund der niedrigen Prozesstemperaturen.

2.4 Rechts- und Förderrahmen

Rechtsrahmen

Rechtliche Rahmenbedingungen für die Unternehmen der Lebensmittelherstellung betreffen grundlegend die Aspekte Kennzeichnung, Verpackung, Hygiene, Kontrollen sowie Umweltauswirkungen. Das 2006 verabschiedete Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz⁹ (LMSVG) bildet dabei einen rechtlichen Rahmen zur Qualitätssicherung, der alle Bereiche der Lebensmittelbereitstellung vereint, ausgehend von der landwirtschaftlichen Produktion über die Bearbeitung und Umwandlung, bis

⁹ In aktueller Fassung verfügbar unter www.bmgfj.gv.at

zum Handel (vgl. (Aicher, 2009)). Für die Subbranchen, für die ein hohes Potential für die Integration von Solarthermischen Anlagen wahrscheinlich ist, wurde zusätzlich das Österreichische Lebensmittelbuch (Codex Alimentarius Austriacus) gesichtet¹⁰, welches in erster Linie Begriffsbestimmungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsgrundsätze beinhaltet. Sowohl im LMSVG als auch im Codex Alimentarius Austriacus werden keine Vorschriften hinsichtlich der Temperaturen für bestimmte Prozessschritte gemacht. Es ist vielmehr notwendig bestimmte Keimkonzentrationen in den Produkten nicht zu überschreiten. Die Temperaturen von Sterilisation und Pasteurisation, die aus hygienischen Gründen erreicht werden müssen, können mit solarthermischen Systemen in Österreich auch mit den bestehenden Technologien bereitgestellt werden. In dieser Hinsicht gibt es durch den rechtlichen Rahmen keine Einschränkung für die Anwendbarkeit von Solarthermie. Auf der anderen Seite haben die Firmenuntersuchungen auch gezeigt, dass Reinigungsprozesse vor allem in kleineren Unternehmen derzeit teilweise mit kaltem Wasser durchgeführt werden. In diesem Bereich ist damit zu rechnen, dass die bestehenden Kaltwassersysteme durch steigende Anforderungen an die Hygiene mittelfristig auf Warmwassersysteme mit Temperaturen im Bereich von etwa 60°C umgestellt werden. Hier besteht daher ein deutliches Potential für den Einsatz von Solarthermie.

Rechtliche Bestimmungen zur Reinhaltung von Wasser, Luft und Boden werden in der seit Anfang des Jahres 2011 geltenden Industrieemissionsrichtlinie zusammengefasst (European Parliament, 2010). Diese ersetzt eine Reihe alter Verordnungen und schafft damit einen gemeinsamen rechtlichen Rahmen für die Vermeidung und Verminderung von Abfällen und von Emissionen in Luft, Wasser und Boden. Die Richtlinie verpflichtet Betreiber von Industrieanlagen zur Anwendung der „Besten Verfügbaren Technologien“ (BVT). Sogenannte „BVT“-Dokumente fassen dabei den Stand hinsichtlich der BVT in den unterschiedlichen Industrien zusammen. Sie werden von der EU-Kommission verfaßt und resultieren aus einem langjährigen Diskussionsprozess zwischen Behörden, Industrie und Umweltorganisationen. Im Gegensatz zur Vorgängerversion, bilden in der neuen Industrieemissionsrichtlinie die aus den BVT-Dokumenten entwickelten BVT-Schlussfolgerungen im Weiteren eine bindende Basis für die Genehmigung von Industrieanlagen. Da die Lebensmittelindustrie im Vergleich zu anderen Industriesparten deutlich geringere Umweltauswirkungen verursacht gelten die Bestimmungen in den BVT-Schlussfolgerungen nicht für kleinere Betriebe unter festgelegten Produktionsmengen. Dennoch ist durch diese Neuregelung und verpflichtende Berücksichtigung der BVT-Schlussfolgerungen mit einer Steigerung der Effizienz in der Branche zu rechnen. Einige große Betriebe der Lebensmittelindustrie sind darüber hinaus auch in den Emissionshandel integriert. Dazu zählen in erster Linie verschiedene Standorte der Unternehmen AGRANA und BRAUUNION.

Zur Steigerung der Energieeffizienz in der Europäischen Union wurde am 25. Oktober 2012 vom Europäischen Parlament und Rat die Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz beschlossen (European Parliament, 2012). Diese ersetzt bzw. erneuert dabei verschiedene vorangegangene Richtlinien hinsichtlich Energieeffizienz, die im Hinblick auf die Erreichung der 20-20-20 Ziele der Europäischen Union als nicht weitreichend genug eingestuft wurden. Kernpunkt der Richtlinie ist dabei die bindende Festlegung nationaler Ziele und Zwischenziele zur Effizienzsteigerung, deren Erreichung verpflichtend einzuhalten ist. Im Mittel müssen damit in den Mitgliedsstaaten jährlich Effizienzsteigerungen von 1.5% umgesetzt werden. Die politischen Maßnahmen zur Erreichung der auf der nationalen Ebene

¹⁰ In aktueller Fassung verfügbar unter www.bmgfj.gv.at

festgelegten Ziele können von den Mitgliedsstaaten individuell festgelegt werden, diese müssen aber im Rahmen eines Energie-Effizienz-Aktions-Plans an die Kommission gemeldet werden. Darüber hinaus werden in manchen Bereichen Maßnahmen zwingend vorgeschrieben. Den produzierenden Bereich speziell betrifft dabei die Vorgabe unter Artikel 8 der Richtlinie zu Energieaudits und Energiemanagementsystemen. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollen dabei über Anreize zu Energieaudits bewogen werden, Unternehmen, die keine KMUs sind, müssen bis zum 5.12.2015 nachweislich ein zertifiziertes Energieaudit durchführen und danach alle vier Jahre wiederholen. Große Unternehmen sind von dieser Verpflichtung ausgenommen, wenn sie ein zertifiziertes Energiemanagementsystem einführen. Die Lebensmittelherstellung ist durch eine große Anzahl kleiner und mittlerer Betriebe gekennzeichnet, dennoch dominieren wenige große Unternehmen den thermischen Energiebedarf der Branche (vgl. Kapitel 2.2). Da durch die derzeit geringen Anteile der Energiekosten an den Gesamtkosten der Unternehmen das Wissen um den innerbetrieblichen Energiefluss noch begrenzt ist, ist damit zu rechnen, dass die Richtlinie hier zu entsprechenden Steigerungen der Effizienz führen wird.

Förderrahmen

Zur Steigerung des Einsatzes Erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz in Betrieben des produzierenden Gewerbes und der Industrie existieren in Österreich verschiedene Fördermechanismen auf Bundes- und Länderebene. Dabei können anfallende Kosten durch Informationsbeschaffung, Planung sowie Umsetzung von Maßnahmen je nach Art der Kosten und Innovationsgrad über verschiedene Programme gefördert werden. So kann hinsichtlich der förderbaren Kosten unterschieden werden zwischen Material- und Investitionskosten, interne Personalkosten sowie Dritteisterkosten, der förderbare Innovationsgrad reicht von der Konzeptionierung über die Experimentelle Entwicklung hin zur Investition in marktreife aber noch wenig verbreitete und damit im Vergleich teure Technologien und Maßnahmen. Zur Förderung von Projekten mit hohem Innovationsgrad bestehen auf Bundesebene derzeit in erster Linie die Programme e!MissiOn+.at, Produktion der Zukunft und BRIDGE¹¹, welche über die österreichische Forschungs-Förderungs-Gesellschaft (FFG) abgewickelt werden. In diesen Programmen könne alle genannten Kostenarten zu jeweils unterschiedlichen Anteilen gefördert werden. Diese Programme sind vor allem für die Entwicklung innovativer Prozesstechnologien und -systeme in Richtung einer deutlichen Steigerung der Produktions- und Energieeffizienz sowie zur Entwicklung und Ausreifung innovativer Optionen für eine Integration von Solarthermie- und Biogas-Systeme in die Produktionsprozesse äußerst relevant und essentiell.

Die Förderung von Investitionen in bereits erprobte Technologien und Maßnahmen zur Senkung des Energie- und Ressourceneinsatzes sowie zur Senkung der klimarelevanten Emissionen in der Produktion basiert in erster Linie auf der Umweltförderung im Inland (UFI). Die Abwicklung der UFI wird von der Kommunalkredit Public Consulting (KPC) im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) durchgeführt. Projekte können dabei in verschiedenen Förderungsschwerpunkten eingereicht werden, diese reichen von Erneuerbaren

¹¹ weitere Informationen unter www.ffg.at/ausschreibungen/bridge, www.ffg.at/4-ausschreibung-produktion-der-zukunft bzw. www.klimafonds.gv.at

Energieträgern, biogenen Abfällen und effizienter Energienutzung, über Ressourcenmanagement, Mobilitätsmaßnahmen, klimarelevante Gase, luftverbessernde Maßnahmen, Vermeidung von Lärm und gefährliche Abfälle bis hin zu Forschungsförderung. Im Jahr 2010 wurden über 90 Mio. € vergeben, die meisten Projekte wurden dabei in den Förderschwerpunkten Biomasse (21%), Solaranlagen (15%) sowie bei den betrieblichen Energieeinsparmaßnahmen (13%) bewilligt. Der durchschnittliche Fördersatz in der Periode von 2008 bis 2010 betrug dabei 20,4% bei erneuerbaren Energieträgern, 18,5% bei Energie aus biogenen Abfällen sowie 23,7% bei Projekten zur Steigerung der Energieeffizienz. Im Jahr 2009 wurde die UFI reformiert, wobei in erster Linie die Förderobergrenze gesenkt wurde, um Fördermittel breiter einzusetzen, Pauschalförderungen wurden eingeführt um die Abwicklung zu erleichtern, und Fördersätze wurde teilweise gesenkt und im Gegenzug durch mögliche Zuschläge bei hohem Innovationsgehalt und bei KMU-Status ersetzt. In der Periode von 2008 bis 2010 wurden gut 20% der gesamten Fördermittel im Rahmen der UFI an die Sachgütererzeugung vergeben, damit stellt der produzierende Bereich den zweitwichtigsten Wirtschaftszweig dar, der über die UFI angesprochen wird. Ein höherer Anteil fließt nur an den Sektor Energieversorgung, welcher mit knapp 42% der gesamten Fördermittel den mit Abstand wichtigsten Empfänger von Mitteln aus der UFI darstellt. Im Förderungsbereich Erneuerbare Energien ist für produzierende Betriebe in erster Linie die Förderung von Biomasse Einzelanlagen, Biomasse-KWK-Anlagen und thermischen Solaranlagen relevant. Hinsichtlich der Biomasse-KWK Förderung ist der gewährte Fördersatz an die Nutzung der in der KWK bereitgestellten Wärme geknüpft, bei 100%iger Nutzung kann bis zu 30% der umweltrelevanten Kosten gefördert werden. Solaranlagen ab einer Kollektorfläche von 100 m² werden im Rahmen der UFI mit einem Anteil von 20% der umweltrelevanten Mehrkosten gefördert. Besonders relevant für den produzierenden Sektor im Bereich der Förderung effizienter Energienutzung sind die fossile KWK sowie betriebliche Energiesparmaßnahmen. Fossile-KWK-Anlagen werden mit maximal 25% der umweltrelevanten Investitionskosten gefördert, der Schwerpunkt liegt hier bewusst auf der industriellen KWK, als Voraussetzung für die Förderung ist ein Ausmaß der innerbetrieblichen Nutzung des bereitgestellten Stromes von zumindest 80% vorgeschrieben. Daneben bilden wie bereits erwähnt die betrieblichen Energiesparmaßnahmen einen der wichtigsten Bereiche der UFI mit einem Fördersatz von maximal 30% der umweltrelevanten Investitionen. Unter dem Förderschwerpunkt Energie aus biogenen Abfällen können Biogasanlagen zur reinen Wärmenutzung bzw. Biogas-KWK-Anlagen gefördert werden, deren Stromgewinn nicht als Ökostrom klassifiziert wird. KWK-Anlagen die im Rahmen des Ökostromeinspeisegesetzes gefördert werden, haben die Möglichkeit das Wärmeverteilsystem zur Nutzung der anfallenden Abwärme fördern zu lassen. Biogasanlagen zur Stromerzeugung sind nicht mehr förderungsfähig, diese werden über das Ökostromeinspeisegesetz mit einem durchschnittlichen Einspeisetarif von derzeit 16 Cent/kWh vergütet. (Windsperger et al., 2011)

Für große solarthermische Anlagen existiert neben der Förderung im Rahmen der UFI auch das Solare Großanlageförderprogramm des Klima- und Energiefonds. Hier werden Förderungen für solare Großanlagen ab 100 m² Kollektorfläche u.a. für Projekte zur Prozesswärmebereitstellung vergeben. Bei der zweiten Ausschreibung, die im Jahr 2011 abgewickelt wurde, wurden insgesamt 6 Mio. € vergeben, knapp 250.000 € gingen an Projekt zur Bereitstellung solarer Prozesswärme. Gefördert wurden Projekte zu solarer Prozesswärme mit 40-50% der umweltrelevanten Investitionskosten bis maximal 1800 €/MWh nutzbarer Solarertrag. Seit der Einführung des Programms im Jahr 2010 sind die Förderungen für

Solarthermische Anlagen im Rahmen der UFI deutlich zurückgegangen, dies liegt daran, dass der Fördersatz des Solaren Großanlagenprogramms deutlich höher ist als im Rahmen der UFI.

3 Prozesse in der Lebensmittelindustrie

3.1 Auswahl und Beschreibung relevanter Prozesse

3.1.1 Kriterien zur Auswahl der Unit Operations (UO)

Für diejenigen Sub-Branchen, für die ein besonders hohes Potential zur Integration solarer Wärme identifiziert wurde (vgl. Kapitel 2.3), wurden in weiterer Folge die relevanten Prozesse hinsichtlich des Bedeutung für den gesamten Energiebedarf in den Betrieben sowie auch relevant im Sinne einer Integration von Solarthermie erarbeitet. Die Auswahl und Charakterisierung der relevanten Unit Operations (UO) erfolgt auf Basis des spezifischen thermischen Primärenergiebedarfs und der verbreitet angewendeten Prozesstemperatur. Der spezifische thermische Energiebedarf für die verschiedenen UO wird in weiterer Folge in Kilowattstunden Primärenergie pro Tonne Endprodukt (kWh PE/t Endprodukt) angegeben. In der Literatur werden Daten zum Energieeinsatz für einzelne Prozesse auf verschiedenen Umwandlungsebenen angegeben, die Angaben reichen von Nutzenergie über Endenergie zu Primärenergie. Für die Gegenüberstellung wurden alle Daten in Primärenergie umgerechnet, relevante Anmerkungen zu den Umrechnungen sind unter den jeweiligen Abbildungen zu finden.

Wie angeführt, beruht die Auswahl der UO auch auf den Temperaturniveaus, bei dem die UO betrieben wird. Da konzentrierende Solar-Systeme bei Berücksichtigung der Anzahl der Jahresstunden mit Direktstrahlung in Österreich nicht wirtschaftlich sind, sollen nur Flach- und Vakuumröhrenkollektoren zur Anwendung kommen. Daher ist eine solarthermische Einbindung (von Flach- und Vakuumröhren-Kollektoren) nur in Prozesse mit Temperaturen unter 120 °C möglich bzw. wirtschaftlich sinnvoll. Betrachtet werden dabei die Temperaturen der Prozesse selbst (Prozesstemperaturen) und nicht die derzeitige Temperatur des Versorgungsmediums (Versorgungstemperatur). Da für eine UO unterschiedliche Technologien zum Einsatz kommen können, wurden sowohl der spezifische Primärenergiebedarf als auch das Temperaturniveau als Bandbreite dargestellt, wenn entsprechende Daten für eine UO vorhanden waren. Bei der Betrachtung der UO hinsichtlich ihrer Temperaturen und des spezifischen thermischen Energiebedarfs wurde die Raumheizung als UO ausgeschlossen. Auch die Raumkühlung sowie andere Kühlprozesse sind von der Betrachtung ausgegrenzt, da die Einbindung von Solarthermie, zum Beispiel über solare Kühlung in Verbindung mit Absorptionskälte und konzentrierenden Sonnenkollektorsystemen, in Österreich aufgrund der geringen Anzahl der Jahresstunden mit Direktstrahlung nur bedingt wirtschaftlich ist.

In den folgenden Kapiteln werden nun die relevanten UO hinsichtlich des spezifischen Primärenergiebedarfs und des Temperaturniveaus für die ausgewählten Subsektoren näher betrachtet. Die Bewertung der Relevanz einer UO für deren Anteil am Energiebedarf der gesamten Branche alleine anhand des spezifischen Primärenergiebedarfs ist jedoch nicht vollständig aussagekräftig, erst die Kombination aus spezifischem thermischen Primärenergiebedarf und jährlich bereitgestellter Produktmenge im Vergleich zum Gesamtbedarf der Branche ergibt das tatsächliche Gewicht der UO. Da nicht genügend Daten für eine derartige Gewichtung vorhanden waren, wurde zusätzlich auf die Häufigkeit jeder UO in den unterschiedlichen Sub-Branchen geachtet, da ein häufiges Vorkommen einer

UO im weiteren Sinne auf eine eher größere Verarbeitungsmenge (aller Subsektoren zusammen) schließen lässt.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde eine Vielzahl verschiedener Literaturquellen gesichtet. Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die in die Ergebnisse eingeflossen Studien.

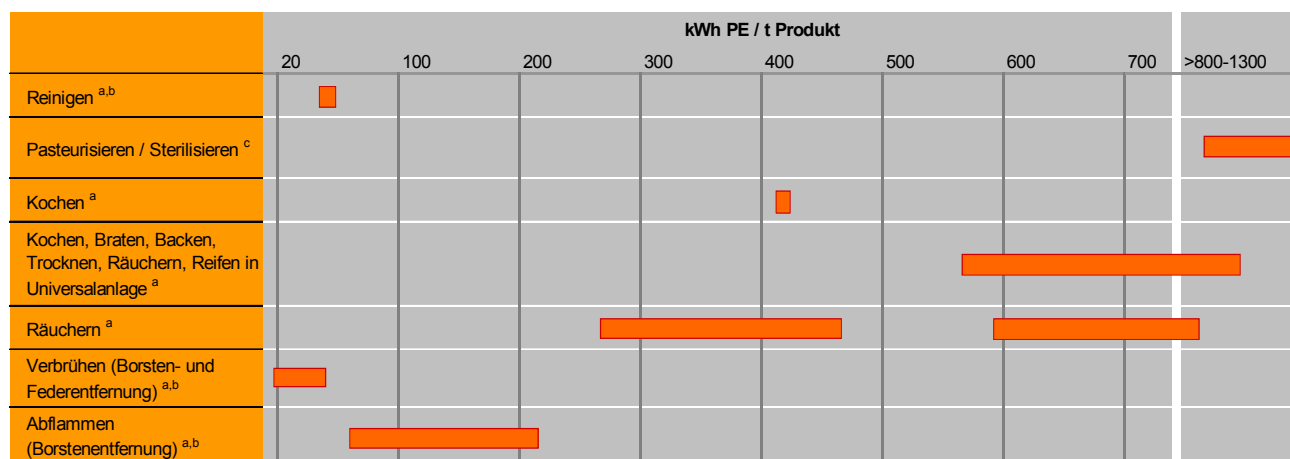
Tabelle 4: Primäre Datenquellen für die Identifikation der Primärenergiebedarfe und Temperaturprofile für einflussreiche Prozesse in den verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung

Branche	Spezifischer Primärenergiebedarf	Temperaturprofil
Schlachthäuser, Geflügelschlächtereien und Fleischverarbeitung	(European Commission, 2005), (BGW, 2004), (European Commission, 2006)	(European Commission, 2006), (BMWFJ, 2009), (European Commission, 2005), (BGW, 2004), (Ramírez et al., 2006b), (LfU, 2001), (Meier, 2004)
Früchte und Gemüse verarbeitende Industrie (inkl. Saffherstellung)	(Waheed et al., 2008), (Masanet et al., 2008), (Sogut et al., 2010), (Andersson et al., 1998), (European Commission, 2006)	(European Commission, 2006), (Bates et al., 2001), (Sogut et al., 2010), (Abubakar et al., 2010), (Azam Ali, 2008), (Sharma and Prasad, 2006), (GEA TDS GmbH, 2011), (Vivar-Quintana et al., 1999), (Nazghelichi et al., 2010), (Kavak Akpinar et al., 2005), (Corzo et al., 2008), (Aghbashlo et al., 2008)
Milchverarbeitende Industrie	(Ramírez et al., 2006a), (Ramírez et al., 2006c), (Xu and Flapper, 2009), (LfU, 2000b),	(European Commission, 2006), (Ramírez et al., 2006c), (LfU, 2000b)
Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren	(LfU, 2000a)	(LfU, 2000a), (European Commission, 2006)
Getränkeindustrie (Herstellung von Bier)	(European Commission, 2006), (Hackensellner and Bühler, 2008), (Kunze, 2007)	(European Commission, 2006), (Kunze, 2007), (Priest and Stewart, 2006), (Galitsky et al., 2003a), (Briggs et al., 2004)

3.1.1.1 Schlachthäuser, Geflügelschlächtereien und Fleischverarbeitung

Relevante Prozesse in der Fleischverarbeitenden Industrie sind Reinigen, Sterilisieren (von Fleischkonserven), Kochen, Räuchern (Warm- und Heißräuchern), Verbrühen (zur Entfernung von Federn und Borsten) und Abflammen (ebenfalls zur Entfernung von Borsten). Neben einer Aneinanderreihung dieser Prozessschritte ist es auch möglich eine Universalanlage einzusetzen.

Abbildung 6 zeigt eine Darstellung der Bereiche des spezifischen Primärenergiebedarfs für die erwähnten Prozesse sowie für eine Universalanlage, welche Kochen, Backen, Braten, Räuchern, Reifen und Trocknen vereint. Es zeigt sich, dass der energieintensivste Prozess in der Fleischverarbeitenden Industrie das Pasteurisieren bzw. Sterilisieren von Fleischkonserven ist. Aber auch das Räuchern (vor allem das Warmräuchern) und die Kombination aus Kochen, Braten, Backen, Räuchern, Trocknen und Reifen in einer Universalanlage sind sehr energieintensive Prozesse. Kochen als alleiniger Prozess weist ebenfalls einen hohen spezifischen Energiebedarf auf.



a) ursprüngliche Angaben in EE; Umrechnungsfaktor EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17; PE-Faktor für Strom = 2,97

b) gesamter spezifischer Energieverbrauch (Strom + Treibstoffe) - Annahme: hauptsächlich Wärmebedarf, somit Umrechnung auf PE mit Faktor 1,17

c) ursprüngliche Angaben in NE (kg Dampf pro t Produkt), Umrechnungsfaktor kg Dampf zu kWh bei 6-8 bar: 0,767 kWh/kg Dampf, Umrechnungsfaktor NE zu EE: 80% Kesselwirkungsgrad und EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17

Abbildung 6: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) für Prozesse in Schlachthäusern, Geflügelschlächtereien und der Fleischverarbeitenden Industrie

Die zur Anwendung kommenden Temperaturen in der Schlachtung und Fleischverarbeitung zeigt die folgende Abbildung 7. In der Branche werden für nahezu alle UO Temperaturen im Bereich unter 100°C benötigt, eine Ausnahme ist hier nur die UO Braten und Backen, wofür Temperaturen deutlich über 150°C benötigt werden.

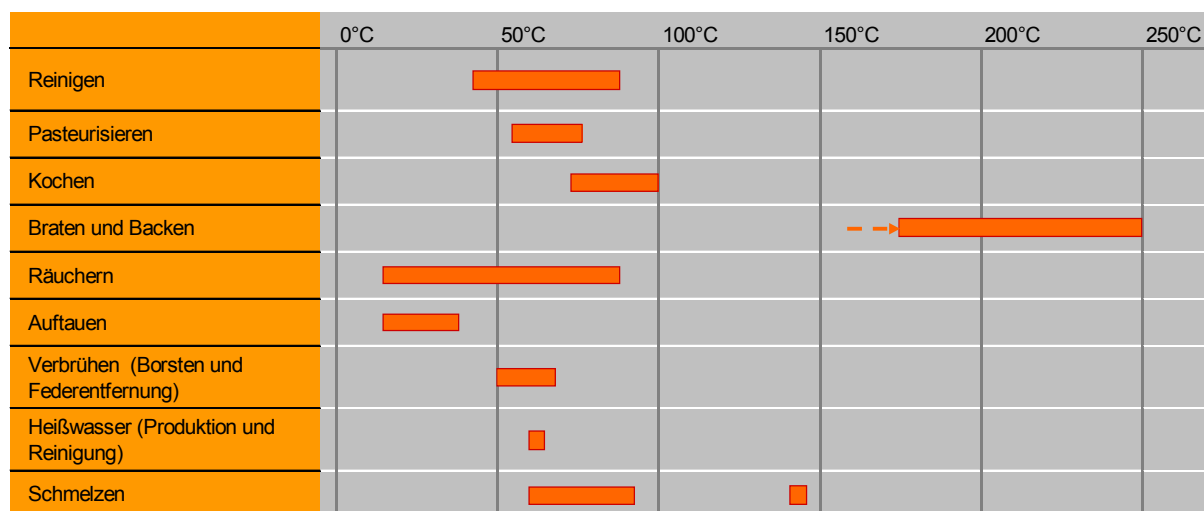
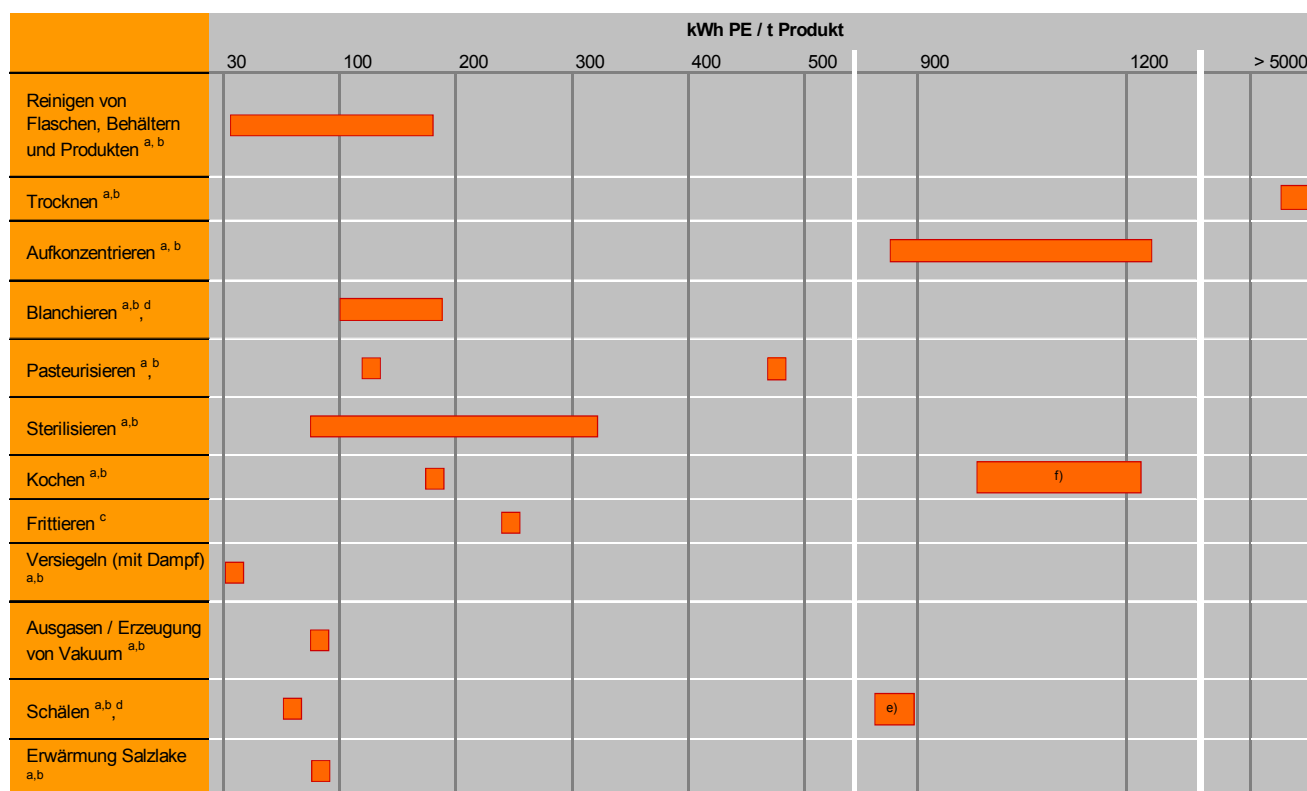


Abbildung 7: Temperaturprofil der Prozesse in Schlachthäusern, Geflügelschlächtereien und Fleischverarbeitenden Betrieben

3.1.1.2 Früchte und Gemüse verarbeitende Industrie (inkl. Safftherstellung)

In der Früchte und Gemüse verarbeitenden Industrie (inklusive Safftherstellung) werden eine Reihe an verschiedenen Prozessen (UO) eingesetzt, Abbildung 8 zeigt die spezifischen Primärenergiebedarfe für die in diesem Subsektor typischen UO. Die Trocknung und die Aufkonzentrierung stechen dabei mit einem spezifischen Bedarf von über 900 kWh Primärenergie pro Tonne Endprodukt klar hervor. Auch das Schälen und Kochen von Kartoffeln ist ein sehr energieintensiver Prozess, während das Schälen und Kochen von anderen Früchte- und Gemüsesorten weniger energieintensiv ist. Betrachtet man die UO Pasteurisation scheint diese von den UO mit einem spezifischen PE-Verbrauch unter 500 kWh/t zumindest teilweise am energieintensivsten zu sein. Der höhere Pasteurisationswert (~ 475 kWh/t - Berechnung mit Daten aus (Waheed et al., 2008)) bezieht sich aber auf die Pasteurisation von Orangensaft in einer nigerianischen Fabrik, in welcher möglicherweise Technologien, die nicht dem Stand der Technik entsprechen, zum Einsatz kommen. Deshalb ist der hohe Wert eher unwahrscheinlich für die österreichische Situation. Der untere Wert, welcher aus dem Leitfaden (Masanet et al., 2008) für Energie- bzw. Produktionsverantwortliche entnommen wurde, bezieht sich ebenfalls auf die Pasteurisation von Frucht- und Gemüsesäften und hat, da man vom Stand der Technik ausgehen kann, vermutlich mehr Aussagekraft für die österreichische Situation. Eine weitere interessante UO stellt die Sterilisation dar. Die Bedarfswerte variieren zwischen ~ 95 und 312 kWh/t, abhängig vom jeweils zu sterilisierenden Endprodukt (niedrige Werte für Säfte, mittlere Werte für Frucht- und Gemüsekonserven, hohe Werte für Tomatenpaste). Weiters ist in Abbildung 8 ersichtlich, dass das Frittieren auch ein relativ energieintensiver Prozess ist. Alle anderen UO weisen im Vergleich zum Trocknen, Aufkonzentrieren, Frittieren und teilweise Sterilisieren einen eher geringen spezifischen thermischen Energiebedarf auf und bieten daher in absoluten Werten wenig Potential für Einsparungen.



- a) ursprüngliche Angaben in NE Dampf, Umrechnungsfaktor NE zu EE: 80% Kesselwirkungsgrad und EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17
b) ursprüngliche Angaben in NE Heißwasser, Umrechnungsfaktor NE zu EE: 90% Kesselwirkungsgrad und EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17
c) ursprüngliche Angaben in EE, Umrechnungsfaktor EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17
d) Dampf bei 6-8 bar: 0,767 kWh/kg
e) 900 NE [Btu/lb] = 850 PE [kWh/t] für Kartoffel schälen
f) Vorkochen und Kochen von Kartoffeln - 1300 NE [Btu/lb] = 1090-1230 [PE kWh/t]

Abbildung 8: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Früchte- und Gemüseverarbeitende Industrie (inkl. Safftherstellung)

Betrachtet man das Temperaturprofil der UO (siehe Abbildung 9), ist klar zu erkennen, dass die UO Frittieren für eine Integration von Solarthermie ungeeignet ist, da diese bei Temperaturen zwischen 160-190 °C abläuft und dieses Temperaturniveau durch den Einsatz von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren nicht erreicht werden kann. Alle weiteren UO weisen Temperaturniveaus auf, bei denen eine solarthermische Einbindung, bezogen auf den Einsatz von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren in Österreich, plausibel erscheint.

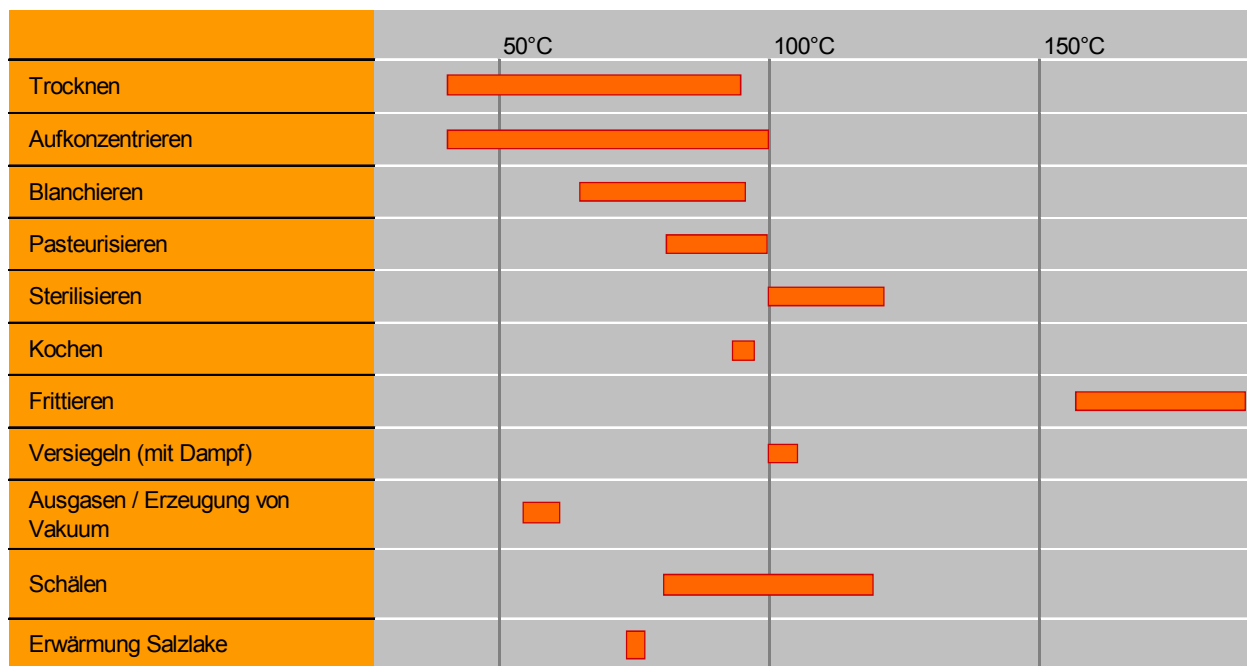
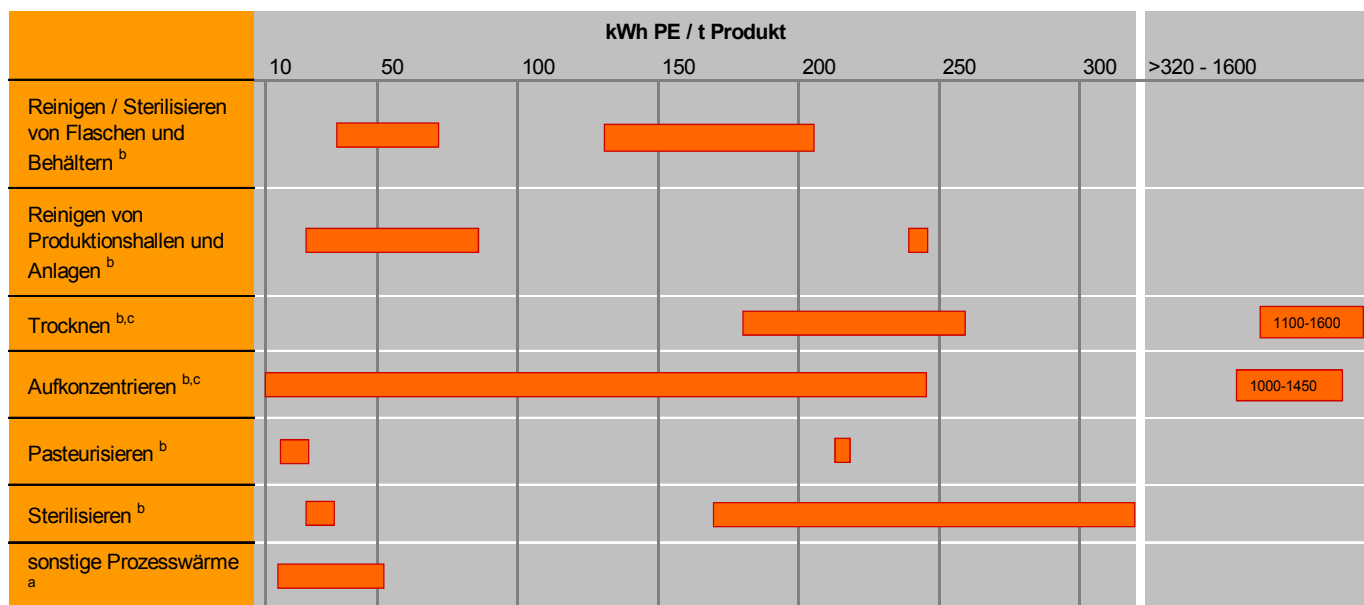


Abbildung 9: Temperaturprofil der Prozesse in der Früchte und Gemüse verarbeitende Industrie (inkl. Safftherstellung)

3.1.1.3 Milchverarbeitende Industrie

Wichtige Prozesse in der Milchverarbeitenden Industrie sind die Reinigung bzw. die Sterilisation von sowohl Flaschen und Behältern als auch Produktionshallen und Anlagen, die Trocknung (von Milch- und Molkepulver), die Aufkonzentrierung (als Vorschritt der Milch- und Molkepulverproduktion, zur Herstellung von Kondensmilch), die Pasteurisation und die Sterilisation (von Rohmilch, Rahm etc.). Für diese Prozesse sind die Bereiche des spezifischen Primärenergiebedarfs in Abbildung 10 dargestellt. Unter dem Punkt sonstige Prozesswärme sind Erwärmungsprozesse für die Rahmverarbeitung, Butterherstellung, Joghurtproduktion und Fermentation zusammengefasst. Aus Abbildung 10 ist klar ersichtlich, dass, je nach eingesetzter Technologie, die Trocknung, Aufkonzentrierung und Sterilisation den höchsten spezifischen Energiebedarf aufweisen und somit im Hinblick auf eine Steigerung der Energieeffizienz am vielversprechendsten sind.

Betrachtet man neben den Energieverbrauchsdaten noch die Temperaturprofile (siehe Abbildung 11), erkennt man, dass die Trocknungs- und Aufkonzentrierungsprozesse in der Milchindustrie sowohl bei niedrigen (50-75 C – meist erreichbar durch Vakuumbetrieb) als auch bei höheren (um 100 bis 150 C) Temperaturen ablaufen können und somit für eine solarthermische Einbindung geeignet sind und auch großes Potential aufweisen, um das derzeitige Temperaturniveau senken zu können. Da bei der Sterilisation eher höhere Temperaturen (115-150 C) zum Einsatz kommen, scheint dieser Prozess für eine Integration von Solarthermie eher ungeeignet, jedoch könnte durch den Einsatz von neuen Technologien möglicherweise das Temperaturniveau herabgesetzt werden. Ausgehend von geeigneten Temperaturniveaus würden sich auch die Reinigungsprozesse für eine nähere Betrachtung eignen.



a) ursprüngliche Angaben in NE, Umrechnungsfaktor NE zu EE: 80% Kesselwirkungsgrad und EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17

b) ursprüngliche Angaben in EE, Umrechnungsfaktor EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17

c) Daten aus Produivel statistics: Angaben in: specific energy consumption (SEC) of fuel and heat - Annahme EE

Abbildung 10: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Milchverarbeitenden Industrie

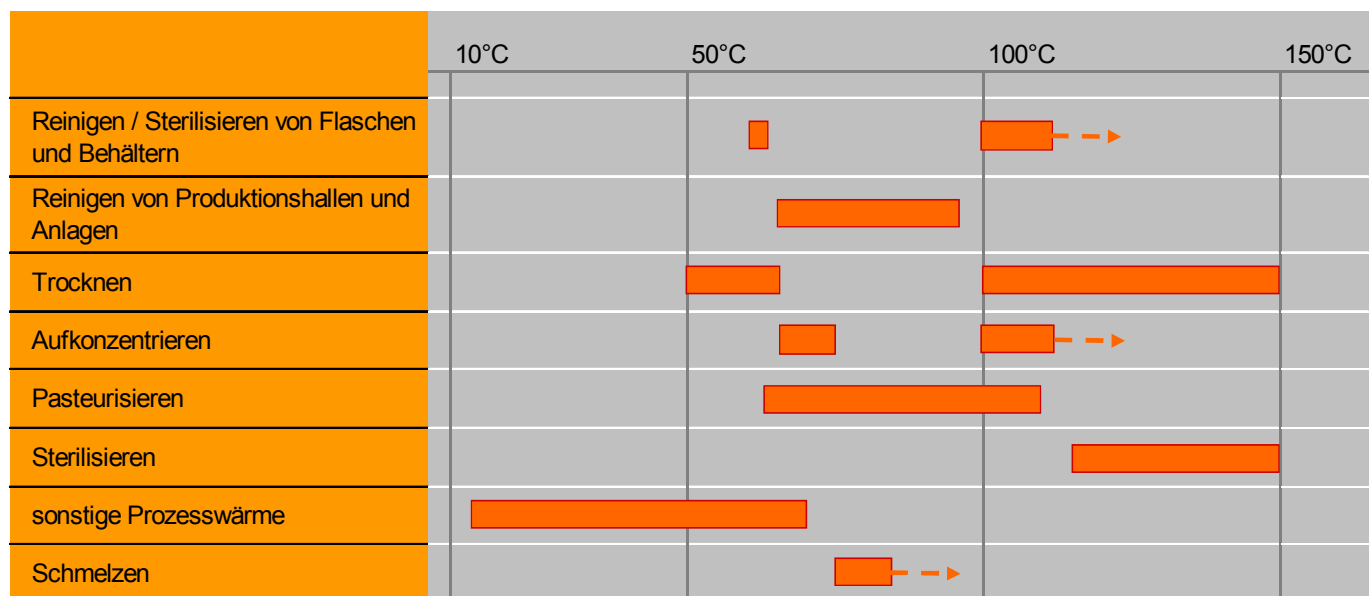
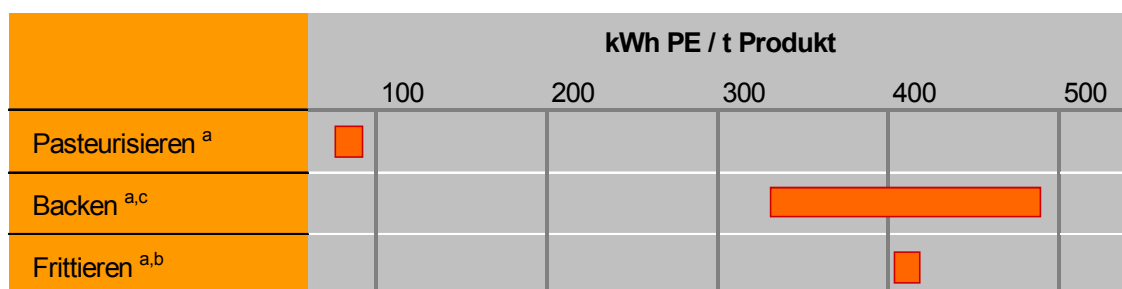


Abbildung 11: Temperaturprofil der Prozesse in der Milchverarbeitenden Industrie

3.1.1.4 Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren

Für die Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren gibt es nur ein geringe Anzahl relevanter Prozesse. In erster Linie sind das Pasteurisieren (von geschnittenem und abgepacktem Brot), das Backen (von Mischbrot, Brötchen und Toastbrot) und das Frittieren (von Krapfen) wichtige Prozesse. In Abbildung 12 sind die Bereiche des spezifischen Primärenergiebedarfs für die genannten Prozesse

dargestellt. Die Energieintensivsten sind Backen und Frittieren. Beide Prozesse laufen aber bei sehr hohen Temperaturen ab, wie das Temperaturprofil der Prozesse aus der Backwarenherstellung in Abbildung 13 zeigt. Beide Prozesse kommen somit für die Integration von Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren kaum in Frage. Außer Backen und Frittieren sind aber auch die Prozesse Pasteurisieren und Reinigen (sowohl von Kisten und Blechen als auch von Produktionsstätten und Anlagen) verbreitet, welche für eine Integration von Solarthermie aufgrund der notwendigen Temperaturniveaus gut geeignet sind.



a) ursprüngliche Angaben in EE (Erdgasverbrauch und teilweise Strom) pro Stück bzw. pro t Mehl; Umrechnungsfaktor EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17, PE-Faktor für Strom = 2,97; Energiegehalt der eingesetzten Dampfschwaden in Öfen wurde nicht berücksichtigt

b) Gewicht Krapfen: 80 g

c) Ausbackgewicht einer Kaisersemmel: mindestens 46 g, Annahme hier: 50 g

Abbildung 12: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren

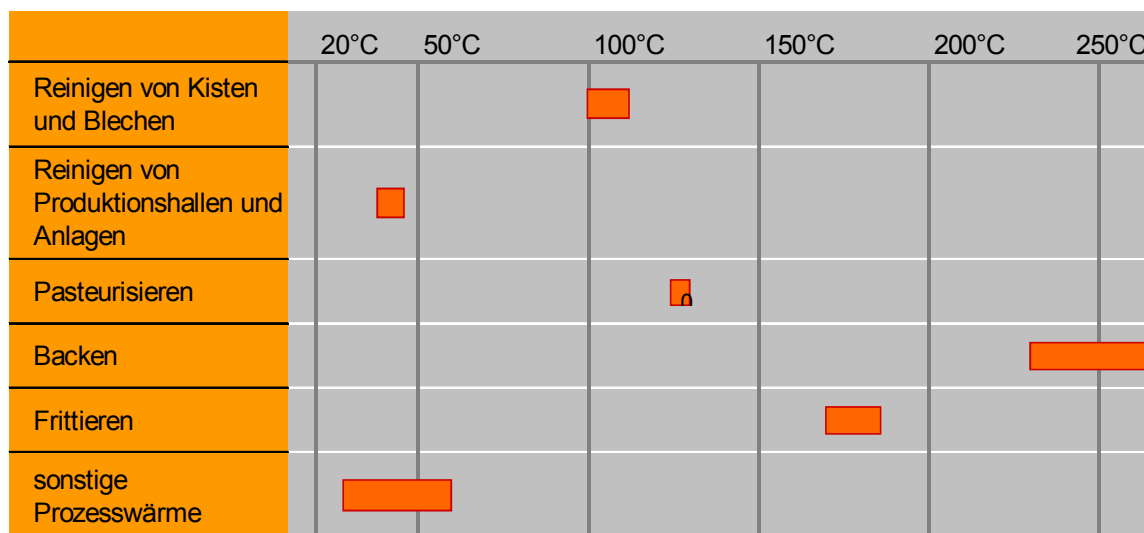
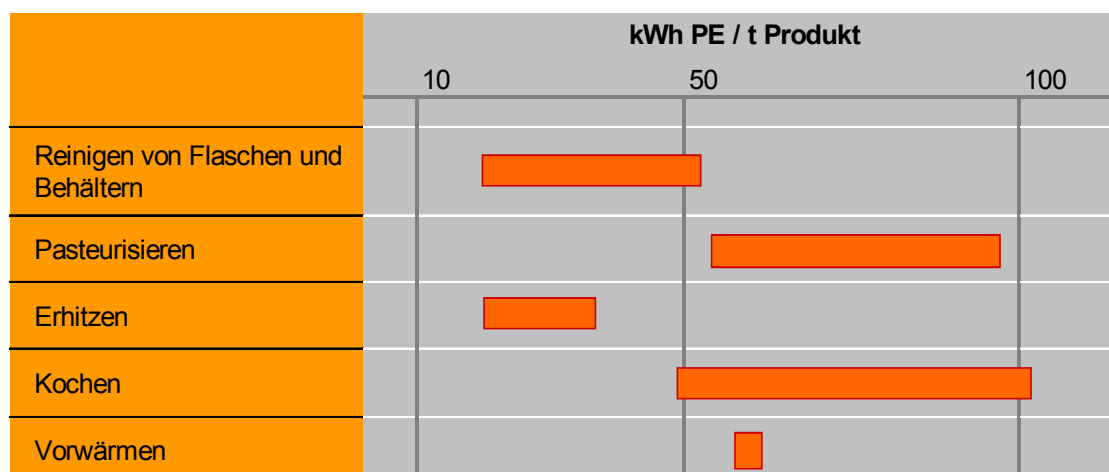


Abbildung 13: Temperaturprofil der Prozesse in der Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren

3.1.1.5 Getränkeindustrie (Herstellung von Bier)

Bei der Herstellung von Bier werden die folgenden Prozesse eingesetzt: Reinigen (von Flaschen und Behältern), Pasteurisieren, Erhitzen (von Maische), Kochen (von Würze) und Vorwärmen (von Würze). In Abbildung 14 sind die Bereiche der spezifischen thermischen Primärenergiebedarfe für diese

Prozesse dargestellt. Pasteurisieren und Kochen sind jene Prozesse, bei denen in der Getränkeindustrie (bzw. bei der Herstellung von Bier) am meisten Energie pro Tonne Produkt verbraucht wird. Betrachtet man zusätzlich die in Abbildung 15 dargestellten Temperaturen, kommt klar hervor, dass sich alle Prozesse für eine solarthermische Einbindung von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren eignen würden.



Anmerkung: Allgemein: ursprüngliche Angaben in NE, Umrechnungsfaktor NE zu EE: 80% Kesselwirkungsgrad und EE zu PE: PE-Faktor für Erdgas und Heizöl EL = 1,17

Abbildung 14: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Getränkeindustrie

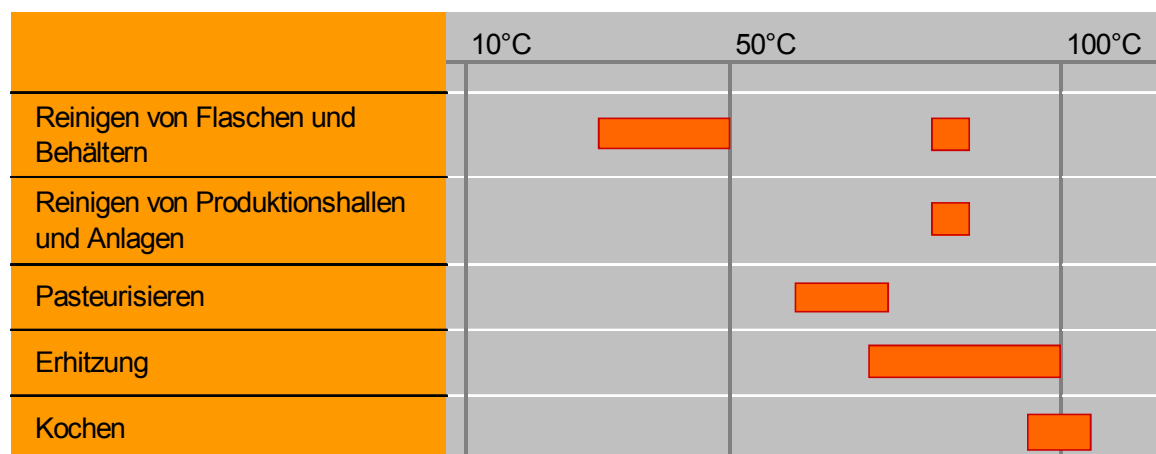


Abbildung 15: Temperaturprofil der Prozesse in der Getränkeindustrie

3.1.2 Zusammenfassung

In Tabelle 6 sind jene Prozesse mit großem Potential zur Integration von Solarthermie aufgrund des hohen spezifischen Energiebedarfs aber auch der jeweiligen Prozesstemperaturen nochmals zusammengefasst. Dabei wurden die spezifischen Primärenergiebedarfe in die Kategorien sehr hoch, hoch, mittel und niedrig eingeteilt. Nähere Informationen zur Kategorisierung sind aus Tabelle 5 zu entnehmen. Bezüglich des Temperaturprofils sind jene Prozesse in Tabelle 6 mit einem √ versehen, bei

denen Temperaturen bis maximal 120°C eingesetzt werden. Wie bereits erwähnt, ist der Einsatz von derzeit am Markt verfügbaren konzentrierenden Systemen durch die geringe Anzahl an Jahresstunden mit Direktstrahlung in Österreich nicht wirtschaftlich. Bei jenen Prozessen, deren Temperaturniveau über 120°C liegt, ist die Prozesstemperatur (°C) explizit ausgewiesen.

Tabelle 5: Kategorisierung der spezifischen Primärenergieverbräuche

sehr hoch	> 1000 [kWh PE / t Produkt]
hoch	300 – 1000 [kWh PE / t Produkt]
mittel	100 – 300 [kWh PE / t Produkt]
niedrig	< 100 [kWh PE / t Produkt]

Betrachtet man jene Prozesse, die mit einem sehr hohen Energiebedarf eingestuft sind, sind das die Trocknung und die Aufkonzentrierung. Prozesse mit einem hohen spezifischen Primärenergiebedarf sind das Sterilisieren, das Räuchern, das Kochen (teilweise), das Backen, das Frittieren und das Kochen, Braten, Backen, Reifen, Trocknen, Räuchern in einer Universalanlage.

Tabelle 6: Übersicht über Prozesse in der Lebensmittelherstellung, die zur Integration von Solarthermie potentiell gut geeignet erscheinen (mit einem ✓ versehene Prozesse benötigen Temperaturen unter 120°C und sind daher für eine Integration von Solarthermie in Österreich gut geeignet)

Subsektor	Prozess / UO	Spezifischer PE-Verbrauch	Temperaturprofil
Schlachthäuser & Fleischverarbeitende Industrie	Räuchern	mittel-hoch (280-890)	✓
	Universalanlage (Kochen, Braten, Backen, Reifen, Trocknen, Räuchern)	hoch (570-1000)	180-250 °C
	Kochen (alleine)	hoch (420)	✓
	Pasteurisieren / Sterilisieren	hoch-sehr hoch (900-1300)	✓
Früchte und Gemüse verarbeitende Industrie	Trocknen	sehr hoch (5663)	✓
	Aufkonzentrieren	hoch-sehr hoch (850-1250)	✓
	Sterilisieren	mittel-hoch (95-310)	✓
	Frittieren	mittel (246)	169-190 °C
Milchverarbeitende Industrie	Trocknen	mittel-sehr hoch (180-1600)	✓
	Aufkonzentrieren	niedrig-sehr hoch (10-1444)	✓
	Sterilisieren	niedrig-hoch (25-320)	✓
	Reinigen	niedrig-mittel (25-246)	✓
Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren	Backen	hoch (330-490)	230-260 °C
	Frittieren	hoch (400)	170-180 °C
	Pasteurisieren	niedrig (98)	✓
Getränkeindustrie (Herstellung von Bier)	Pasteurisieren	niedrig (56-98)	✓
	Kochen	niedrig (50-105)	✓

3.2 Bilanzierung der relevanten Prozesse

Zur Darstellung der wichtigen Prozesse in einem Betrieb und darauf aufbauend zur Abschätzung von Potentialen zur Effizienzsteigerung und der Integration Erneuerbarer Energien ist eine Erhebung der vorhandenen Betriebsstruktur notwendig. Konkret müssen über die vorhandenen Prozesse sowie die Energieversorgung eine Bilanzierung von Energie- und Massenströmen durchgeführt werden. Eine Vorgehensweise zur Bilanzierung und Evaluierung des Energieverbrauchs in produzierenden Betrieben

wurde beispielsweise in der EINSTEIN Methodik und Software erarbeitet (vgl. (Brunner et al., 2008)¹². Bei den Betriebsuntersuchungen im Rahmen des Projekts SolarFoods wurden in einem ersten Schritt Fließschemata erstellt, um einerseits einen Überblick über den Betrieb zu erhalten und andererseits Stoff- und Energieströme abzubilden (beispielhaft siehe Abbildung 16).

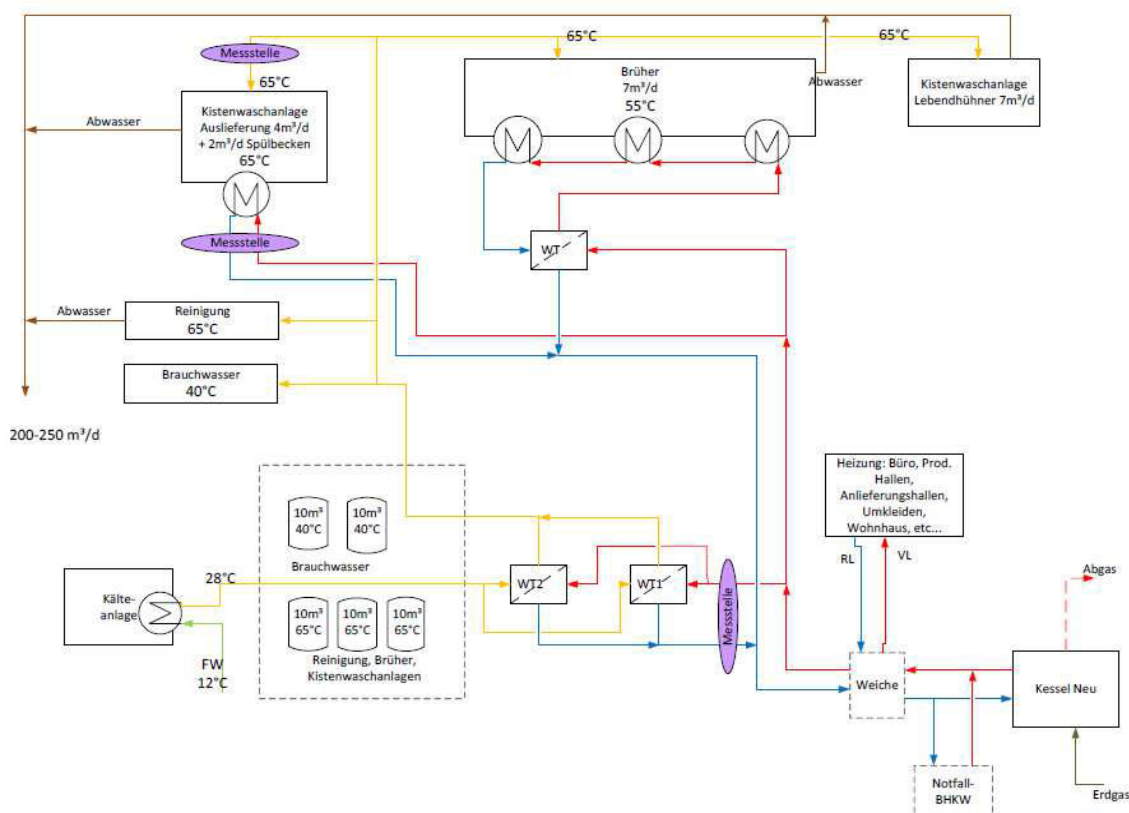


Abbildung 16: Beispiel Fließschema

Als Grundlage wurden jeweils Angaben der Betreiber verwendet, die über einen Fragebogen erhoben und durch weitere Daten im Rahmen einer Betriebsbesichtigung ergänzt wurden. Nach einem ersten Plausibilitätscheck wurden die Daten in Excel-Blättern bilanziert und weitere notwendige Angaben in gemeinsamer Diskussion mit dem Anlagenbetreiber erhoben. In einigen Betrieben waren darüber hinaus zusätzliche Messungen von Massenströmen bzw. der Energieversorgung notwendig, um die Bilanzierungen darstellen zu können.

Der Energiebedarf der unterschiedlichen Prozesse wurde einerseits über die ein- und austretenden Massenströme, deren Temperaturen, die Definition der jeweiligen Medien und dafür angegebene Betriebszeiten berechnet. Eine Herausforderung war hierbei die Verfügbarkeit detaillierter Daten zu den verschiedenen Massenströmen aber auch zu den tatsächlichen Betriebszeiten der einzelnen Prozesse. Auf der anderen Seite wurde die zur Verfügung gestellte Energie über Kessel, Kompressoren, etc. betrachtet. Dabei wurden zum einen Angaben des Energieverbrauchs (Erdgas, Strom, etc.)

¹² Weitere Informationen hinsichtlich der Durchführung von Energieaudits in Produktionsbetrieben bieten einerseits die Norm EN 16247:2012 – 3, im Rahmen des Projekts EINSTEIN wurde eine frei verfügbare Software zur Analyse der Effizienzpotentiale entwickelt, verfügbar unter www.einstein-energy.net

herangezogen und zum anderen Prüfprotokolle von Kesseln zur Berechnung von Wirkungsgraden und Abgastemperaturen verwendet. Aus den damit zusammengetragenen Informationen wurden Flussdiagramme für die Betriebe erstellt, die einen sehr guten Überblick über eingesetzte und verwendete Energieströme bieten (siehe beispielhaft Abbildung 17).

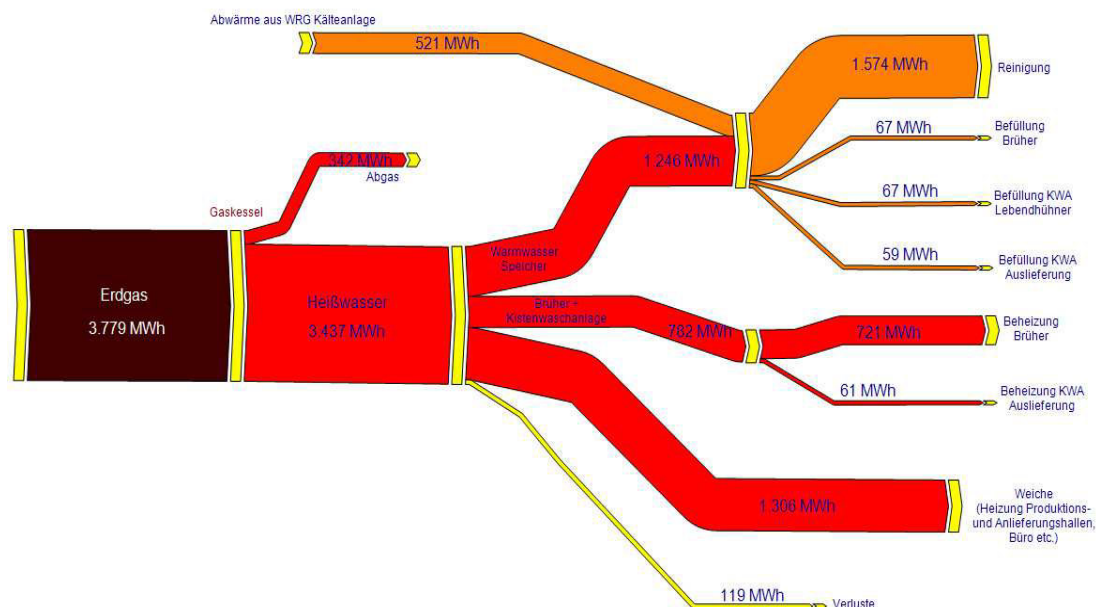


Abbildung 17: Beispiel Fluss-Diagramm (Energie)

Aus den Erfahrungen bei den Betriebsuntersuchungen im Rahmen des Projekts können die folgenden Probleme und Herausforderungen bei der Bilanzierung von Prozessen und der Energieversorgung in der Lebensmittelindustrie formuliert werden:

- Bei der Erarbeitung der Massen- und Energiebilanz der verschiedenen Prozesse:
 - Keine oder mangel- und lückenhafte Datenaufzeichnung von Betriebs- und Prozessparametern
 - Eine Vielzahl von zu treffenden Annahmen (in enger Diskussion mit den Anlagenbetreibern), um Bilanzen erstellen zu können
 - Fehlende Prozessdaten oder ungenaue Angaben und Prozessbeschreibungen
 - Fehlende Informationen zu Betriebsparametern
 - Ungenaue Angaben zu Betriebsstunden und erzeugten Produktionsmengen aus dem täglichen Betrieb sowie schwankenden Lasten und Produktionsmengen
 - Ungenaue Angaben zu eingesetzten Medien in der Versorgung sowie im Prozess, die eine Bilanzierung erschweren
 - Nicht nachvollziehbare Verschaltungen einzelner Prozesse aus Input- und Outputströmen sowie bereits installierter Wärmerückgewinnungen
 - Schwierige Erfassung aller Prozesse
- Energieversorgung

- Mangelhafte Informationen zur Energieversorgung (Mengen, Verteilung, Betriebszeiten, etc.)
- Fehlende Informationen zu Betriebsstunden der Anlagen
- Schwierige Erfassung der tatsächlichen Wirkungsgrade von Kesseln, Kältemaschinen, etc. trotz vorliegender Abnahme- oder Prüfprotokolle (finden bei Volllast statt) bei tatsächlichen Lasten
- Schwierig erfassbare Verschaltungen der Energieversorgung und mangelhafte Zuordnung der eingesetzten Energieträger auf einzelne Equipments und Prozesse sowie Wärmerückgewinnungen
- Gewachsene und somit schwer erfassbare Strukturen in der Energieverteilung zu den Prozessen
- Schwer erfassbare Abwärmeströme
- Allgemeine Angaben
 - Fehlende Angaben zur gesamten eingesetzten Energiemenge (Erdgas, Strom, etc.) und -kosten
 - Laufende Datenerhebung verändert anfangs getroffene Annahmen
 - Teilweise laufender Umbau der Infrastruktur

3.3 Optionen zur Steigerung der Energieeffizienz

Um die Effizienz in der Produktion zu erhöhen, also den direkten Energieeinsatz für die Herstellung von Produkten zu senken, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Bestehende Umwandlungsprozesse können optimiert werden, indem Verluste reduziert oder die stoffliche Umwandlungseffizienz erhöht wird. Darüber hinaus können vorhandene Prozesstechnologien durch neue ersetzt werden. Dabei können entweder Best-Practice Technologien eingesetzt werden, also Technologien mit höherer Umwandlungseffizienz als die im Durchschnitt eingesetzten Technologien und guter Verfügbarkeit am Markt, welche erfahrungsgemäß hohe Produktqualität erzielen. Andererseits können vorhandene Technologien durch neuartige, derzeit kaum verbreitete Technologien („emerging technologies“) ersetzt werden. Hier können meist deutliche Effizienzsteigerungen erzielt werden, oft einhergehend mit einer Steigerung der Produktqualität. Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Produktionseffizienz in thermischen Systemen ist die Optimierung des Wärmeverteilsystems. Teilweise werden in industriellen Betrieben Dampfsysteme verwendet, auch wenn die vorhandenen Prozesse keinen Dampf benötigen. Durch Umstellung auf effizientere Prozesstechnologien können in vielen Fällen auch die Temperaturniveaus gesenkt werden. In beiden Fällen erlaubt dies eine Umstellung von Dampf- auf Heisswasserversorgung. Dies erleichtert zusätzlich die Anwendbarkeit erneuerbarer Technologien, insbesondere von Solarthermie, aber z.B. auch von Abwärme aus Biogas-BHKWs in der Wärmeversorgung. In vielen Betrieben der Lebensmittelindustrie können die Wärmeversorgungssysteme durch Integration von Wärmetauschernetzwerken optimiert werden, wodurch überschüssige Wärme rückgewonnen werden kann. Bei unregelmäßiger Betriebsweise ist die

Kombination mit Speichersystemen möglich und führt zu einer weiteren Effizienzsteigerung. Einen Überblick über methodische Ansätze zur Steigerung der Produktionseffizienz zeigt Abbildung 18.

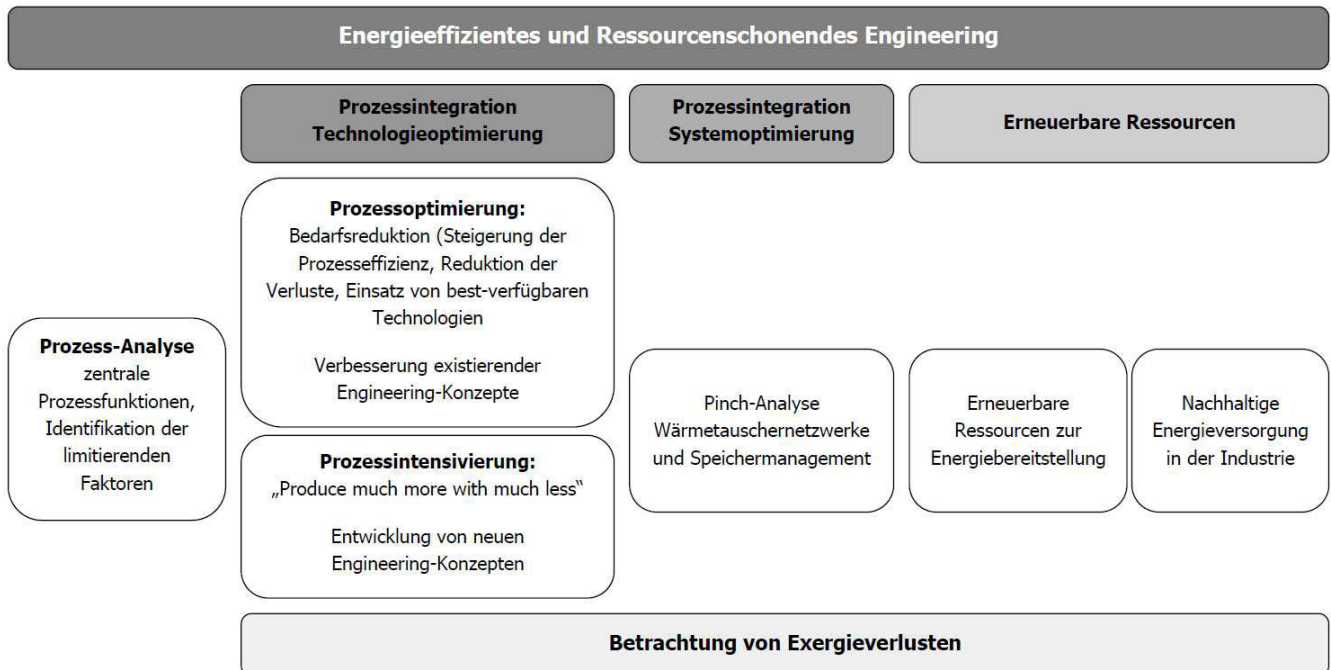


Abbildung 18: Methodische Ansätze zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion

Für die Einteilung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in den unterschiedlichen Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie wurden die in den Betriebsuntersuchungen identifizierten Maßnahmen in die zwei folgenden Kategorien eingeteilt:

- **Technologie- oder Prozessoptimierung:** Im Rahmen der Erhebungen wurden die eingesetzten Technologien sowie die Prozessparameter erhoben und hinsichtlich einer Optimierung mit dem Ziel der Energiebedarfsreduktion und somit einer Energieeffizienzsteigerung untersucht. Die dabei identifizierten Maßnahmen variieren stark je nach Sub-Branche und untersuchtem Betrieb.
- **Systemoptimierung:** Unter Systemoptimierung versteht man die Integration von Wärmetauschernetzwerken, mit dem Ziel anfallende Abwärmeströme aus Prozessen sowie Anlagen dahingehend zu nutzen, den zu erwärmende Prozessströme zu versorgen und den notwendigen Anteil externer Energieversorgung zu reduzieren. Auch damit wird die Energieeffizienz optimiert und die identifizierten Maßnahmen variieren auch hier je nach Sub-Branche und dem untersuchten Betrieb. Die eingesetzte Methodik basiert auf der Pinch-Analyse, wofür von AEE INTEC entwickelte Tools verwendet wurden.

In der Pinch-Analyse werden alle Ströme innerhalb der Produktionsprozesse mit einem Wärme- oder Kältebedarf oder –potential erfasst und in einem Wärmetauschernetzwerk miteinander kombiniert. Dabei werden die warmen und kalten Ströme möglichst so miteinander kombiniert, dass die extern zur Verfügung zu stellende Energie minimiert wird. Neben den Produktionsströmen werden für die

Untersuchungen im Rahmen der Betriebsanalysen in SolarFoods auch anfallende Abwärmeströme aus Kesseln, Kälteanlagen, etc. herangezogen und in die Berechnungen mit einbezogen.

Die folgende Abbildung 19 gibt einen Überblick über die identifizierten Einsparungen beim thermischen Energieverbrauch der untersuchten Betriebe im Rahmen des Projekts. Dabei wird unterschieden zwischen Prozessoptimierung, Systemoptimierung (Wärmerückgewinnung), dem Einsatz von Solarthermie sowie von anderen Erneuerbaren (Biogas). Die Maßnahmen wurden dabei in dieser Reihenfolge berücksichtigt, es ergibt sich dementsprechend eine schrittweise Reduktion des thermischen Energiebedarfs gegenüber dem Ausgangszustand.

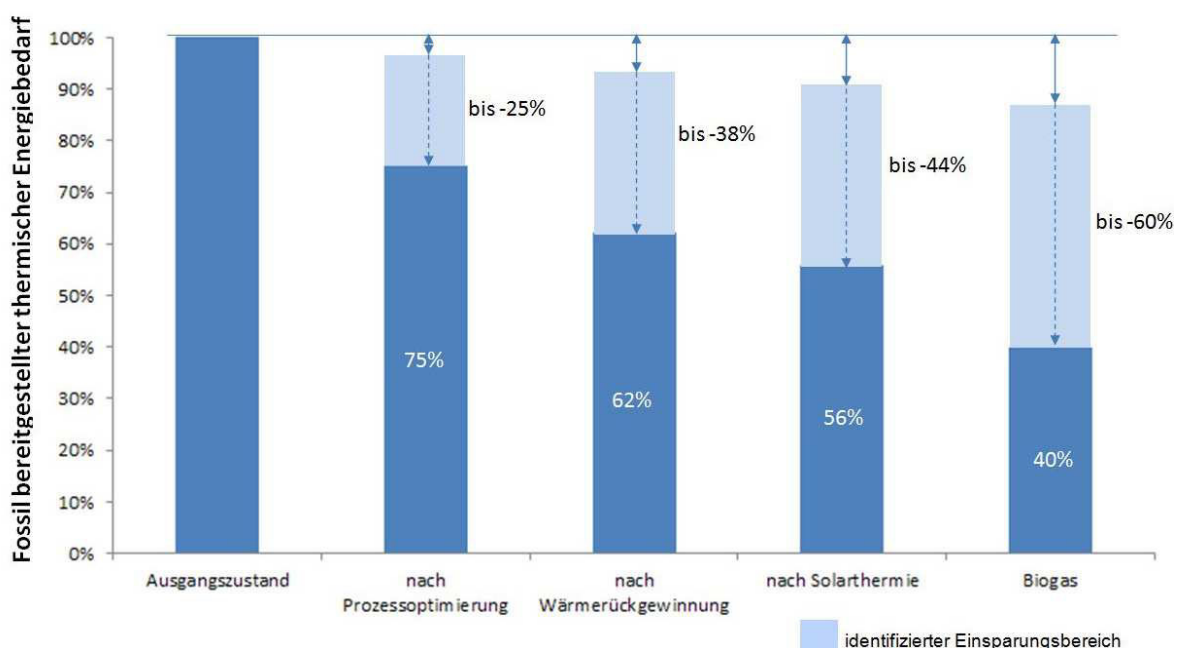


Abbildung 19: Übersicht über die erzielten Einsparungen des thermischen Energiebedarfs durch verschiedene Maßnahmen in den im Rahmen des Projekts untersuchten Betrieben

3.3.1 Technologie- und Prozessoptimierung

Aufbauend auf der Analyse der eingesetzten Technologien wurde in den Fallstudien die Effizienz bewertet und Optimierungen durch Verbesserung der eingesetzten oder aber Substitution durch effizientere Technologien/Prozesse evaluiert. Die zu erzielenden Einsparungen betrugen dabei je nach Betrieb und Branche zwischen 7% und 25%. Beispiele für eine Technologie- und Prozessoptimierung wie sie im Rahmen der Betriebsuntersuchungen identifiziert wurden sind nachfolgend angeführt¹³.

¹³ Allgemeine und weiterführende Angaben zu Möglichkeiten der Technologie- und Prozessoptimierung in der Lebensmittelindustrie können im EFFICIENCY FINDER unter folgender Adresse nachgelesen werden:

http://wiki-ze.elas-calculator.eu/index.php/EFFICIENCY_FINDER

3.3.1.1 Fleischverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudien wurden folgende Maßnahmen als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Umstellung der Energieversorgung bzw. -verteilung der Reifekammern von Dampf auf Heißwasserversorgung mit dem Vorteil, damit auch die Abwärme aus den Kälteanlagen besser einbinden zu können
- Sammlung und Nutzung des Kondensats aus Kochanlagen und Sicherstellung der optimalen Versorgung mit Dampf abgestimmt auf den Bedarf
- Isolierung des Kesselspeisewassertanks

In den durchgeführten Fallstudien konnte eine Reduktion des Energiebedarfs durch Prozessoptimierung bis zu 8% identifiziert werden.

3.3.1.2 Schlächtereie

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Reduktion des Heizbedarfes und Minimierung der Wärmeverluste (beispielsweise durch die Installation automatischer Tore in der Anlieferungshalle)
- Reduktion der Wärmeverluste in der Prozesskette durch Abdeckungen von Bädern und Isolierung von Leitungen

In der durchgeführten Fallstudie konnte eine Reduktion des Energiebedarfs durch Prozessoptimierung bis zu 25% identifiziert werden.

3.3.1.3 Früchte- und Gemüseverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudien wurden folgende Maßnahmen als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Verminderung der Verluste des Kochkessels durch abgestimmte Fahrweise
- Umstellung der Batch-Prozesse Pasteurisation auf semi-kontinuierlichen Prozesse um prozessinterne Wärmerückgewinnung zu ermöglichen
- Umstellung der Technologie zum Dämpfen auf alternative Technologie
- Optimierung des Kondensatabscheiders
- Reduktion des Heizbedarfs der Produktionshallen durch geregelte Lüftung
- Umstellung der Heizung auf Fußboden- und Wandheizung (ermöglicht Einbindung WRG aus Kälteanlagen)

In den durchgeführten Fallstudien konnte eine Reduktion des Energiebedarfs durch Prozessoptimierung bis zu 22% identifiziert werden.

3.3.1.4 Back- und Dauerbackwaren

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Isolierung des Kondensattanks
- Minimierung der Verluste des Schmelzkessels durch verschiedene betriebsinterne Maßnahmen
- Minimierung der Verluste des Binderkochers durch verschiedene betriebsinterne Maßnahmen
- Umstellung der Versorgung auf Heißwassersystem an Stelle der derzeit vorhandenen elektrischen Beheizung

In der durchgeführten Fallstudie konnte eine Reduktion des Energiebedarfs durch Prozessoptimierung bis zu 53% identifiziert werden.

3.3.1.5 Milchverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudien wurden folgende Maßnahmen als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Alternativtechnologie für die Molkeeindampfung (derzeit Brüdenverdampfung)
- Umstellung auf Warmwasserversorgungsnetz (Niedertemperatur- und Mitteltemperaturnetz) mit deutlich geringeren Verlusten als in einem Dampfnetz
- Kondensatrückführung aller indirekt Dampf-verbrauchenden Prozesse

In den durchgeführten Fallstudien konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Prozessoptimierung bis zu 35% identifiziert werden.

3.3.2 Systemoptimierung und Integration von Solarthermie

Durch Nutzung vorhandener bzw. anfallender Abwärmeströme aus Prozessen und Energieversorgungseinheiten (Kessel, Kompressoren, Kältemaschinen, etc.) kann die Energieeffizienz des Produktionsprozesses weiter gesteigert werden. Die nachfolgend angeführten Beispiele beruhen auf Ergebnissen durchgeführter Pinch-Analysen und betragen je nach Betrieb und Branche zwischen 10% und 83% (inklusive Prozessoptimierung)¹⁴. Speziell die Nutzung anfallender Abwärmeströme bereits installierter Kälteanlagen bietet ein sehr großes und bisher kaum genutztes Optimierungspotential in der österreichischen Lebensmittelindustrie.

¹⁴ Allgemeine und weiterführende Angaben zu Möglichkeiten der Systemoptimierung in der Lebensmittelindustrie können im EFFICIENCY FINDER unter folgender Adresse nachgelesen werden:

http://wiki-ze.elas-calculator.eu/index.php/EFFICIENCY_FINDER

3.3.2.1 Fleischverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Die Nutzung der Abwärme aus Kälteanlagen und des Abgases aus dem Dampfkessel kann durch Installation von Wärmetauschern einfach realisiert werden (tlw. mit einer Amortisationszeit unter einem halben Jahr).
- Aufgrund des Temperaturniveaus eignen sich speziell die Prozesse in der Reifekammer, dem Pasteur, die Erzeugung von Brauchwasser in der Produktion und der Kistenwaschanlage sowie die Erwärmung des Kesselspeisewassers zur Einbindung in ein Wärmetauschernetzwerk

Zur Einbindung von Solarthermie eignet sich speziell die Nacherwärmung des Reinigungswassers in der Produktion. Darüber hinaus ist die Erzeugung von Biogas aus dem Abwasser möglich.

In den durchgeführten Fallstudien konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Wärmerückgewinnung bis zu 7% identifiziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz von Solarthermie der Bedarf an fossilen Energieträgern um weitere 5% gesenkt werden.

3.3.2.2 Schlächtereie

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Wärmerückgewinnung zwischen Abgas Wärmeversorgung und Heizung Anlieferungshalle
- Wärmerückgewinnung zwischen Abwasser und Nacherwärmung Warmwasser
- Wärmerückgewinnung zwischen Abgas Wärmeversorgung und Nacherwärmung Warmwasser

Zur Einbindung von Solarthermie eignet sich speziell die Nacherwärmung des Warmwassers in der Produktion. Darüber hinaus ist die Erzeugung von Biogas aus dem Abwasser möglich.

In der durchgeführten Fallstudie konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Wärmerückgewinnung bis zu 11% identifiziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz von Solarthermie der Bedarf an fossilen Energieträgern um weitere 8% gesenkt werden.

3.3.2.3 Früchte- und Gemüseverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen für die Wärmerückgewinnung als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Wärmerückgewinnung im Zwischenerhitzer zwischen zwei Prozessstufen
- Wärmerückgewinnung im Pasteur
- Wärmerückgewinnung in der Fruchtsaft-Konzentratanlage

- Wärmerückgewinnung zwischen Rückkühlung Zwischenerhitzer und Vorwärmung Fruchtsaft für Vorkonzentrierung
- Wärmerückgewinnung in der Fruchtmarm-Konzentratanlage
- Wärmerückgewinnung zwischen Rückkühlung Passiermaschine und Vorwärmung Röhrenerhitzer
- Wärmerückgewinnung durch Nutzung der Abwärme Tiefkühlanlage, Niedertemperatur-Kühlanlage
- Wärmerückgewinnung der Abwärme Abgas für Frischwasser-Vorwärmung
- Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser aus Pasteur für Vorwärmung der Produkte (Vorwärmzone-Pasteur)

Zur Einbindung von Solarthermie eignet sich speziell die Nacherwärmung des Reinigungswassers in der Produktion, die Vorwärmung des Frischwassers, Vorwärmung der Container CIP (Cleaning in Place der Container) sowie für die Versorgung des Pasteurs. Darüber hinaus ist die Erzeugung von Biogas aus dem Abwasser möglich.

In der durchgeführten Fallstudie konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Wärmerückgewinnung bis zu 70% identifiziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz von Solarthermie der Bedarf an fossilen Energieträgern um weitere 14% gesenkt werden.

3.3.2.4 Back- und Dauerbackwaren

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen für die Wärmerückgewinnung als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Wärmerückgewinnung zwischen Abwärme der Öfen und Produkttanks
- Wärmerückgewinnung zwischen Abwärme der Öfen und Reinigungswasser
- Wärmerückgewinnung zwischen Abgas Dampfkessel und Produkttanks

Zur Einbindung von Solarthermie eignet sich speziell die Nacherwärmung des Reinigungswassers in der Produktion. Darüber hinaus ist die Erzeugung von Biogas aus dem Abwasser möglich.

In der durchgeführten Fallstudie konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Wärmerückgewinnung bis zu 22% identifiziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz von Solarthermie der Bedarf an fossilen Energieträgern um weitere 8% gesenkt werden. Damit können inklusive der identifizierten Prozessoptimierungen (siehe Kapitel 3.3.1.4, Seite 54) bis zu 83% der eingesetzten fossilen Energieträger eingespart werden.

3.3.2.5 Milchverarbeitung

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudie wurden folgende Maßnahmen für die Wärmerückgewinnung als sinnvoll für den untersuchten Betrieb identifiziert.

- Wärmerückgewinnung der zu kühlenden Prozesse wie zum Beispiel die Lagerung von Produkten

- Wärmerückgewinnung der Abwärme aus Kälteanlagen
- Wärmerückgewinnung aus dem Abgas der Energieversorgung

Zur Einbindung von Solarthermie eignet sich speziell die Nacherwärmung des Reinigungswassers in der Produktion, die Vorwärmung des Frischwassers in den Kesselspeisetank und die Entfettung der Molke. Darüber hinaus ist die Erzeugung von Biogas aus dem Abwasser möglich.

In der durchgeführten Fallstudie konnten Reduktionen des Energiebedarfs durch Wärmerückgewinnung bis zu 9% identifiziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz von Solarthermie der Bedarf an fossilen Energieträgern um weitere 5% gesenkt werden.

3.3.3 Einsatz neuer Prozesstechnologien

Im Rahmen des Projekts SolarFoods wurden Prozesse in der Lebensmittelherstellung mit einem hohen Energiebedarf hinsichtlich der möglichen Integration neuer Prozesstechnologien genauer untersucht. Konkret wurden die Prozesse Aufkonzentrierung von Molke, Trocknung von Molkepulver und Pasteurisation von Früchtezubereitungen analysiert. Dabei konnte gezeigt werden, dass Einsparungen an Primärenergie zwischen 40 und 56% rein durch den Einsatz neuer Technologien möglich sind. Eine detaillierte Darstellung der im Rahmen des Projekts SolarFoods durchgeführten Analysen zum Einsatz neuer Technologien in der Lebensmittelherstellung gibt die Dokumentation des Arbeitspakets 5.1.¹⁵

¹⁵ Das Dokument kann auf der SolarFoods-Homepage unter folgendem Link heruntergeladen werden:
http://www.solarfoods.at/Ergebnisse_NeueTechnologien.php

4 Integration solarer Wärme und anderer Erneuerbarer in die Prozesse der Lebensmittelindustrie

4.1 Integration solarer Wärme

In Österreich ist es möglich, Temperaturen zwischen 30°C und 150°C mit solarthermischen Systemen wirtschaftlich bereitzustellen. Diese Temperaturen können mit Flach- bzw. Vakuumkollektoren erreicht werden, wobei derartige Kollektoren sowohl die direkten als auch die diffusen Anteile der Sonneneinstrahlung nutzen. Höhere Temperaturen sind mit konzentrierenden bzw. nachgeführten Systemen erreichbar, allerdings kann hier nur die direkte Sonneneinstrahlung genutzt werden. Unter derzeitigen wirtschaftlichen Bedingungen reicht die Anzahl an Stunden im Jahr, an denen direkte Sonneneinstrahlung vorhanden ist, nicht aus, um konzentrierende Systeme in Österreich wirtschaftlich effizient einzusetzen. Ob für eine bestimmte Anwendung besser ein Flach- oder ein Vakuumkollektor-System eingesetzt werden sollte, hängt in erster Linie vom zu erreichenden Temperaturniveau und von der Platzverfügbarkeit ab¹⁶.

Ob Solarthermie für einen Einsatz zur Versorgung industrieller Prozesse geeignet ist, hängt neben den benötigten Temperaturen der einzelnen Prozesse zusätzlich in erster Linie von den Lastprofilen der Prozesse ab. Je höher die Übereinstimmung zwischen den Prozesslastprofilen und dem Einstrahlungsprofil am jeweiligen Standort ist, desto wirtschaftlicher ist die Investition in eine solarthermische Anlage. Eine detaillierte Untersuchung dieses Zusammenhangs für generische Prozesse erfolgte im Rahmen dieses Projekts, eine Zusammenfassung ist unter dem Punkt Wirtschaftlichkeit in diesem Kapitel nachzulesen.

4.1.1 Vorgehensweise zur Integration

Nach der Optimierung der Prozesse (Reduktion des Energiebedarfs, Optimierung der Energieeffizienz) sowie einer Systemoptimierung (Wärmetauschernetzwerk, Optimierung Energieeffizienz) wird für den verbleibenden Energiebedarf ein Lastprofil erstellt, um zu definieren zu welchen Tageszeiten über ein ganzes Jahr welcher Energiebedarf bei welcher Temperatur vorliegt. Darauf abgestimmt wird eine Simulation möglicher Solarthermie-Anlagen durchgeführt, um zum einen Parameter wie den Standort (abhängige Einstrahlung), verfügbare Dachflächen, benötigte Prozesstemperaturen, Außentemperaturen und bestehende Anlagenkomponenten (Speicher, etc.) und Verteilsysteme (Heißwasser oder Dampf) zu berücksichtigen und zum anderen Parameter wie die mögliche Einbindung, tatsächlich genutzte Flächen, Wirkungsgrade und solare Deckungsgrade zu optimieren.

Das kann über die Verwendung von speziellen Softwareprogrammen passieren oder sehr vereinfacht über sogenannte Nomogramme, die für spezielle Prozesse entwickelt werden. Daraus kann die Abhängigkeit der solaren Erträge und solaren Deckungsgrade von der gewählten Anlagendimension und

¹⁶ Eine detaillierte Zusammenstellung relevanter Kollektorsysteme für den Einsatz in der Industrie gibt (Weiss and Rommel, 2008)

dem eigentlichen Wärmebedarf des Prozesses erkannt werden. Das angeführte Beispiel (siehe Abbildung 20) wurde zur Erwärmung von Warmwasser am Standort Essen entwickelt. Daraus sind für diesen Standort sowie ein bestimmtes Prozesslastprofil der jährliche Solarertrag sowie die solare Deckung für verschiedene Dimensionen der Solaranlage abzulesen. Auf der Abszisse ist dabei der spezifische Wärmebedarf des Prozesses bezogen auf die Kollektorfläche des Solarsystems abgebildet, für verschiedene spezifische Speichervolumina (Speichervolumen je Kollektorfläche) ergeben sich unterschiedliche Ergebnisgraphen. Im Rahmen dieses Projekts wurde die SolarFoods-Software und das integrierte Werkzeug SOLiS entwickelt. Mit diesen Auslegungs-Werkzeugen ist es möglich in einfacher Weise Nomogramme für zuvor definierte Prozesskombinationen und Standorte zu generieren¹⁷.

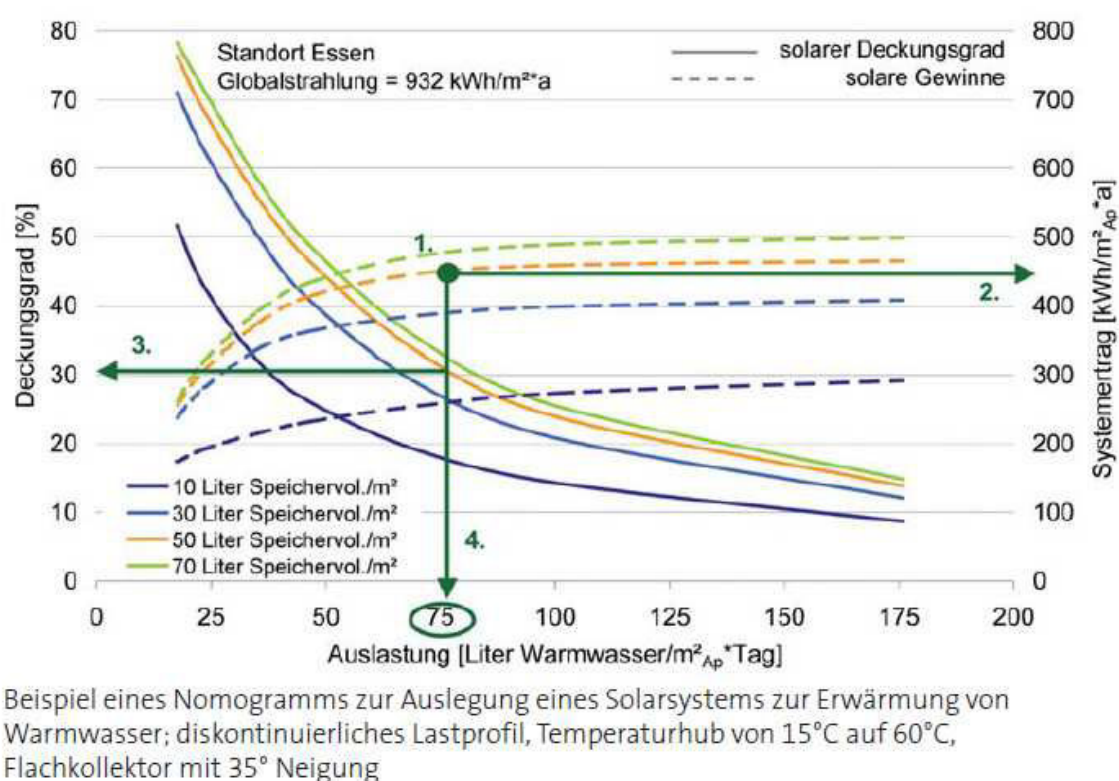


Abbildung 20: Beispiel Nomogramm (Quelle: (SoPro, 2011))

Um eine technisch und wirtschaftlich optimale Nutzung der Solarthermie zu gewährleisten ist auch die bestmögliche Einbindung der solaren Wärme in die bestehende bzw. adaptierte Struktur und benötigten Prozesse wichtig. Grundsätzlich kann Solarthermie in industrielle Prozesse auf zwei unterschiedliche Arten integriert werden: einerseits kann eine Einspeisung solarer Wärme in ein bestehendes Versorgungssystem durchgeführt werden, ein Beispiel ist die Vorwärmung von Kesselspeisewasser. Andererseits können einzelne Prozesse direkt mit solarer Wärme versorgt werden, einen Überblick über dafür erfahrungsgemäß geeignete Prozesse in der Lebensmittelindustrie gibt die Liste unter Punkt

¹⁷ weitere Informationen zur SolarFoods-Software und eine Anleitung zur Erstellung von Nomogrammen sind in Kapitel 5 dieses Berichts bzw. im SolarFoods-Dokuwiki unter www.solarfoods.at/dokuwiki verfügbar

- Bedarf auch am Wochenende

4.1.3 Mögliche Konzepte im Zusammenhang mit der Einbindung solarer Wärme

Basierend auf den durchgeführten Fallstudien konnten 4 wesentliche Konzepte im Zusammenhang mit der Einbindung von Solarthermie in den Betrieben der Lebensmittelindustrie identifiziert werden:

- **Prozesswärme:** Prozesse deren notwendige Versorgungstemperatur sich für die Integration von Solarthermie eignen (zwischen 30°C und 150°C), findet man in der Lebensmittelindustrie in einer sehr großen Anzahl. Darüber hinaus findet man in vielen Fällen sehr gleichmäßige Lastprofile (Bandlasten) und kann über die Integration von moderaten Speicher-Volumina hohe solare Deckungsgrade und ökonomische Lösungen erreichen.
- **Neue Prozesstechnologien:** Besonders durch die Umstellung der Versorgung von Dampf auf Heißwasser kann das Potential der Solarthermie erhöht werden. Unterstützt wird das noch durch die Einführung neuer Prozesstechnologien (Batch zu kontinuierlich, generell geringere Prozesstemperaturen, verbesserter Wärmeübergang), die selbiges noch weiter erhöhen. Dieses Potential wird, aufbauend auf den durchgeführten Fallstudien, in der Lebensmittelbranche als sehr groß angesehen.
- **Brauchwasser:** Der Bedarf an Brauchwasser mit einer Temperatur bis zu 80°C ist in der Lebensmittel-Industrie sehr groß (z.B. Reinigung, Sanitäreinrichtungen), wodurch sich ein sehr großes Potential für die Integration von Solarthermie ergibt. Vielfach wird in Betrieben auch noch kaltes Wasser mit chemischen Additiven zur Reinigung eingesetzt, die durch die Erhöhung der Brauchwassertemperatur zumindest großteils substituiert werden könnten.
- **Solarthermie vs. Abwärme:** In der Lebensmittelindustrie ist der Bedarf an Kälte naturgemäß sehr groß. Diese Kälteanlagen produzieren somit auch sehr viel Abwärme die bis dato zu einem großen Teil ungenutzt ist. Bevor man über die Integration von Solarthermie nachdenkt, sollten die verfügbaren Abwärmeströme genutzt und die Effizienz der eingesetzten Energie optimiert werden. In allen durchgeführten Fallstudien wurden diese Abwärmeströme in Wärmetauschernetzwerken berücksichtigt und trotzdem ein Potential für die Integration von Solarthermie identifiziert.

Die identifizierten Konzepte werden in weiterer Folge genauer spezifiziert hinsichtlich deren Potential in den verschiedenen Sub-Branchen sowie graphisch dargestellt.

Konzept 1: Solarthermie als Prozesswärme (siehe Abbildung 22)

- Wärmebedarf zwischen 30°C und 150°C (Beispiele: Pasteurisation, Kochen etc.)
- Konstante Lastprofile
- Implementierung von Speichern
- Hoher solarer Deckungsgrad und ökonomische Implementation

Einsatzmöglichkeiten:

- Molkereien
- Fleischverarbeitende Industrie
- Früchte- und Gemüse-verarbeitende Industrie mit kontinuierlichen Lastprofilen

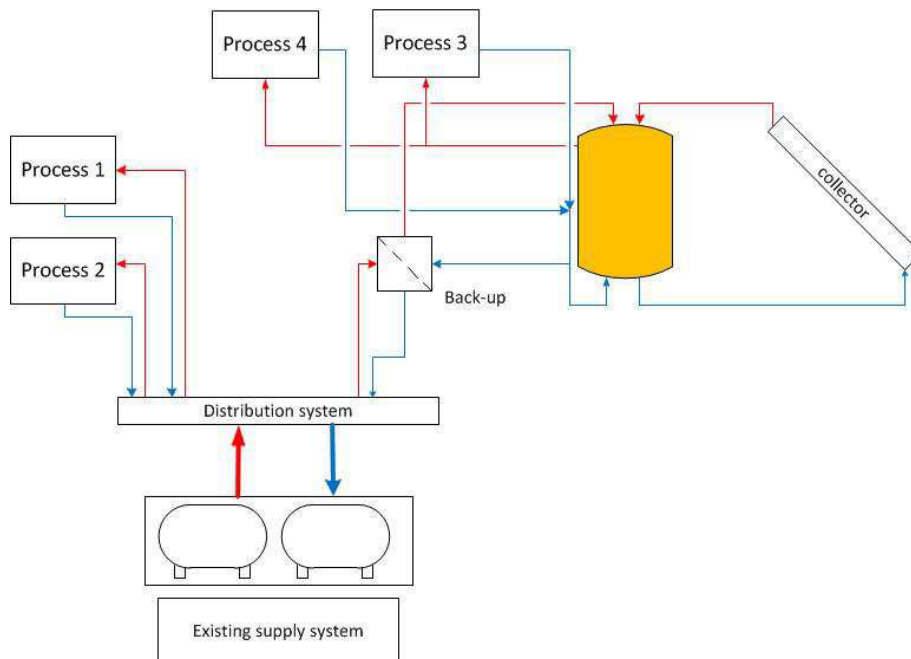


Abbildung 22: Konzept 1 – Solarthermie zur Deckung von Prozesswärme

Konzept 2: Solarthermie für neue Prozesstechnologien (siehe Abbildung 23)

Basierend auf einer Technologieanalyse wurde eine Technologiesubstitution vorgeschlagen:

- Veränderung der Prozesstemperatur
- Substitution von fossilen Brennstoffen
- hohes Potential für die Integration von Solarthermie

Einsetzbar in allen Sub-Branchen.

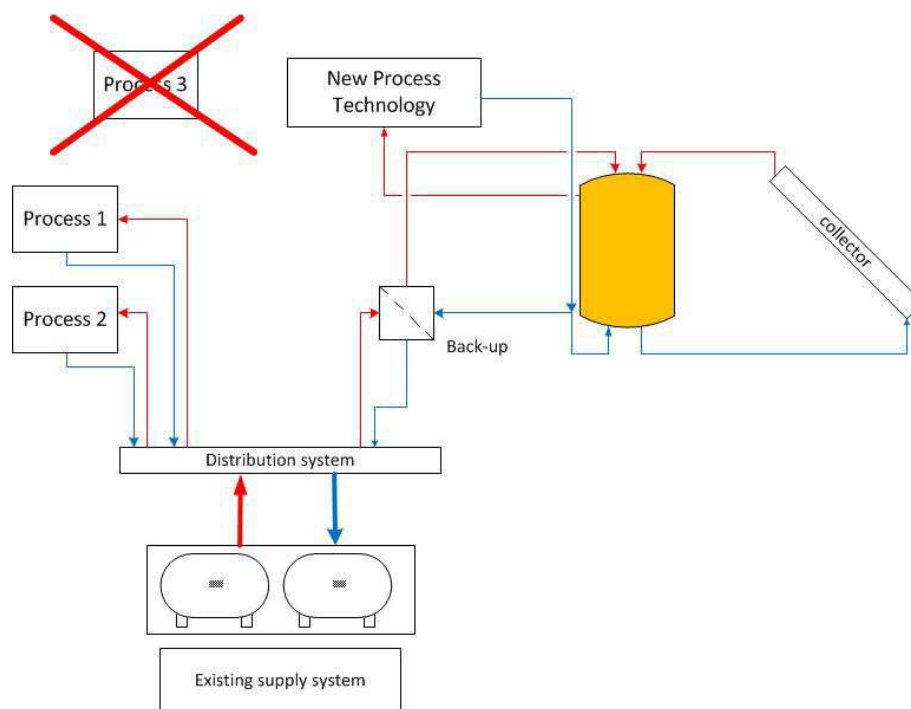


Abbildung 23: Konzept 2 – Solarthermie nach der Implementierung neuer Prozesstechnologien

Konzept 3: Solarthermie zur Bereitstellung von Brauchwasser (siehe Abbildung 24)

- Großer Bedarf an Brauchwasser
- Derzeitige Lösung teilweise mit Kaltwasser
- Veränderung ist nötig wegen Hygienevorschriften

Nach der Integration von vorhandener Abwärme wurde immer noch großes Potential für die Integration von Solarwärme identifiziert.

Einsetzbar in allen Sub-Branchen.

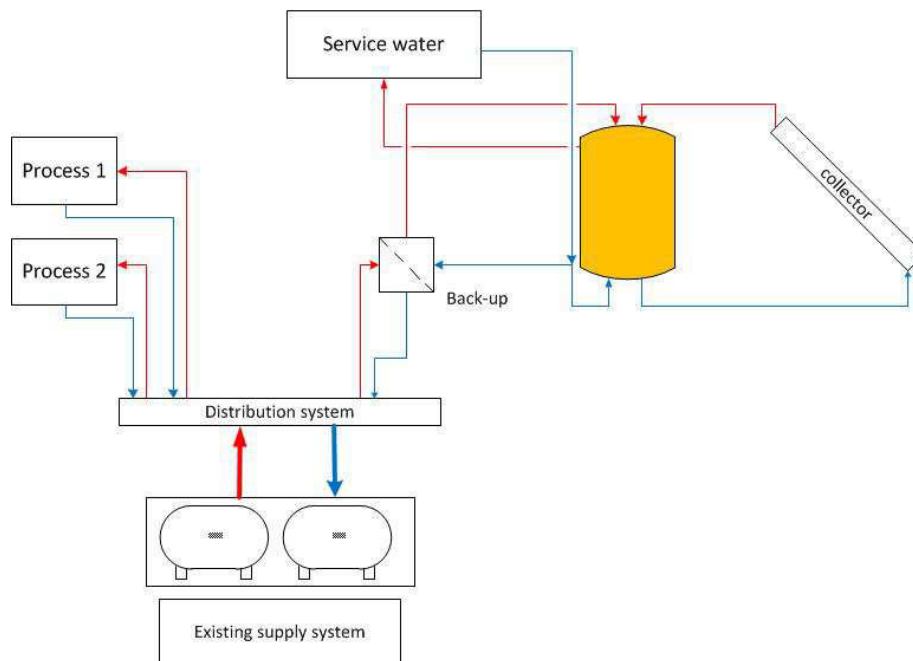


Abbildung 24: Konzept 3 – Solarthermie zur Bereitstellung von Brauchwasser

Konzept 4: Solarthermie in Konkurrenz zu vorhandener Abwärme (siehe Abbildung 25)

- die Nutzung vorhandener Abwärme aus Kälteanlagen steht in Konkurrenz zu Solarthermie
- teilweise sehr große Abwärmemengen vorhanden, wo großer Kühlbedarf in den Betrieben gegeben ist
- Abwärme kann perfekt mit Reinigungsprozessen kombiniert werden
- Priorität vor Integration von Solarthermie oder anderen Erneuerbaren

Einsatzmöglichkeiten:

- Gemüse- und Fruchtverarbeitung
- Fleischverarbeitung

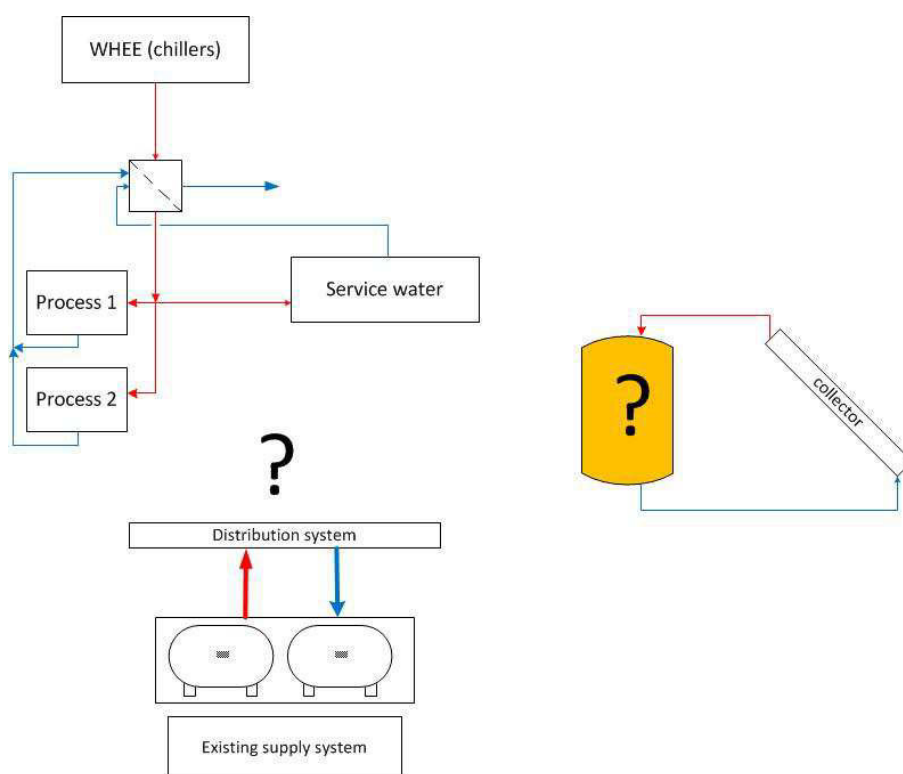


Abbildung 25: Konzept 4 – Solarthermie in Konkurrenz zu vorhandenen Abwärmeströmen

4.1.4 Einsatzmöglichkeiten in den Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie

Basierend auf den Erfahrungen diverser nationaler und internationaler Projekte, speziell auch in den Tasks 33 und 49 des „Solar Heating and Cooling Programme“ (SHC) der Internationalen Energieagentur (IEA), sowie den Fallstudien innerhalb des Projekts können für die untersuchten Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie folgende Prozesse als geeignet für die Integration von Solarthermie benannt werden. Dabei muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass Prozesse je nach Betriebsparametern unterschiedlich geeignet sein können und die angeführten nur als Beispiele dienen sollen.

Fleischverarbeitende Industrie

- Pasteurisation
- Kochen
- Brauchwasser: Reinigung, Heizung

Schlächtereien

- Brauchwasser: Reinigung, Heizung
- Nacherwärmung Warmwasser
- Beheizung Brüher-Becken und Kistenwaschanlage

Früchte- und Gemüseverarbeitende Industrie

- Pasteurisation
- Brauchwasser: Reinigung, Heizung

- Vorwärmung Frischwasser
- Autoklaven

Hersteller von Back- und Dauerbackwaren

- Brauchwasser: Reinigung, Heizung
- Schmelzen von Schokolade
- Warmhalten von Tanks (Palmfett, Schokolade, Sirup, etc.)

Milchverarbeitende Industrie

- Pasteurisation
- Erwärmung Rahm
- Fermenter
- Molkeerwärmung Entfettung
- Erwärmung Bruchwaschwasser
- Erwärmung Milch für verschiedene Produktionslinien
- Erwärmung Reinigungswasser (CIP Milchhof, Käsehof, Topfenwannen)
- Vorwärmung Molkeindampfung
- Erwärmung Schmelzkäse
- Vorwärmung Molkekonzentrat Sprühtrocknung

4.1.5 Kosten von industriellen Solarthermie-Systemen

Genaue Kosten für industrielle Solarthermie-Systeme in Österreich sind derzeit noch schwierig einzuschätzen, vor allem deshalb, weil es noch kaum installierte Anlagen gibt. Da die Anforderungen an die technische Integration in den Betrieben sehr unterschiedlich sind, ergibt sich im Zusammenspiel mit der derzeit geringen Anlagenzahl noch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den spezifischen Investitionskosten und der Anlagengröße. Das hat eine Zusammenstellung von Daten zu derzeit installierten industriellen Solarthermie-Anlagen weltweit im Rahmen vom Task 49 der IEA SHC gezeigt. Konkret reichen die Investitionskosten der in Österreich installierten industriellen Solarthermie-Anlagen von 330 €/m² bis 832 €/m² für Anlagengrößen zwischen 42 und 459 m².

Für weitergehende Untersuchungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von industriellen Solarthermie-Anlagen wurden zu erwartende Kostenreduktionen mit der Anlagengröße abgeschätzt. Dies erfolgte auf Basis von Erfahrungen innerhalb des Projektteams zu umgesetzten Anlagen beziehungsweise aus Kostenvoranschlägen zu geplanten Anlagen. Dabei haben sich für die in Österreich zu erwartenden Investitionskosten die folgenden Bereiche ergeben: für Kollektorfeldgrößen unter 1000 m² Bruttofläche ist mit Systemkosten von 350 – 650 €/m² zu rechnen, für größere Anlagen mit Investitionskosten zwischen 250 – 350 €/m². Diese Kostenangaben beinhalten alle relevanten Kostenkomponenten des Solarsystems: Kollektorfeld, Speicher, Lieferung, Montage, Verrohrung und Zubehör. Abbildung 26 veranschaulicht dabei den Begriff Solarsystem, dieses beinhaltet alle Komponenten des Kollektorkreises und des Speicherkreises.

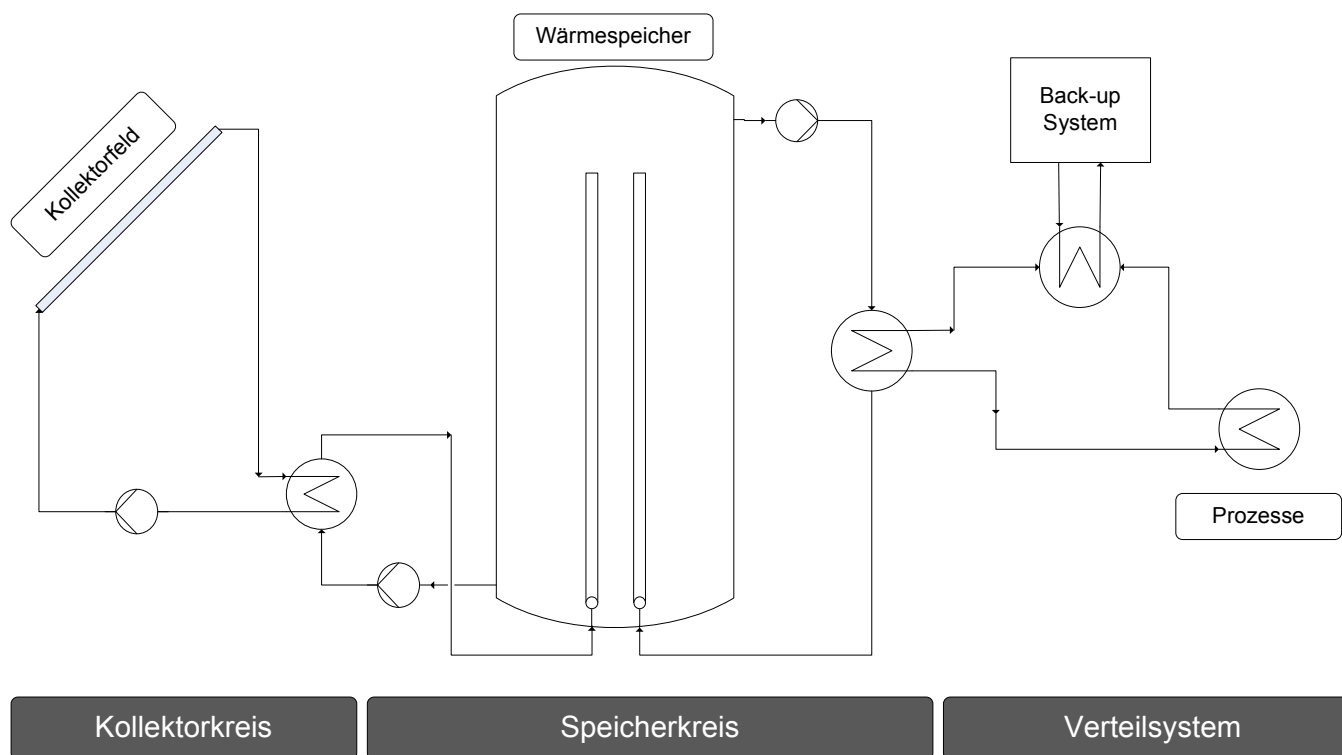


Abbildung 26: Darstellung der Komponenten eines Solarthermie-Systems für den industriellen Einsatz exemplarisch für den Fall der Einspeisung der Wärme in das bestehende Verteilsystem

Erfahrungsgemäß teilen sich die Investitionskosten dabei folgendermaßen auf: Den größten Anteil an den Kosten des Solarsystems hält das Kollektorfeld mit 50-70%, gefolgt vom Speicher mit 10-20% und der Verrohrung mit etwa 10%. Starken Einfluss auf die Kosten des Solarsystems haben dabei anlagenspezifische Faktoren wie eingesetzte Kollektortechnologie, Dachflächenverfügbarkeit und die Statik der Gebäude. Die letztendlichen Investitionskosten für industrielle Solarsysteme können in Abhängigkeit der Integrationskosten in den/die jeweiligen Prozess(e) stark variieren. Die Kosten für die Prozessintegration können erfahrungsgemäß zwischen 5 und in Ausnahmefällen bis zu 100% der Kosten für das Solarsystem betragen, je nach vorhandenem Versorgungssystem und Integrationskonzept. In manchen Fällen entstehen aber auch geringere Systemkosten, wenn beispielsweise Wärmespeicher bereits in der Anlage vorhanden sind und zusätzlich nutzbares Potential aufweisen.

4.1.6 Wirtschaftlichkeit der Integration solarer Wärme

Grundsätzlich handelt es sich bei einer Investition in eine solarthermische Anlagen in der Industrie in der Regel um eine Rationalisierungsinvestition, also um eine Maßnahme zur Senkung der laufenden Energiekosten. Dabei ist zu bedenken, dass mit derzeit verfügbaren Speichertechnologien in den meisten Anwendungsfällen das Vorhandensein einer Back-up Technologie im Umfang der maximal benötigten Prozesslast notwendig ist, um in einstrahlungsschwachen Zeiten die benötigten Energiemengen bereitzustellen. Wird in einem laufenden Betrieb zusätzlich eine Solarthermieanlage installiert, so kann die bestehende Energieversorgungsanlage zumeist als Back-up-System eingesetzt werden, dadurch ergeben sich hier im Regelfall keine zusätzlichen Kosten. In der Forschung wird derzeit daran gearbeitet Langzeitspeicher mit geringen Verlusten zu entwickeln und zur Marktreife zu bringen,

um mit solarthermischen Anlagen nicht nur Energiemengen sondern auch Kapazitäten substituierbar zu machen. Wann entsprechende Speichertechnologien am Markt verfügbar sein werden, ist derzeit noch nicht konkret abschätzbar. Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen im Rahmen des Projekts SolarFoods beziehen sich auf die Annahme, dass eine Rationalisierungsinvestition in einem laufenden Betrieb durchgeführt wird, und dass die bestehende Energieversorgungsanlage ohne zusätzliche Kosten als Back-up-System eingesetzt werden kann.

Soll ein bestimmter Prozess bzw. eine bestimmte Kombination mehrerer Prozesse mit entsprechendem Lastprofil und Temperaturniveau mit einer solarthermischen Anlage versorgt werden, so existiert eine wirtschaftlich optimale Solaranlagengröße für diesen Fall. Dies ist bedingt durch zwei Faktoren. Einerseits sinken die spezifischen Systemkosten für Solaranlagen mit steigender Anlagengröße, größere Anlagen sind dementsprechend im Regelfall günstiger zu erwerben. Demgegenüber sinken die spezifischen thermischen Erträge mit steigender Anlagengröße, in erster Linie deshalb, weil überschüssige Wärme an einstrahlungsstarken Zeiten nur noch teilweise zwischengespeichert werden kann. Zusätzlich sinkt die Effizienz des Solarsystems, je mehr Wärme im Speicher vorhanden ist. Der Grund dafür ist, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem oberen und unteren Teil des Speichers abnimmt, je größer die gespeicherte Energiemenge ist. Dies führt zu einer Erhöhung der Arbeitstemperatur der Solaranlage und damit zu einer Senkung der Wärmeaufnahme in den Kollektoren. Die erzielbaren Wärmepreise für solar bereitgestellte Prozesswärme werden einerseits beeinflusst von der jeweils gewählten Solaranlage (v.a. Größe und Technologie), und andererseits von den verwendeten Parametern für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die Wahl von Abschreibdauer und Zinssatz entscheiden relevant über die erreichten Wärmepreise. Ohne Berücksichtigung der in Österreich derzeit vorhandenen Förderung für solare Großanlagen und mit einer Abschreibdauer von 10 Jahren bzw. einem Zinssatz von 4% können derzeit für solar bereitgestellte Prozesswärme Kosten von etwa 0,04 – 0,06 € pro kWh für wirtschaftlich optimale Auslegungen erreicht werden¹⁸ (vgl. (Hummel et al., 2013)). Eine Erweiterung des Betrachtungszeitraums auf die zu erwartende Lebensdauer von solarthermischen Systemen von ca. 25 Jahren führt zu einer entscheidenden Reduktion der Wärmegestehungskosten auf ca. 0,03 – 0,04 € pro kWh. Zum Vergleich kostet eine kWh Wärme, bereitgestellt aus einem bereits abgeschriebenen Gaskessel, etwa 0,05 €/kWh (durchschnittlicher industrieller Gaspreis, durchschnittlicher Kessel-Wirkungsgrad von 70%), betrachtet auf einen Zeitraum von 25 Jahren mit einer relativ gering angenommen Gaspreissteigerung von 1% pro Jahr sogar 0,07 € pro kWh. Das bedeutet, dass solarthermisch bereitgestellte Wärme, betrachtet auf deren Lebensdauer, bereits ohne Förderung große Kosteneinsparungen mit sich bringt.

Der derzeit in der Industrie am häufigsten verwendete Indikator für die Einschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Investition ist aber nicht der erzielbare Wärmepreis, sondern die wirtschaftliche Rückzahlzeit, auch Amortisationszeit genannt. Ohne Förderung erreichen Solaranlagen für die Bereitstellung von Prozesswärme unter derzeitigen Kosten- und Preisbedingungen zumeist Amortisationszeiten im Bereich zwischen 10 und 20 Jahren. Für viele Unternehmen deutlich zu lange, um derartige Investitionen aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus zu tätigen. Die in Österreich derzeit vorhandene Förderung solarer Großanlagen von Klima- und Energiefonds fördert durchschnittlich 36%

¹⁸ berechnet nach dem Konzept der „Levelized Costs of Energy“, siehe dazu (Hummel et al., 2013) oder (Branker et al., 2011)

der relevanten Investitionskosten. Dies führt zu einer nennenswerten Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in solarthermische Anlagen. Die Amortisationszeiten verringern sich dadurch in einer Größenordnung von etwa 30% (Hummel et al., 2013).

Wichtige Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von Solarthermiesystemen sind die Temperaturen, die vom Solarsystem bereitgestellt werden sollen/müssen, die Rückflusstemperaturen aus den Prozessen in das Solarsystem, wenn es sich um ein geschlossenes System handelt, sowie das Lastprofil der zu deckenden Prozesse. Dabei ist der einflussreichste Faktor die Rückflusstemperatur aus den Prozessen. Wird in einem Betrieb überschüssige Wärme in das Bereitstellungssystem rückgeführt, so erhöht sich die Arbeitstemperatur des Solarsystems. Dadurch verringert sich einerseits die Effizienz der Kollektoren, andererseits wird ein Teil der potentiell über Solarthermie bereitstellbaren Wärmemenge bereits aus der Wärmerückgewinnung gedeckt. Dies führt dazu, dass in Anlagen, in denen große Abwärmemengen zur Verfügung stehen, etwa bei Vorhandensein von großen Kühlanlagen, ein Einsatz von Solarthermie genau geprüft werden muss, um einen wirtschaftlichen Einsatz zu gewährleisten. Je niedriger die benötigte Prozesstemperatur ist, desto höher ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage, da die Kollektoren bei niedrigeren mittleren Temperaturen geringere Verluste besitzen bzw. günstigere Technologien eingesetzt werden können. Naheliegend ist, dass das Lastprofil bzw. die Summe der Lastprofile der zu deckenden Prozesse einen wichtigen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Solarsystems besitzt. Einwöchige Betriebsferien im Sommer erhöhen die Wärmepreise der Solarenergie zwar nicht massiv (etwa im Bereich von 5% für die untersuchten Bedingungen), sollten wenn möglich aber natürlich vermieden werden.

Je nachdem, wie gut sich das Lastprofil der potentiell zu deckenden Prozesse mit dem solaren Einstrahlungsprofil deckt, ist es mehr oder weniger sinnvoll, einen Wärmespeicher in das Solarsystem zu integrieren. Durch die verhältnismäßig geringen Mehrkosten für Wärmespeicher macht es aber aus wirtschaftlicher Sicht sehr oft Sinn, die solaren Lastspitzen durch einen Wärmespeicher auf die Prozesslastprofile zu verteilen. Sensitivitätsanalysen der Integration von solarer Wärme in einen in der Lebensmittelindustrie typischen Waschprozess führten für österreichische Einstrahlungsbedingungen zu den folgenden Ergebnissen: bei Produktion an 7 Tagen in der Woche führen Speichervolumina zwischen 50 – 60 l/m² Kollektorfläche zu kostenoptimalen Solarsystemen, wird an Wochenenden nicht produziert so ist es wirtschaftlich sinnvoll das Speichervolumen auf ca. 90 l/m² zu erhöhen. (Hummel et al., 2013)

4.2 Integration von Biogas

4.2.1 Vorgehensweise der Integration

Die Integration der Biogastechnologie in einzelne Branchen bzw. Sub-Branchen ist abhängig vom Reststoffanfall in Art und Menge. Bei der Art der Reststoffe sind einerseits die Zusammensetzung und andererseits der Gasertrag entscheidend, hinsichtlich der Menge müssen der jährliche Gesamtanfall sowie saisonale und produktionsabhängige Stoffströme unterschieden werden. Auf Basis dieser Daten können Berechnungen zu einer möglichen Integration durchgeführt werden. Darüber hinaus ist zu beachten welche lokalen und regionalen Begebenheiten vorliegen. Viele Betriebe sind aus historischen Gründen in Orten eingebunden bzw. Nahe an Wohngebieten angesiedelt. Weiters sind Fragen zur prinzipiellen Integrationsmöglichkeit in das lokale System einzubeziehen. Dabei sind Räumlichkeiten und

Anlagen im Betrieb auszuweisen die dem Biogasprozess genügen sowie welche Infrastruktur für das Biogas genutzt werden kann. Dies betrifft beispielsweise vorhandene und für Erdgas geeignete Brennkessel. Auf Grund der chemischen Eigenschaften kann Biogas als Erdgassubstitutent genutzt werden und somit dem Erdgas in limitierten Anteilen beigemischt werden. In vielen Branchen ist eine anaerobe Reinigung mittels UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blank) oder ähnlichen Reaktorsystemen etabliert. In Betrieben mit einer solchen anaeroben Abwasserreinigung erfolgt in vielen Fällen eine Kofeuerung des produzierten Gases mit Erdgas.

Bei der Installation einer Biogasanlage ist das Ökostromgesetz zu befolgen. Als wichtige Punkte sind hierbei Nachweise über die Bereitstellung von Biomasse über mehrere Jahre im Voraus sowie Nutzungsgrade des Biogases von mindestens 60% gefordert.

4.2.2 Vorteile/Nachteile der Integration

Die Integration der Biogastechnologie in Betriebe der Lebensmittelindustrie besitzt Vor- und Nachteile. Vorteilhaft bei der Implementierung der Biogastechnik ist die Nutzung der eigenen Reststoffe aus der Produktion. In weiterer Folge können mögliche Entsorgungskosten eingespart werden. Diese sind in den letzten Jahren durch eine starke Verbreitung eigenständiger Biogasanlagen und damit einer möglichen Verwertung in diesen Anlagen jedoch drastisch gesunken. Ein weiterer Vorteil ist die Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger zur Bereitstellung von Prozessenergie. In Abhängigkeit von Betrieb und Branche können Deckungsgrade von bis zu 90% erreicht werden.

Die Implementierung der Biogastechnologie ist jedoch auch kritisch zu betrachten. Zunächst ist anzumerken, dass das Betreiben einer Biogasanlage nicht zum Kerngeschäft von Lebensmittelbetrieben gehört. Zudem können sich mögliche Geruchsemissionen bei unsachgemäßem Betrieb oder beispielsweise bei nicht ausreichender Umhausung entsprechender Anlagenteile negativ auswirken. Das feste und/oder flüssige Gärprodukt fällt entsprechend dem Input an. Bei täglicher Beschickung sind Gärprodukte entsprechend zu lagern oder wegzuführen. Diese sind als Dünger einsetzbar.

4.2.3 Ergebnisse aus verschiedenen Fallstudien

Viele Branchen haben ein hohes Potential einen großen Teil des Energiebedarfes durch die Verwertung der eigenen Reststoffe abzudecken. Genaue Angaben können hier aber nur in Abhängigkeit des Energiebedarfes des jeweiligen Betriebes gemacht werden. Da viele Betriebe nicht über detaillierte Daten zum Energiebedarf der Produktion verfügen sind genaue Aussagen zu möglichen Gaserträgen und damit erreichbaren innerbetrieblichen Deckungsanteilen oft nur nach einer genaueren Untersuchung des jeweiligen Betriebes möglich.

Umgesetzte Projekte und durchgeführte Studien haben aber gezeigt, dass manche Branchen für eine Einbindung von Biogas in die Betriebsstruktur eher geeignet sind als andere. Im Folgenden werden die drei für eine Einbindung der Biogastechnologie erfolversprechendsten Branchen mit den jeweiligen Reststoffströmen aufgezählt.

Schlachthöfe

- Blut

- Pansen
- Fettabscheiderreste
- Abwasser

Milchverarbeitende Industrie

- Molke
- Abwasser

Brauereien

- Treber
- Überschusshefe
- Heißtrub
- Kalttrub
- Abwasser

Für folgende weitere Branchen können Biogasanlagen teilweise in Betracht gezogen werden, jedoch sind sie auf Grund der saisonalen Betriebsweise, der geringeren Reststoffmengen und der Nutzung als Tierfutter weniger lukrativ.

- Zuckerindustrie
- Mühlenindustrie
- Weinkellereien
- Fruchtsaftindustrie

4.2.4 Einsatzmöglichkeiten in Subbranchen / Technische Konzepte

Schlachthöfe

Die Integration der anaeroben Reststoffverwertung in der fleischverarbeitenden Industrie ist technisch möglich und wird in Österreich bereits durchgeführt. Auf Grund des hohen Stickstoffniveaus der Inputstoffe kann es zu Prozessinhibierungen kommen. Daher ist eine adaptierte Verfahrenstechnik gegenüber Biogasanlagen mit rein landwirtschaftlichen Inputstoffen zu installieren. Um einen stabilen Prozess zu garantieren ist eine umfangreichere Prozessbetreuung notwendig. Um die bereitgestellte Energie besser nutzen zu können, sollte zusätzlich zur Biogasanlage ein Wärmespeicher installiert werden. Somit kann gewährleistet werden, dass die Wärmebedarfsspitzen besser abgedeckt werden können. In Schlachthöfen kann durch die anaerobe Verwertung eine Abdeckung des Energiebedarfs von rund 70 bis 75% erreicht werden.

Milchverarbeitende Industrie

In der milchverarbeitenden Industrie können unterschiedliche Produktströme unterschieden werden. Dabei kann prinzipiell in Käseproduzenten und nicht Käseproduzenten eingeteilt werden. Erst durch das Anfallen von Molke ist ausreichend Kohlenstoff für die Biogasgewinnung vorhanden. Es ist anzumerken, dass bereits 50% der in Österreich anfallenden Molke getrocknet und als Pulver vertrieben wird. Zusätzlich zur Molke kann in milchverarbeitenden Betrieben das Abwasser genutzt werden. Bei der Ausführung der Biogas-Reaktoren ist darauf zu achten, dass rein flüssige Substrate verwendet werden. Entsprechend ist die Verfahrenstechnik auszulegen. Eine erste Anlage der Anaerobtechnologie wurde in der milchverarbeitenden Industrie in Österreich bereits vor einigen Jahren installiert und wird seitdem erfolgreich betrieben. Hierbei werden rund 60% des Wärmebedarfs durch Nutzung der Abwärme in einem BHKW abgedeckt. Der Strom wird dabei als Ökostrom ins Stromnetz eingespeist.

Brauereien

Der Einsatz der Biogastechnologie in Brauereien ist technisch möglich. Eine Umsetzung der Trebervergärung sowie der pastösen Reststoffe ist im Labormaßstab bereits erfolgreich durchgeführt. Derzeit fehlen noch großtechnische Umsetzungen. In einigen Brauereien ist eine Implementierung angedacht, jedoch auf Grund wirtschaftlicher Begebenheiten nicht realisiert worden. Hingegen wird die anaerobe Reinigung von Abwasser zum methanreichen Gas derzeit in einigen Brauereien durchgeführt. Dabei werden für die anaerobe Vorreinigung typische Reaktoren wie beispielsweise UASB oder EGSB (expanded granular sludge bed) eingesetzt. Die Implementierung der Anaerobtechnologie zur Verwertung der gesamten organischen Reststoffe in Brauereien läßt eine theoretische Abdeckung des Gesamtenergiebedarfs von rund 60% zu. Dabei wird das Biogas in einem BHKW verstromt. Dabei könnte der Strombedarf zu 90% und der Wärmebedarf zu 50% abgedeckt werden. Bei einer reinen Wärmeerzeugung könnte der Wärmebedarf zu 90% abgedeckt werden.

4.2.5 Vorhandene und notwendige Rahmenbedingungen zur Integration

Rechtliche Rahmenbedingungen

In Österreich gilt zur Einspeisung von Strom aus Biogasanlagen das Ökostromgesetz. Dieses regelt den Netzanschluss, die Anerkennung als Ökostromanlage, die Einspeisevergütung sowie die Installation der Anlagen. Im Abstand von zwei Jahren wird das Ökostromgesetz erneuert bzw. angepasst, wodurch auf Entwicklungen in der Technologie reagiert werden kann. In Abhängigkeit der Anlagengröße erhält der einspeisende Betrieb entsprechende Vergütungen. Diese Vergütungen werden ebenfalls alle zwei Jahre angepasst.

Technische Rahmenbedingungen

Die Integration der Biogastechnologie bietet die Möglichkeit Erdgas zu substituieren oder in einer eigenen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen Strom und Wärme bereitzustellen. Bei einer Erdgassubstitution bietet es sich an vorhandene Infrastruktur wie Brennkesseln zu nutzen, die mit in limitierten Anteilen beigemengtem Biogas ohne technische Anpassungen betrieben werden können. Geringere

Investitionskosten durch die Einbindung in bestehende Infrastruktur können diese Art der Integration wirtschaftlich attraktiv machen. In Anbetracht der bestehenden Vergütung nach Ökostromgesetz bietet sich zudem die Nutzung von Biogas in KWK-Anlagen an. Hierbei kann der elektrische Strom nach Ökostromgesetz vergütet werden. Die Abwärme aus der KWK aber auch die Restwärme des Abgasstromes kann im Betrieb zur Versorgung der Prozesse oder des Raumwärmebedarfs genutzt werden. Dadurch können Brennstoffnutzungsgrade von 80-90% erreicht werden. Bei der Installation einer Biogasanlage ist außerdem auf lokale Bedingungen zu achten. Hierzu zählen das direkte Umfeld (Anwohner) sowie der Möglichkeit die flüssigen und festen Gärprodukte als Dünger einsetzen zu können.

4.2.6 Wirtschaftlichkeit

Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Reststoffe bestehen in der Regel aus den folgenden Komponenten Reaktorsystem, Gasspeicher und Gasnutzung (BHKW oder Upgrading). Die Vergärung selbst findet in einem Reaktor, bestehend aus Einbringung, Haupt- und Nachfermenter sowie Endlager, statt. Um das gewonnene Biogas nutzen zu können, muss in der Regel bevor es in einem BHKW genutzt wird, teilweise entschwefelt und getrocknet werden.. Das Biogas kann in einem Gasspeicher zwischengelagert werden, um beispielweise Unregelmäßigkeiten in der Gasproduktion oder Produktionsspitzen auszugleichen. Die Investitionskosten von Biogasanlagen zur Nutzung in einem BHKW liegen für kleine Anlagen im Bereich von 4.000 – 6.000 €/kW_{el}, manchmal auch darüber, für größere Anlagen über 1 MW_{el} auch um 3.000 €/kW_{el}. Neben den Kosten für die Anlagenteile und die Installation fallen auch Kosten für die Planung und die Genehmigung an.

Bei Biogasanlagen ist eine starke Degression der anfallenden Kosten mit der Anlagengröße zu beobachten. Dies liegt zu einem Teil daran, dass Komponenten mit zunehmender Größe günstiger zu erwerben sind und der Planungsaufwand und die Installationskosten mit zunehmender Größe nur leicht ansteigen. Dies führt zu geringeren spezifischen Investitionskosten für größere Anlagen. Zum anderen tritt aber auch bei den spezifischen laufenden Kosten eine starke Reduktion mit der Anlagengröße auf. Bei allen Biogasanlagen ist der laufende Einsatz von Personal notwendig, relativ unabhängig von der Anlagengröße. Dabei handelt es sich einerseits um bürokratische Tätigkeiten wie die Abwicklung von Abrechnungsangelegenheiten oder die Beschickung der Anlage die Prozessüberwachung oder Gärproduktverwertung. Dieser Personalaufwand ergibt in Summe etwa 0,4 – 0,5 Vollzeitäquivalent (VZÄ), was derzeit zu Kosten von 30 – 40.000 € pro Jahr führt. Ein Ansteigen der elektrischen Wirkungsgrade mit der Anlagenleistung verstärkt zusätzlich den Effekt der Kostendegression.

Die Verwertung der anfallenden Gärreste spielt für die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen eine nennenswerte Rolle. So kann die Verwertung der Gärreste entweder mit Kosten verbunden sein, oder aber zu zusätzlichen Erlösen führen. Dabei sind in erster Linie die folgenden Faktoren von Bedeutung. Zunächst hängt der Wert von Gärresten von der Konzentration an Inhaltsstoffen mit Düngewirkung ab (Stickstoff, Phosphor und Kalium). Gärreste aus der Vergasung von Schlachtabfällen etwa hätten einen theoretischen Wert im Bereich zwischen 6 – 10€/m³, natürlich in starker Abhängigkeit von den herrschenden Marktpreisen für industriell hergestellte Düngemittel. Inwieweit die Gärreste tatsächlich in der Düngung landwirtschaftlicher Flächen eingesetzt werden können hängt dann davon ab, ob in erreichbarer Umgebung die dafür notwendigen Flächen vorhanden sind, und ob dies gesetzlich und

strukturell durchführbar ist. Je größer dabei die Entfernung zwischen dem Betrieb und den Agrarflächen ist, desto größer werden die anfallenden Transportkosten. Grundsätzlich sind dadurch Betriebe in ländlicher Umgebung besser für den Einsatz von Biogasanlagen geeignet, als Betriebe in städtischer Umgebung.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Faktor bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist der Eigenstrombedarf der Biogasanlage. Die größten Eigenstromverbraucher sind dabei die Peripheriekomponenten des BHKWs (Notkühler, Umwälzpumpen, Raumlüfter und eventuell ein Gasverdichter), die Rührwerke sowie die Einbringsysteme. Der Eigenstromanteil der Biogasanlage, also der Anteil des erzeugten Stroms, der für den Betrieb der Anlage eingesetzt werden muss, liegt je nach Effizienz der Anlagen im Bereich zwischen 4 und 12%. (SeV, 2006)

Zur Förderung der Installation von Biogasanlagen zur gleichzeitigen Bereitstellung von Strom und Wärme wird derzeit ein Einspeisetarif für Strom aus erneuerbaren Quellen gewährt. Die Regelung erfolgt dabei im Rahmen des Ökostromgesetzes, welches im Abstand von zwei Jahren an die jeweils aktuellen Rahmenbedingungen angepasst wird. Für Strom aus Biogasanlagen wird derzeit ein Tarif in der Höhe von etwa 16 Cent/kWh gewährt, für kleine Anlagen etwas mehr, für große etwas weniger. (vgl. (NOEST and LEV, 2012))

4.3 Barrieren gegenüber einer nachhaltigen Wärmebereitstellung

Die derzeitige Struktur der Wärmebereitstellung in der Lebensmittelindustrie in Österreich ist deutlich durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt. Dementsprechend existiert eine Reihe von Barrieren gegenüber der Installation von erneuerbaren und energieeffizienten Alternativen, die im Folgenden diskutiert werden. Aussagen hinsichtlich der Intensität der unterschiedlichen Barrieren in den verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung sind mit derzeit vorhandenem Wissen kaum möglich, die grundsätzlichen Barrieren sind in allen Branchen ähnlich.

Barrieren durch eingeschränkte Informationsverbreitung

Viele Unternehmen in der Lebensmittelherstellung wissen nicht oder nur unzureichend über die Ineffizienzen in ihren Betrieben Bescheid; das Wissen, an welchen Punkten innerbetrieblich Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs bzw. der Energiekosten gesetzt werden könnten, fehlt vielerorts. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass die Energiekosten in den verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung nur zwischen 2 und 6% der Gesamtkosten ausmachen und damit keinen primären Kostenfaktor darstellen (Statistik Austria, 2010). Dadurch ist eine Optimierung der Energiebereitstellung nicht im oberen Feld auf der Agenda der Unternehmen angesiedelt. Gespräche mit Branchenvertretern und Unternehmen der Lebensmittelindustrie in Österreich zeigen aber, dass sich die wirtschaftliche Relevanz und das firmeninterne Interesse am Thema Energie in den letzten Jahren merklich erhöht hat. Vorwiegende Gründe sind phasenweise steigende Energiepreise sowie die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeit als Verkaufsargument. Daraus ergibt sich ein derzeit weitverbreitetes Informationsdefizit hinsichtlich der Möglichkeiten nachhaltiger Energieversorgung, der Verfügbarkeit entsprechender Technologien, deren Kosten und Einsparungspotentiale, sowie der

bestehenden staatlichen Förderungen. Speziell kleine Betriebe haben vielfach keine Zeit sich mit dem Thema Energie auseinanderzusetzen und im Regelfall mangelt es an Personalkapazitäten.

Technologische und strukturelle Barrieren

Vor allem in der Integration von Solarthermie in industrielle Prozesse bestehen derzeit noch relevante technologische Hemmnisse. Werden höhere Temperaturen in den Prozessen benötigt, so führt dies zu Einbußen bei der Energieaufnahme in den Kollektoren und damit zu geringeren Erträgen. In diesem Zusammenhang wirkt die derzeitige Verbreitung von Prozesstechnologien hemmend, da in vielen Fällen Technologien zum Einsatz kommen, die höhere Temperaturen bzw. thermische Leistungen benötigen, als die besten jeweils verfügbaren Technologien. Historisch bedingt sind derzeit in vielen Betrieben der Lebensmittelherstellung Dampfversorgungssysteme installiert. Da in Österreich aufgrund der geringen Jahressumme an direkter Sonneneinstrahlung konzentrierende Solarsysteme derzeit nicht wirtschaftlich sind, kann hier keine direkte Einspeisung in das Dampfsystem erfolgen. Eine Umstellung auf Heißwasserversorgung in jenen Fällen, in denen die erforderlichen Temperaturniveaus der Prozesse dies erlauben würden, stellt einen zusätzlichen Kostenfaktor dar und hemmt damit eine Integration. Auch die zeitliche Verschiebung zwischen Angebot und Nachfrage ist derzeit noch eine relevante Barriere. Da eine verlustfreie Speicherung über mehrere Monate kaum durchführbar ist, müssen Back-up-Systeme meist im Umfang der maximal nachgefragten Leistung vorhanden sein. Statische Probleme bei der Aufbringung von Solarkollektoren auf vorhandenen Dachflächen ist zusätzlich vor allem bei älteren Betriebsgebäuden ein weiteres Hemmnis, das in einigen Fällen derzeit zu deutlichen Mehrkosten führt. Darüber hinaus ist für die Auswahl eines geeigneten erneuerbaren Versorgungssystems vor allem im Fall von Solarthermie eine detaillierte Analyse des vorhandenen thermischen Energiebedarfs notwendig. Dies erhöht den Planungsaufwand für entsprechende Projekte. Ein strukturelles Hemmnis speziell im Zusammenhang mit der Installation von solarthermischen Anlagen ist, dass derzeit keine Dienstleister vorhanden sind, die sowohl über das notwendige Wissen hinsichtlich thermischer Solaranlagen, als auch über die Eigenschaften und technologischen Optionen der Prozesse in der Lebensmittelherstellung verfügen. In die Planung und Installation einer Solaranlage müssen dementsprechend in der Regel sowohl Anlagenbauer als auch Solarplaner mit einbezogen werden.

Beim Betrieb einer Biogasanlage stellt vor allem der Personalaufwand ein entscheidendes Hemmnis dar. Biogene Reststoffe und Abwässer mit biogenen Frachten fallen in der Regel nicht konstant und nicht mit gleichbleibenden Konzentrationen der unterschiedlichen Inhaltsstoffe an. Daher ist es notwendig den Gärprozess kontinuierlich zu überwachen und zu warten. Dies führt dazu, dass in der Regel eine Person fast vollständig mit diesen Arbeiten gebunden ist. Die Intensität dieser Barriere wird zusätzlich verstärkt, da einerseits das notwendige Wissen hinsichtlich des Gärprozesses vorhanden sein muss, andererseits muss für den Fall, dass die zuständige Person krank oder aus anderen Gründen arbeitsunfähig ist, ein gleichwertiger Ersatz zur Verfügung stehen. Zusätzlich führt dieser Personalaufwand dazu, dass vor allem bei geringeren Reststoffmengen ein wirtschaftlicher Betrieb der Biogasanlagen kaum erreichbar ist. Ein strukturelles Hemmnis für die Installation von Biogasanlagen in der Lebensmittelherstellung ergibt sich daraus, dass die anfallenden biogenen Reststoffmengen an manchen Orten gewinnbringend und unkompliziert verkauft werden können. Neben dem verbreiteten Einsatz von Biotreber als Tierfutter hat in den letzten Jahren vor allem durch die Inbetriebnahmen von eigenständigen Biogasanlagen zur

Energiebereitstellung die Nachfrage nach biogenen Reststoffen zugenommen. Einige Unternehmen der Lebensmittelindustrie geben derzeit bereits Teile oder die gesamten Reststoffmengen zu umliegenden Biogasanlagen. Eine Realisierung neuer Biogasanlagen gekoppelt an industrielle Prozesse wird somit reduziert, da Reststoffströme bereits teilweise oder vollständig genutzt werden.

Auch gegenüber der Steigerung der Energieeffizienz in den Betrieben wirken strukturelle Barrieren. Audits in Produktionsanlagen der Lebensmittelindustrie in Österreich werden derzeit durchaus zahlreich angeboten und durchgeführt. Hier existiert ein breites Angebot an Förderungen auf Bundes- und Länderebene, wie beispielsweise durch den Beratungsscheck der Wirtschaftskammer, den KMU-Energieeffizienzcheck vom Klima- und Energiefonds oder die Beratungsförderung des oberösterreichischen Energiesparverbands. Dennoch mangelt es oft an der Umsetzung identifizierter Maßnahmen. Besonders unwahrscheinlich ist eine Umsetzung vor allem dann, wenn es im Betrieb keine Person gibt, die rein für das Thema Energie verantwortlich ist. In diesen Fällen werden vielleicht sogar Konzepte entwickelt, aber eine weitere Begleitung bis hin zur Umsetzung findet nicht statt. Darüber hinaus ist auch eine starke Identifikation der energieverantwortlichen Personen in den Betrieben mit dem Thema, den Möglichkeiten und Chancen unterschiedlicher Alternativen ein zentraler Punkt für die Umsetzung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, aber auch zur Integration erneuerbarer Technologien in der Energieversorgung. Fallweise werden auch Audits durchgeführt, die qualitativ nicht den Vorstellungen der Unternehmen entsprechen, so fehlt in vielen Fällen beispielsweise die Evaluierung der identifizierten Maßnahmen. Dadurch kommt es einerseits nicht zur Durchführung vorgeschlagener Maßnahmen, andererseits sinkt in weiterer Folge das Vertrauen der Unternehmen in externe Beratung.

Wirtschaftliche Barrieren

Erneuerbare Technologien zur Wärmebereitstellung sowie energie- bzw. ressourceneffiziente Prozesstechnologien sind gekennzeichnet durch höhere Investitionen als dies bei fossilen bzw. weitverbreiteten Alternativen der Fall ist. Demgegenüber ergeben sich aus deren Einsatz geringere laufende Kosten durch die Senkung des Energiebedarfs bzw. durch geringere Energieträgerkosten. Im Fall von Solarthermie- und Biogasanlagen und auch bei der Effizienzsteigerung handelt es sich daher um Rationalisierungsinvestitionen zur Senkung der laufenden Kosten, welche in den Unternehmen der Lebensmittelindustrie meist kurzfristig gesehen werden. Sie gelten in vielen Fällen nicht als Investitionen in die betriebliche Infrastruktur. Durch die Kombination aus höheren Investitionen mit im Vergleich dazu niedrigen Preisen für fossile Energieträger führt dies derzeit zu längeren wirtschaftlichen Abschreibungsdauern als viele Unternehmen akzeptieren. Bei sogenannten Infrastrukturinvestitionen werden hingegen in der Regel weitaus längere Zeiträume für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit angesetzt als dies bei Rationalisierungsinvestitionen der Fall ist. Gleichzeitig zeigt die Vergangenheit, dass die erreichten Lebensdauern von Prozesstechnologien und Anlagen zur Energiebereitstellung langfristige Betrachtungszeiträume rechtfertigen würden. Handelt es sich nicht um Investitionen in einem laufenden Betrieb, sondern um Investitionen in neue Produktionslinien oder gesamte Betriebe, so handelt es sich nicht um Rationalisierungs- sondern Neuinvestitionen. Auch in diesem Fall werden oft Technologien mit niedrigeren Investitionskosten bevorzugt, vor allem, wenn die zu erwartende Auslastung und der damit einhergehende Energiebedarf noch schwer abschätzbar ist. Speziell bei

Investitionen in Anlagen zur Nutzung fester Biomassebrennstoffe bringt die Unsicherheit der zukünftigen Preisentwicklung ein weiteres relevantes Hemmnis.

5 SolarFoods – Berechnungswerkzeuge

Im Rahmen des Branchenkonzptes SolarFoods entstanden drei Softwarepakete, die eine Unterstützung in der Einschätzung von Potentialen zur Effizienzsteigerung und der Integration von Erneuerbaren Energien in Betrieben der Lebensmittelindustrie bieten. Diese Berechnungswerkzeuge basieren auf den weitverbreiteten Programmen MS Excel, MS Visio und java und stehen gratis zur Verfügung.

Den Kern der im Rahmen des Projekts entwickelten Software-Pakete bildet die **SolarFoods-Software**. Sie bietet die Möglichkeit der Aufnahme des derzeitigen Standes von Energiebedarf und -bereitstellung in Betrieben der Lebensmittelindustrie und zur Analyse von Potentialen zur Effizienzsteigerung sowie der Integration von Erneuerbaren Energien. Ausgehend von der energetischen Bilanzierung des zu untersuchenden Betriebs durch Angabe der bestehenden Prozesse und der Energieversorgungsstruktur kann in einem ersten Schritt ein Vergleich mit anderen Betrieben durch Benchmarking durchgeführt werden. Danach können die bestehenden Potentiale zur Wärmerückgewinnung untersucht und ein Wärmetauschernetzwerk ausgelegt werden. Darauf aufbauend ermöglicht die Software die Analyse einer teilweisen oder vollständigen Substitution der bestehenden Energieversorgungsstruktur. Der Fokus liegt dabei auf erneuerbaren Optionen. Zur Auslegungsunterstützung im Bereich Solarthermie ist das Programm SOLiS (Details siehe nächster Absatz) in die Software integriert. In einem letzten Schritt können die Wirtschaftlichkeit der gewählten Wärmerückgewinnungs- und Energiebereitstellungs-Optionen beurteilt und der einsparten CO₂-Emissionen gegenübergestellt werden.

Für eine weitergehende Unterstützung bei der Bilanzierung der vorhandenen Prozesse in den Betrieben wurde die Software **CAPAD** entwickelt. Das Tool ist in der Lage ein Masse- bzw. Energiesystem durch Aufstellen eines linearen Gleichungssystems zu lösen. Es sollen dadurch die Energie- und Massenströme bestehender Produktionsprozesse abgebildet werden und somit für weitergehende Untersuchungen zur Verfügung stehen.

Zur Abschätzung der technischen und wirtschaftlichen Effizienz solarthermischer Energiebereitstellung in der Industrie wurde das Programm **SOLiS** entwickelt. SOLiS ist ein Tool zur Simulation der solaren Wärmebereitstellung für industrielle Anwendungen. Auf Basis gegebener Kollektor-, Speicher- und Anlagendaten wird ein typisches Jahr simuliert um die zu erwartenden Wärmemengen und die Wärmegestehungskosten abzuschätzen.

Im Folgenden wird einerseits die Zielgruppe dieser rechnergestützten Entscheidungshilfen spezifiziert, andererseits werden die drei verschiedenen Software-Pakete überblicksmäßig dargestellt. Weitere Informationen sowie die Software-Pakete selbst sind im SolarFoods-Dokuwiki zu finden¹⁹.

5.1 Zielgruppe

Die Zielgruppe für die Anwendung der SolarFoods-Berechnungswerkzeuge sind auf der einen Seite Betriebe und deren Verantwortliche. Konkret sind hier vor allem Energiemanager sowie Betriebsleiter zu nennen, denn diese besitzen auch die notwendige Kenntnis über die in ihrem Betrieb ablaufenden

¹⁹ Im Internet unter www.solarfoods.at/dokuwiki

Produktionsprozesse. Auf der anderen Seite zählen Energieberater zur direkten Zielgruppe für die Berechnungswerkzeuge. Ihnen soll mit diesen Tools die Möglichkeit geboten werden, einfache Prozesse rasch darzustellen und darüber hinaus Maßnahmen wie Prozess- und Systemoptimierung sowie eine Substitution der bestehenden Energieversorgung wirtschaftlich und umweltlich zu evaluieren.

5.2 Beschreibung der unterschiedlichen Software-Pakete

5.2.1 SolarFoods-Software

Ziel des Einsatzes der SolarFoods-Software ist die Aufnahme des derzeitigen Standes von Energiebedarf und -bereitstellung in Betrieben der Lebensmittelindustrie und die Analyse von Potentialen zur Effizienzsteigerung sowie der Integration von Erneuerbaren Energien. Das Tool ist in MS Excel umgesetzt und so aufgebaut, dass nacheinander die einzelnen Blätter durchgegangen werden. Auf den einzelnen Blättern werden nach der Reihe die für die Berechnungen notwendigen Daten angegeben. Nach jedem Abschnitt werden die Ergebnisse der Berechnungen angezeigt und können interpretiert werden. Die Software gliedert sich dabei in die folgenden Schritte, die nacheinander durchgeführt werden müssen um alle für die jeweiligen Berechnungen notwendigen Daten einzugeben:

- Angabe von grundlegenden Daten des laufenden Betriebs wie Produktmengen, Betriebszeiten und anfallenden Kosten im Zusammenhang mit der Energieversorgung
- Angabe des derzeitigen Standes der Energieversorgung, konkret die Wärme- und Kälteversorgung sowie die Druckluftherzeugung
- Aufnahme der die der Produktion eingesetzten Prozesse (Unit Operations)
- Vergleich des Betriebes mit aktuellen Benchmark-Daten der jeweiligen Sub-Branche
- Identifikation vielversprechender Abwärmeströme und Auslegung eines möglichen Wärmetauschernetzwerkes
- Definition der Nutzung biogener Abfallströme durch Angabe vorhandener biogener Reststoffströme sowie anfallende Entsorgungskosten
- Auslegung eines primären Back-up-Systems, welches bei Vorhandensein mehrerer Back-up fähiger Technologien primär eingesetzt werden soll. Dies ist vor allem bei Integration von Biogas in Kombination mit Solarthermie und einem bestehenden weiteren System notwendig.
- Auslegung eines sekundären Back-up-Systems
- Auslegung einer Solarthermie Anlage
- Evaluierung der Wirtschaftlichkeit und des Potentials zur Reduktion der CO₂-Emissionen der betrachteten Optionen zur Wärmerückgewinnung bzw. zur (teilweisen) Substitution bestehender Energieversorgungsinfrastruktur

Sollten nicht alle notwendigen Prozessparameter vorhanden sein, so können vor der Nutzung des Tools Bilanzierungen um einzelne Prozesse und Energieerzeugungsbereiche mit der Software CAPAD durchgeführt werden (siehe Kapitel 5.2.2)

Im der eigentlichen SolarFoods-Software werden nach der grundlegenden Eingabe von Informationen zur Energieversorgung und Energieverbrauch die Prozesse definiert. Dabei wird der User mit einer

Vielzahl von vordefinierten Prozessen und Fließschemata mit einem Wärme- und Kältebedarf unterstützt, die im Wesentlichen alle evaluierten Prozesse in den im Rahmen des Projekts untersuchten Betrieben abdecken. Dabei werden die wichtigsten Betriebsparameter und die Art und Weise der Energieversorgung definiert, der User wird dabei über definierte Eingabemasken unterstützt.

Darauf aufbauend erstellt das Tool automatisiert eine Stromliste jener Prozesse, die einen Heiz- bzw. Kühlbedarf haben und berücksichtigt dabei auch die Betriebsstunden der Prozesse über das Jahr, um den gesamten Energiebedarf darstellen zu können. Um den Energiebedarf der eingesetzten Technologien bzw. Prozesse bewerten zu können bekommt der User zu allererst die Möglichkeit seine Prozesse mit Benchmark-Daten zu vergleichen. In der Software sind Benchmark-Daten verfügbar, die Datenbank kann über das SolarFoods-Dokuwiki oder andere Quellen jederzeit aktualisiert werden.

Der nächste Schritt ist die Integration einer Wärmerückgewinnung, für die die zuvor erstellten Prozessströme herangezogen werden. Darauf aufbauend können auf die automatisch dargestellten Pinch-Kurven (Hot Composite Curve: vektorielle Addition der Abwärmeströme, Cold Composite Curve: vektorielle Addition der Prozessströme mit Wärmebedarf) und der Pinch-Analyse das theoretische Potential der Wärmerückgewinnung identifiziert und darauf aufbauend sinnvolle Wärmetauscher definiert werden. Mit Hilfe der identifizierten potentiellen Prozesse wird der User bei der Erstellung und Definition der Wärmetauscher unterstützt. Damit werden das Potential zur Steigerung der Energieeffizienz und zu erzielende Einsparungen dargestellt und der verbleibende Energiebedarf berechnet. Dies dient wiederum als Grundlage für die Bewertung der Integration von Solarthermie und anderen Erneuerbaren, welche bei Definition von Wärmetauschern auf den dadurch reduzierten Wärmebedarf ausgelegt werden.

Für die Analyse einer möglichen Substitution von Teilen bzw. der gesamten Energieversorgung werden zunächst biogene Reststoffströme aufgenommen. Solche Ströme können zu Biogas weiterverarbeitet und im Betrieb energetisch genutzt werden. Dabei kann zwischen verschiedenen Reststoffströmen ausgewählt werden, die in den untersuchten Sub-Branchen erfahrungsgemäß auftreten und entsprechende Potentiale zur Gewinnung von Biogas mit sich bringen. Zusätzlich können die anfallende Menge sowie die Belastung des Abwassers angegebenen werden, da auch aus dem Abwasser in vielen Fällen entsprechende Biogasmengen gewonnen werden können. Aus diesen Angaben wird die mögliche Leistung einer Biogasanlage abgeschätzt. Die zusätzliche Angabe von Kosten, die mit der Entsorgung von biogenen Reststoffen verbunden ist, wenn diese nicht zur Biogasgewinnung eingesetzt werden, wird in weiterer Folge für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer möglichen Investition herangezogen.

Danach werden die Technologien definiert, die als primäres bzw. sekundäres Backup System eingesetzt werden können. Das primäre Back-up-System ist dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein zweier Back-up-fähigen Systeme dieses primär eingesetzt wird. Dabei können fast alle Technologien sowohl als primäres Backup System als auch als sekundäres Backup System eingesetzt werden, einzig Biogas kann durch die Limitierung der zur Verfügung stehenden Energieträgermengen nur als primäres Backup System genutzt werden. Andererseits ist eine Biogasanlage primär einzusetzen, wenn einmal eine installiert ist.

Bei der Auslegung des primären Backup Systems muss nun eine der definierten Technologien ausgewählt werden, und der Anteil der Spitzenlast definiert werden, auf den dieses System ausgelegt werden soll. Nur bei Biogas wird die Dimensionierung des Systems anhand der zur Verfügung stehenden Reststoff- und damit Biogasmengen von der Software durchgeführt. Neben der technischen

Auslegung werden des Weiteren auch die Investitionskosten und laufenden Kosten dieser Technologie definiert. Richtwerte für verschiedene Technologien werden im Solarfoods-Dokuwiki bereitgestellt. In gleicher Weise wie das primäre Backup System wird auch das sekundäre Backup System definiert.

Im nächsten Schritt werden die Möglichkeiten zur Integration einer solarthermischen Anlage untersucht. Zunächst werden dabei die möglicherweise zu versorgenden Prozesse ausgewählt. Für die getroffene Auswahl können daraufhin verschiedene Kombinationen dieser Prozesse parallel gerechnet und deren Betriebseigenschaften gegenübergestellt werden. Ziel ist hier die Berechnung zahlreicher Prozesskombinationen um aus den Ergebnissen die Kombinationen mit den günstigsten Eigenschaften auszuwählen und auf diese eine Solaranlage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auszuwählen. Angaben zu gewünschten Parametern für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie zum vorhandenen aktuellen Förderrahmen erlauben die darauf aufbauenden Berechnungen mit der integrierten Auslegungssoftware. Die im Rahmen des Projekts ebenfalls entwickelte Software SOLiS (siehe Kapitel 5.2.3) wurde an dieser Stelle in die SolarFoods-Software integriert. In der SolarFoods-Software definierte Parameter für die Berechnungen werden automatisch exportiert, die Berechnungen in SOLiS durchgeführt, und die Ergebnisse automatisch in die SolarFoods-Software rückgespielt. Das Ergebnis sind Nomogramme für die verschiedenen gewählten Auslegungsvarianten, sowie Diagramme zur Abhängigkeit der Wärmegestehungskosten von der Anlagengröße. Auf Basis durchgeführter Berechnungen wird dann ein Solarsystem für die weitere Evaluierung ausgewählt.

Nach der Definition aller eingesetzten Technologien und deren Kosten kann die Wirtschaftlichkeit einer Substitution der gesamten oder Teile der bestehenden Energiebereitstellungsinfrastruktur analysiert werden. Für verschiedene wirtschaftliche Betrachtungsdauern und Zinssätze können die Wärmebereitstellungskosten der bestehenden Anlagenkombination mit einer möglichen neuen Kombination verglichen werden. Zusätzlich wird auch die erzielte Reduktion der CO₂-Emissionen ausgewiesen.

Weiterführende Hinweise für die Anwendung der Software sind in zwei Dokumentationen zur Software enthalten. Dabei fasst die erste Dokumentation die Abschnitte bis inklusive der Auslegung von Wärmetauschernetzwerken zusammen, der zweite Teil behandelt die Substitution bestehender Energieversorgung und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die Dokumentationen sowie die Software selbst können im SolarFoods-Dokuwiki heruntergeladen werden.

5.2.2 CAPAD

Das Bilanzierungstool CAPAD ist in Form eines Addins für Microsoft Visio Premium 2010 konzipiert. Es beinhaltet derzeit folgende getestete Programmteile/Funktionen:

- Stoffdatenbank: Sie enthält cp-Werte zu etwa 380 Stoffen sowie die Bildungswärme für Stoffumwandlungen bekannter chemischer Stoffe. Der Benutzer kann diese mit seinen Stoffdaten kombinieren, erweitern oder ersetzen.
- Wahl der Basiseinheiten: Die Stoffdatenbank ist auf die voreingestellten Einheiten ausgerichtet und kann nicht automatisiert angepasst werden, eine manuelle Anpassung muss erfolgen.
- Verschiebbare Referenztemperatur für thermische Energiebetrachtungen und Verschiebung der bilanzierten Energieniveaus auf positive Werte: Bilanzierte Energien werden bei Berücksichtigung der Bildungswärme in Stoffströmen negativ. Zur Darstellung der Energieinhalte muss daher das Energieniveau allgemein angehoben werden.

- Benutzereinstellung für das Kopieren von Strömen: Ein Kopieren ist ohne oder mit Material möglich, Mengen werden wie original oder leer übernommen.
- Lösen von Massenbilanzen: Massenbilanzen werden inklusive bekannter Reaktionen gelöst. Dazu muss sowohl die Stöchiometrie als auch die umgesetzte Menge bekannt sein.
- Bilanzieren von Anlagen mit zirkulierenden Komponenten.
- Weitere Beziehungen können in einer „Equations Bar“ angegeben werden. So können dort Konzentrationen, Verhältnisse und energetische Wirkungsgrade angegeben werden.
- Energiebilanzierung ist möglich, wenn zuvor die Masse bilanziert wurde. Bilanzierung von Teilen einer Anlage ist durch Selektion möglich.
- Indikatorlampen weisen mit Ampelfarben auf fehlerhafte bzw. fehlende Eingaben hin. Bei der Bilanzierung werden auch weitere Fehler in Form eines Gleichungssystems ausgegeben.
- Eine Druckausgabe der Zeichnung mit gefilterten Daten ist möglich, diese werden individuell positioniert.
- Laden/Hinzufügen/Editieren/Speichern der Stoffdaten.
- Export der Daten zu allen Strömen für Auswertungen mit Tabellen-Anwendungen.
- Export der Daten zu allen Units für Auswertungen mit Tabellen-Anwendungen.
- Export des Anlagenschemas für Auswertungen mit Tabellen-Anwendungen (in Form einer Inzidenzmatrix).

Unterstützend zum Bilanzierungstool enthält die mitgelieferte Version des Tools Vorlagen und vorsortierte Stoffdaten für die im Rahmen des Projekts untersuchten Sub-Branchen.

Weiterführende Hinweise für die Anwendung des Tools in einer Dokumentation sowie die Software selbst können im SolarFoods-Dokuwiki heruntergeladen werden.

5.2.3 SOLiS

SOLiS ist eine Software zur Simulation der solaren Wärmebereitstellung für die Deckung des Energiebedarfs industrieller Prozesse. Aufgrund gegebener Kollektor-, Speicher- und Prozessdaten wird ein typisches Jahr simuliert um die zu erwartenden Wärmemengen und die sich damit ergebenden Wärmegestehungskosten abzuschätzen. In den Eingabedaten können dabei mehrere Szenarien definiert werden, die von SOLiS nacheinander abgearbeitet werden. Dadurch kann in einem Durchgang eine grundsätzlich unlimitierte Anzahl verschiedener Anlagenauslegungen, Prozesscharakteristika und klimatischer Bedingungen simuliert werden, um die Abhängigkeit der technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse von einflussreichen Parametern in einfacher Weise zu quantifizieren. Als wichtigste Ergebnisse der Simulationen können einerseits Nomogramme für bestimmte Prozesse und klimatische Bedingungen erstellt werden, sowie die dazugehörige Abbildung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit möglicher Solar-Anlagenauslegungen.

Solarthermie-Anlagen zur Deckung von industriellem Wärmebedarf können auf unterschiedliche Arten in die Versorgungsstruktur von Prozessen integriert werden (vgl. Kapitel 4.1). Es können grundsätzlich Solarthermie-Systeme mit bzw. ohne Speicher sowie offene bzw. geschlossene Systeme unterschieden werden. Geschlossene Systeme sind dabei dadurch charakterisiert, dass vorhandene Abwärmeströme aus den Prozessen in den Speicher zurückgeführt werden können, bei offenen Systemen wird hingegen

immer Frischwasser auf die notwendigen Prozesstemperaturen aufgewärmt. Mit SOLiS können alle hier genannten Variationen gerechnet werden. Die Simulation umfasst dabei ein Kollektorsystem, einen geschichteten Pufferspeicher, eine Kraft-Wärmekopplung und ein zusätzliches Backupsystem, sowie die zu deckenden Prozesse. Verluste bei Wärmetauschern und Leitungen werden in der Simulation aufgrund des relativ geringen Einflusses auf die Gesamtergebnisse vernachlässigt. In einem ersten Schritt erfolgt die Simulation der technischen Parameter des Systems für ein typisches Jahr in stündlicher Auflösung. Aufbauend auf die erzielten jährlichen Erträge aus dem Solarsystem werden die resultierenden Wärmegestehungskosten nach der Methodik der Levelized Costs of Heat berechnet (vgl.(Branker et al., 2011) und (Hummel et al., 2013)). SOLiS ist dabei derzeit speziell darauf ausgerichtet in einfacher und schneller Weise wirtschaftlich sinnvolle Solaranlagenauslegungen für bestimmte Prozesskombinationen mit benötigten Temperaturen bis 100°C zu identifizieren. Für eine Untersuchung von Möglichkeiten solarer Deckung über 100°C, sowie auch für komplexe Integrations- und Hydraulikkonzepte sollten zusätzlich Programme mit höherer technologischer Detailtiefe verwendet werden.

SOLiS ist einerseits in die SolarFoods-Software direkt integriert und auch eigenständig nutzbar. Über das SolarFoods-Dokuwiki können beide Software-Pakete gratis heruntergeladen werden. Im Dokuwiki ist zusätzlich eine detaillierte Beschreibung der notwendigen Eingabedaten sowie der resultierenden Ausgabedaten verfügbar. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projekts Analysen zur Wirtschaftlichkeit industrieller Solarthermie-Systeme mit SOLiS durchgeführt. Eine Darstellung der Ergebnisse gibt Kapitel 4.1.6 bzw. das im Tagungsband der aceee²⁰ conference on energy efficiency in industry veröffentlichte Paper (Hummel et al., 2013).

²⁰ aceee ... American Council for an Energy-Efficient Economy

6 Szenarien der Wärmeversorgung in der österreichischen Lebensmittelherstellung

Im Rahmen des Projekts SolarFoods wurden mögliche Entwicklungen des Technologieeinsatzes zur Deckung des thermischen Energiebedarfs der österreichischen Lebensmittelindustrie unter verschiedenen wirtschaftlichen, politischen und technologischen Rahmenbedingungen untersucht. Dabei wurden drei unterschiedliche Szenarien mit dem Modell ViSTRA entwickelt, um die Bandbreite möglicher Entwicklungspfade zu beschreiben, und die dabei relevanten Rahmenparameter zu identifizieren und deren Relevanz zu charakterisieren. Im Folgenden wird zunächst die Methodik des verwendeten Simulations-Modells dargestellt. Darauf aufbauend werden die für die Szenarien verwendeten Eingangsgrößen in das Modell beschrieben (exogene Rahmenbedingungen) und die modellierten Szenariowelten beschrieben. Abschliessend werden die Ergebnisse als Bandbreite möglicher Entwicklungen für den Einsatz verschiedener Technologien sowie die resultierenden Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieeinsatz in der Branche beschrieben.

6.1 Methodik

Um mögliche zukünftige Entwicklungen für den Einsatz von erneuerbaren Technologien in der Wärmebereitstellung der Lebensmittelindustrie darzustellen, und die dabei auftretende Abhängigkeit von einflussreichen Rahmenbedingungen zu quantifizieren, wurde das Modell ViSTRA entwickelt. Es handelt sich um ein techno-ökonomisches Bottom-up Modell zur Simulation von Investitionsentscheidungen in industriellen Betrieben, und basiert auf einem 3-stufigen Simulationsalgorithmus. In einem ersten Schritt werden Investitionsfälle, die im Simulationszeitraum auftreten können identifiziert. Für diese konkreten Fälle wird für technisch mögliche Investitionsoptionen die Wirtschaftlichkeit berechnet. Das verwendete Wirtschaftlichkeitskriterium ist die Auswirkung der betrachteten Optionen auf die Bilanz des Unternehmens im jeweiligen Betrachtungszeitraum. Mittels nominalen Logit-Modells wird dann im dritten Schritt für die konkreten Investitionsfälle die Wahrscheinlichkeit der Durchführung einer Investition bestimmt. Abbildung 27 veranschaulicht diese Vorgangsweise und zeigt, welche Daten an welchen Stellen im Modell einfließen.

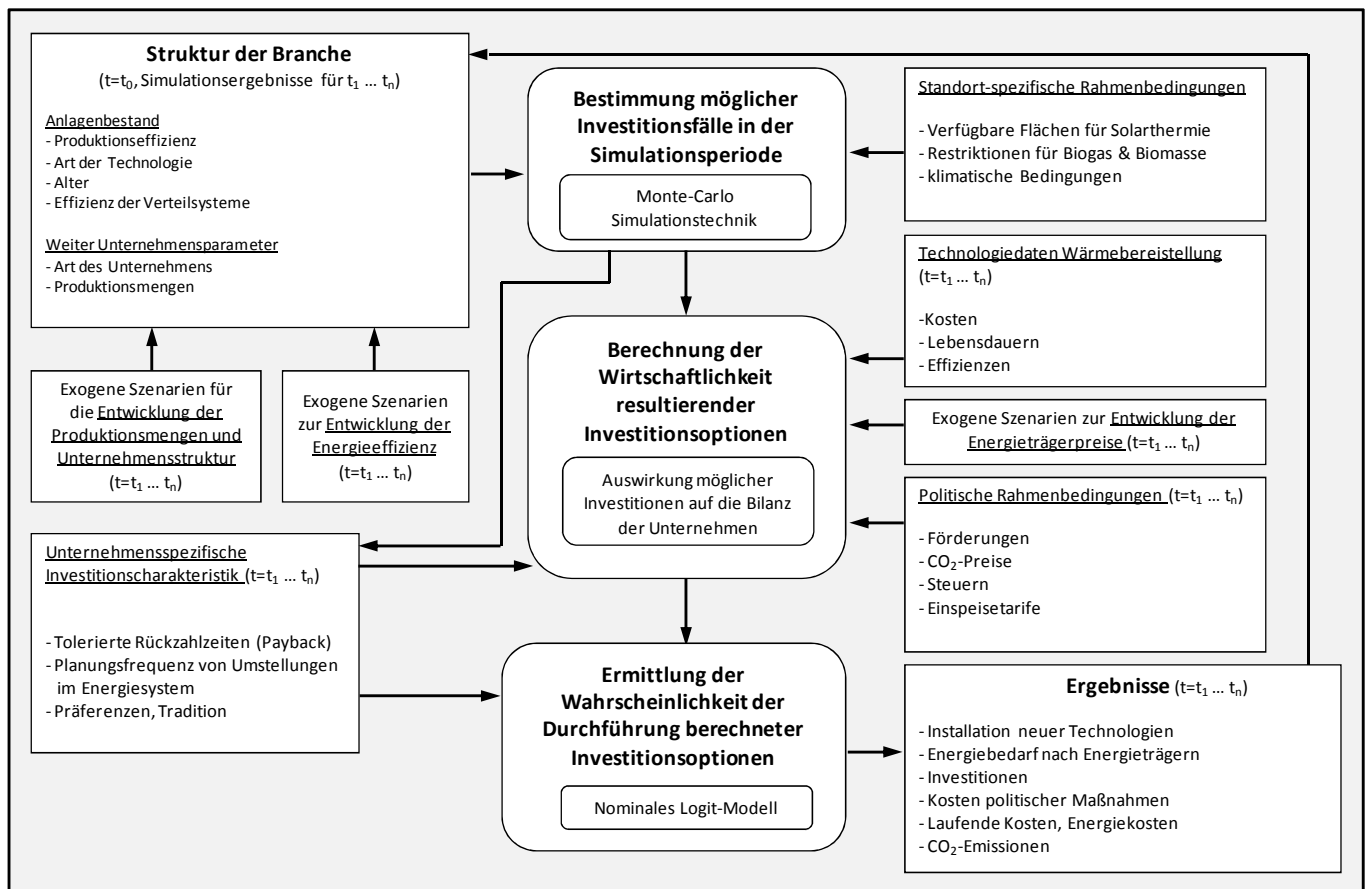


Abbildung 27: Systematik des Simulationsmodells ViSTRA

Im Modell ViSTRA erfolgt die Abbildung des produzierenden Gewerbes bzw. eines Teilbereiches dessen, etwa bestimmter Branchen, über eine zufällige Auswahl an Unternehmen. Dabei werden Unternehmen nach deren Bedeutung für die geplante Untersuchung gewichtet. Wichtigere Unternehmen werden mit einer höheren Wahrscheinlichkeit ausgewählt. Die Unternehmen werden in einem ersten Schritt entsprechend ihrer Relevanz für die Untersuchung gereiht. Danach werden die Unternehmen in n Blöcke mit der gleichen Gesamtrelevanz eingeteilt, wobei n die Anzahl der auszuwählenden Unternehmen ist. Aus diesen Blöcken wird nun jeweils ein Unternehmen zufällig gezogen, welches den entsprechenden Block widerspiegelt. Die folgende Abbildung 28 zeigt das hier angewendete Prinzip.

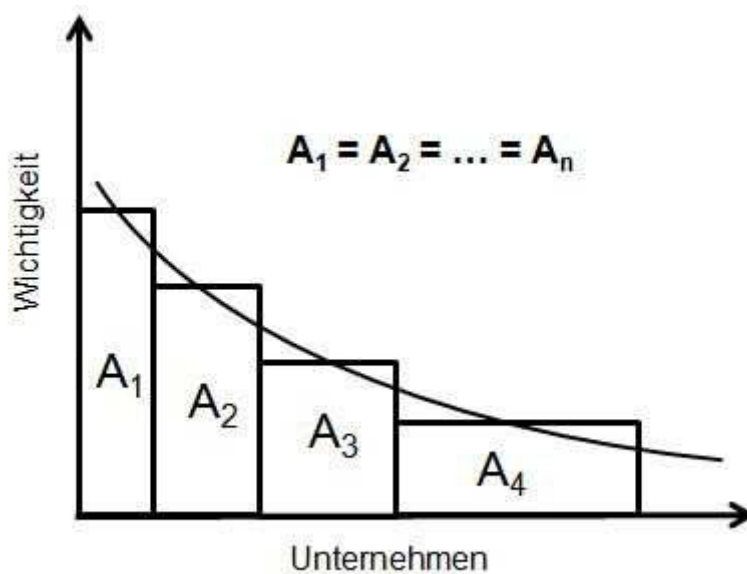


Abbildung 28: Auswahl der Unternehmen anhand deren Relevanz für die Untersuchung

Die Untersuchungen im Rahmen von SolarFoods fokussieren auf den thermischen Energiebedarf der Lebensmittelherstellung. Die Auswahl repräsentativer Unternehmen erfolgt daher gewichtet nach deren geschätzten thermischen Energiebedarf. Wie der thermische Energiebedarf für die Unternehmen der österreichischen Lebensmittelindustrie hochgerechnet wurde, ist in Kapitel 2.2 genauer beschrieben.

Für die gezogenen Unternehmen werden deren Umsätze, Produkte und Produktionsmengen, Standorte, Technologieeinsatz, Art des Unternehmens (GmbH, AG, KG) und Anzahl der Produktionsschichten recherchiert, sowie ob das Unternehmen derzeit zum Emissionshandel verpflichtet ist. Auf Basis der Art der Produkte, angenommener Prozesstechnologien und der dadurch bedingten Prozesstemperaturen, der vorhandenen Flächen in den Unternehmen, sowie Erfahrungen aus bereits realisierten Anlagen, werden durchschnittlich mögliche Größen solarthermischer Anlagen für die untersuchten Unternehmen geschätzt. Diese dienen als Referenzgröße bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit und werden bei Durchführung einer Investition verwendet um die solaren Deckungsgrade zu berechnen. Weiters wird für jedes ausgewählte Unternehmen ein Indikator für den Nachhaltigkeitsanspruch bei der Durchführung von Investitionen geschätzt. Dabei wird in erster Linie berücksichtigt, wie sich das Unternehmen öffentlich zum Thema Nachhaltigkeit positioniert, etwa über die unternehmenseigene Internetseite, das Verfassen eines Nachhaltigkeitsberichts oder Meldungen in der Presse. Für Unternehmen mit einem höheren Nachhaltigkeitsfaktor wird angenommen, dass diese potentiell auch längere Zeiträume in deren Wirtschaftlichkeitsberechnungen anwenden.

Die Produkte werden in erster Linie durch deren spezifischen thermischen Energiebedarf charakterisiert. Dieser spezifische Bedarf spiegelt dabei die Effizienz der Produktionstechnologien des jeweiligen Betriebes wieder. Da diese Werte im Regelfall für die gezogenen Betriebe nicht verfügbar sind, werden sie aus einer Verteilung der spezifischen thermischen Energiebedarfe für die unterschiedlichen Produkte über die Branche hinweg für jeden Modelllauf gezogen. Diese Verteilungen werden aus Ergebnissen von Benchmarking Studien geschätzt. Für die Berechnungen in SolarFoods werden in erster Linie Daten aus (Ramírez et al., 2006a) herangezogen. Die Studie untersucht die Entwicklung der Energieeffizienz in der

holländischen Lebensmittelindustrie auf Basis firmenscharfer spezifischer Energiebedarfsdaten und liefert dabei sowohl Form als auch minimale, maximale und median-Werte auf Produktebene. Entsprechende Daten für die österreichische Lebensmittelindustrie sind nicht publiziert.

Ob in einem Betrieb Biogas eine mögliche Option darstellt ist abhängig von der Art der Produkte, die im Betrieb hergestellt werden. Dabei ist die potentiell zur Verfügung stehende Biogasmenge abhängig von den Produktionsmengen. Im Modell werden spezifische Biogaserträge auf Produktebene verwendet, um diesen Zusammenhang darzustellen.

Wie für die Effizienz der Prozesstechnologien vorher beschrieben, werden Parameter, die nicht konkret für die gezogenen Unternehmen bekannt sind, über Verteilungen angegeben. Diese Verteilungen werden auf Basis verfügbarer Daten abgeschätzt. In der Simulation werden nun für jeden Rechengang aus diesen Verteilungen die konkreten Parameter für die Berechnung gezogen. Die simulierten Unternehmen werden nun eine Vielzahl an Malen mit jeweils neu gezogenen Parametern durchgerechnet, um die Bandbreite möglicher Entscheidungen abzubilden, die in den Unternehmen potentiell auftreten können. Konkret werden in den Simulationen für SolarFoods die folgenden Parameter über Verteilungen angegeben: a) Die im Startjahr der Simulation eingesetzte Technologie im jeweiligen Standort sowie deren Alter, b) die Ausfallswahrscheinlichkeit von Anlagen, c) der wirtschaftliche Betrachtungshorizont des jeweiligen Unternehmens, d) die Effizienz der eingesetzten Prozesstechnologien, e) die Entwicklung der Energiepreise, und f) die Abweichung der tatsächlichen von den durchschnittlichen Energiepreisen (Verhandlungsspielraum der Unternehmen).

In der Simulation der konkreten zufällig generierten Unternehmen werden nun die folgenden drei Arten von Investitionsentscheidungen abgebildet: Ersatzinvestitionen, wenn vorhandene Anlagen aufgrund ihrer Lebensdauer ausfallen, vorgezogene Investitionen, wenn es aufgrund der Wirtschaftlichkeit sinnvoll ist eine bestehende Anlage auch schon vor ihrem Ausfall auszutauschen, und Zusatzinvestitionen zur Senkung der laufenden Energiekosten.

Der Ausfallszeitpunkt von Anlagen wird über eine Weibull-Verteilung der Ausfallswahrscheinlichkeiten bestimmt. Da das Alter der meisten in Betrieb befindlichen Anlagen nicht öffentlich bekannt ist, wird auch deren Alter über die gleiche Weibull-Verteilung geschätzt. Ist das Alter einer Anlage bekannt, so wird dieses bekannte Alter in der Modellierung verwendet.

Eine vorgezogene Investition, also ein Austausch einer noch funktionstüchtigen Anlage, wird nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit berücksichtigt. Werden beispielsweise 80% der Anlagen, die der Anlage im betrachteten Betrieb entsprechen, nicht so alt wie die derzeit bestehende, wären also bereits ausgefallen, so wird beispielsweise im „Business-as-Usual“-Szenario ein vorgezogener Austausch mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,2% einmal pro Jahr in Erwägung gezogen. Die Häufigkeit dieser Erwägungen kann für jedes Unternehmen variiert werden um die Aktualität des Themas Energie bzw. das Engagement der zuständigen Personen abzubilden.

Neben diesen Ersatz- bzw. vorgezogenen Investitionen werden auch Investitionen in Technologien zur Senkung der laufenden Energiekosten berücksichtigt. Für das Projekt SolarFoods liegt der Fokus der Modellierung auf Versorgungstechnologien, Prozesstechnologien werden nicht explizit modelliert. Zur Senkung der laufenden Energiekosten sind daher die Technologien Solarthermie und Biogas berücksichtigt. Beide Technologien benötigen keine (betriebs)externen Energieträger und verursachen keine oder sogar negative Energiekosten. Die Häufigkeit der Überlegung, ob eine derartige Investition

wirtschaftlich ist, kann im Modell vorgegeben werden. Im „Business-as-Usual“-Szenario beispielsweise erfolgt mit 13%-iger Wahrscheinlichkeit eine Planung ein Mal im Jahr.

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Energiebereitstellungsanlagen wird berechnet, wie sich die jeweilige Investition auf die Bilanz des Unternehmens im Betrachtungszeitraum auswirkt. Dabei fallen zunächst die Investitionen in die neuen Anlagen an, darüber hinaus sind laufenden Kosten zu zahlen, die in diesem Zeitraum anfallen. Die Berechnung erfolgt anhand der folgenden Formel 1.

Formel 1: Auswirkung der Investition in eine Technologiekombination auf die Bilanz des Unternehmens

$$B_{opt}(t) = - \sum_{tech} K_{tech}(t)$$

$$K_{tech}(t) = K_{INV}(t) + K_{TR}(t) + \sum_{t'=t}^{t+\tau} \left[k_{BW} + \frac{E p_E(t')}{\eta_{tech}} + m_{CO_2} p_{CO_2}(t') \right]$$

Die Investition in eine bestimmte Option (opt) zum Zeitpunkt t wirkt sich durch die Summe der anfallenden Kosten K für die verschiedenen involvierten Technologien (tech) auf die Bilanz B_{opt} aus. Dabei fallen einerseits Investitionskosten K_{INV} und Transaktionskosten K_{TR} an, die sich im Simulationszeitraum entsprechend der Annahmen zu Kostensenkungen für derzeit noch wenig verbreitete Technologien verändern können. Darüber hinaus werden laufende Kosten in der Bilanz über den wirtschaftlichen Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Diese setzen sich zusammen aus den Betriebs- und Wartungskosten (k_{BW}), den Energieträgerkosten und den eventuell anfallenden Kosten für CO_2 -Emissionen. Die Energieträgerkosten ergeben sich dabei über den thermischen Energiebedarf (E), den Wirkungsgrad der jeweiligen Technologie (η_{tech}) sowie die Energieträgerpreise (p_E) zum jeweiligen Zeitpunkt t' . Die Kosten für Emissionen ergeben sich aus der emittierten Menge (m_{CO_2}) und den Preisen für Emissionen (p_{CO_2}) zum jeweiligen Zeitpunkt t' .

Es wird in der Berechnung angenommen, dass die Unternehmen mit einer durchschnittlichen Energiepreisentwicklung rechnen, wie sie in den zwei Jahren vor dem Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeitsrechnung stattgefunden hat. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit P_{opt} der Durchführung einer bestimmten Investitionsoption (opt) erfolgt über ein nominales Logit-Modell. Dabei werden aus einer Reihe möglicher Investitionsoptionen (opt') diejenigen Optionen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit gewählt, die eine geringere negative Belastung der Bilanz hervorrufen, also geringe Kosten verursachen. Abweichungen von kostenoptimalen Entscheidungen werden über eine „Bilanztemperatur“ T_B integriert. Diese spiegelt mögliche Abweichungen anhand des Geldbetrages wider, den das Unternehmen bereit ist auszugeben, abweichend von der kostenoptimalen Lösung. Formel 2 zeigt die verwendete Form des Logit-Modells.

Formel 2: Nominales Logit-Modell zur Berechnung der Investitionswahrscheinlichkeiten

$$P_{opt} = \frac{e^{B_{opt}/T_B}}{\sum_{opt'} e^{B_{opt'}/T_B}}$$

Die Berechnungen liefern eine Vielzahl an möglichen Entwicklungspfaden der gezogenen repräsentativen Unternehmen. Als Ergebnis werden die Erwartungswerte dieser Verteilungen für den Einsatz der unterschiedlichen Technologien auf Branchenebene ausgewertet.

6.2 Exogene Rahmenbedingungen

6.2.1 Technologische Entwicklungen

Produktionssysteme und Prozesstechnologien

Technologische Veränderungen in der Produktion werden derzeit nicht explizit im Modell ViSTRA abgebildet. In den Szenarien wird einerseits die Entwicklung der Effizienz der gesamten Branche berücksichtigt, mögliche Effekte von Prozessintensivierung und Technologiewechsel auf die Effizienz in der Produktion werden aggregiert beurteilt. Andererseits werden die potentiell solarthermisch versorgbaren Energiemengen und die dadurch erreichbaren Potentiale solarer Wärme in den verschiedenen Branchen abgeschätzt. Für die technologischen Veränderungen im Bereich der Lebensmittelherstellung bis ins Jahr 2030 wurden drei unterschiedliche Entwicklungen definiert, die als Grundlage für die Berechnung der Szenarien dienen:

1. Betrachtet man die Entwicklung der Energieintensität der Lebensmittelindustrie auf Basis des Endenergiebedarfs je Produktionsmenge im Zeitraum zwischen 1995 und 2007, so ist keine Steigerung der Energieeffizienz unter Annahme konstanter Produktpreise ersichtlich (Statistik Austria, 2013). Für eine Business-as-Usual-Entwicklung im Rahmen der SolarFoods-Szenarien wird aber dennoch von einer leichten gleichmäßigen Steigerung der Energieeffizienz bis 2030 von 10% gegenüber 2011 ausgegangen. Dabei wird angenommen, dass diese Steigerung vor allem durch Realisierung von Wärmerückgewinnungspotentialen erzielt wird. Es wird nicht davon ausgegangen, dass die Prozesstemperaturen entscheidend gesenkt werden können, und auch eine Umstellung von Dampf- auf Heisswassersysteme wird nur in wenigen Fällen unterstellt. Dadurch ergibt sich keine bessere Eignung der vorherrschenden Prozesse für die Integration von Solarthermie, als dies derzeit der Fall ist. Unter durchschnittlich gewählten solaren Auslegungen von 40% Deckungsgrad führt dies ohne Berücksichtigung von möglichen Einschränkungen durch Platzverfügbarkeit zu einem Potential von 7% solarer Wärme in der Branche im Jahr 2030.
2. Zu einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz kommt es in einem zweiten Szenario, hier wird davon ausgegangen, dass vorhandene Barrieren gegenüber Energieeffizienz teilweise reduziert werden können. In erster Linie kommt es zu einem verbreiteten Einsatz von Best-

Available-Technologies (BAT) in der Branche bis 2030, und auch die Rückgewinnung von Abwärmemengen innerhalb der Produktion nimmt an Bedeutung zu. Eine entscheidende Reduktion der Prozesstemperaturen wird nicht unterstellt, auch kommen neue Prozesstechnologien nur vereinzelt zum Einsatz. Bei durchschnittlichen solaren Deckungsgraden von 40% führt dies ohne Berücksichtigung von möglichen Einschränkungen durch Platzverfügbarkeit zu einem Potential von 11% bezogen auf den gesamten thermischen Energiebedarf im Jahr 2030.

3. In einem dritten Szenario wird eine starke Erhöhung der Energieeffizienz der gesamten Branche unterstellt. Ausgegangen wird von einer gleichmäßigen Steigerung bis 2030 von 40% gegenüber dem Stand von 2011. Diese Steigerung ergibt sich durch eine Kombination aus Prozessintensivierung und dem Einsatz neuer Technologien. Neben einem weitreichenden Einsatz von Wärmetauschernetzwerken können auch viele Dampfversorgungssysteme auf Heisswasser umgestellt werden. Vor allem bei energieintensiven Prozessen wie der Trocknung, der Pasteurisation und der Aufkonzentrierung können effiziente Technologien weiterentwickelt und am Markt etabliert werden. Durch die verbesserten Bedingungen für die Integration von Solarthermie erhöht sich der potentiell solar versorgbare Anteil des Energiebedarfs, gleichzeitig sinkt der Energiebedarf der Branche insgesamt. Dies führt bei gleichen Annahmen zu Deckungsgraden und Platzverfügbarkeit wie in den anderen Szenarien zu einem Potential von 15% solarer Wärme in diesem Szenario.

Technologien zur Energiebereitstellung

In den Szenarienrechnungen im Rahmen des Projekts wurden folgende Technologien inkludiert: Solarthermie, Kessel und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Nutzung fester Biomassebrennstoffe, Kessel und KWK zur Nutzung von Erdgas, Kessel und KWK zur Nutzung von Heizöl, sowie der Einsatz von Biogas in BHKWs. Eine mögliche Nutzung von Biogas entweder rein thermisch oder mittels Aufbereitung zu Erdgasqualität und Einspeisung in ein Erdgasnetz wurde nicht betrachtet. Ebenso wurde die mögliche Anwendung von Wärmepumpen bzw. Hochtemperatur-Wärmepumpen nicht simuliert. Für die verschiedenen Technologien wird dabei in vorgegebenen Leistungsbereichen von einer Degression der spezifischen Kosten mit der Anlagengröße ausgegangen. Auf Basis von Literaturwerten und Kostenvoranschlägen von Anlagenbauern wurden entsprechende Kostenfunktionen erstellt. Darüber hinaus wird für die Technologien Solarthermie und Biogas in manchen Szenarien davon ausgegangen, dass es bis 2030 zu relevanten Reduktionen der Investitionskosten kommen wird. Tabelle 7 zeigt die auf Basis der Kostendegression und -reduktion in der Modellierung verwendeten Bereiche der Investitions- und Wartungskosten, sowie die für die jeweilige Technologie relevanten Energieträgerkosten.

Tabelle 7: Investitions-, Wartungs- und Energieträgerkosten für die simulierten Technologien

		Investitionskosten (ohne Förderung)		Wartungs- und Betriebskosten		Energieträgerkosten (inkl. Stromerlöse)	
		min	max	min	max	min	max
		[€/kW _{th}]	[€/kW _{th}]	[€/kW _{th,a}]	[€/kW _{th,a}]	[€/MWh]	[€/MWh]
<i>Solarthermie - Flachkollektoren</i>	2011	3,305	9,326	43	121	-	-
	2020	2,974	8,393	39	109	-	-
	2030	2,644	7,461	34	97	-	-
<i>Solarthermie - Vakuumkollektoren</i>	2011	5,557	11,308	72	147	-	-
	2020	5,002	10,177	65	132	-	-
	2030	4,446	9,046	58	118	-	-
<i>Biogas - KWK</i>	2011	2,493	4,795	125	240	- 50.3	- 50.3
	2020	2,369	4,555	118	228	- 50.3	- 50.3
	2030	2,244	4,316	112	216	- 50.3	- 50.3
<i>Erdgas</i>	2011	144	333	4	10	54.6	54.6
	2020	144	333	4	10	63.3	66.1
	2030	144	333	4	10	68.4	78.6
<i>Erdgas - KWK</i>	2011	428	1,802	43	180	5.8	5.8
	2020	428	1,802	43	180	20.0	21.4
	2030	428	1,802	43	180	26.3	33.1
<i>Heizöl</i>	2011	144	333	4	10	63.3	63.3
	2020	144	333	4	10	99.4	119.7
	2030	144	333	4	10	135.2	208.1
<i>Heizöl - KWK</i>	2011	428	1,802	43	180	25.9	25.9
	2020	428	1,802	43	180	88.9	121.5
	2030	428	1,802	43	180	149.8	268.5
<i>Hackschnitzel</i>	2011	759	1,238	23	37	25.1	25.1
	2020	759	1,238	23	37	29.3	31.2
	2030	759	1,238	23	37	32.6	38.7
<i>Hackschnitzel - KWK</i>	2011	600	4,730	30	237	- 0.9	- 0.9
	2020	600	4,730	30	237	4.7	7.1
	2030	600	4,730	30	237	8.9	16.8

Für die hier angegebenen Bereiche der Investitionskosten wurden noch keine eventuell vorhandenen bzw. in Szenarien simulierten Subventionen berücksichtigt. Die Kosten für Energieträger ergeben sich dabei aus einer Kombination zwischen den Energiepreisen für den Einsatz des jeweils benötigten Energieträgers²¹, sowie durch die bei manchen Technologien gleichzeitig erzielten Stromerlöse.

Die bei der Berechnung der Kostendegression zugrundeliegenden Leistungsbereiche der verschiedenen Technologien, sowie die unterstellten Umwandlungseffizienzen und Lebensdauern werden in der folgenden Tabelle 8 zusammengefasst.

²¹ Die Annahmen zur Entwicklung der Energieträgerpreise werden in Kapitel 6.2.2 ab Seite 102 im Unterpunkt Energiepreisentwicklung dargestellt.

Tabelle 8: Leistungsbereich, Effizienz und Lebensdauern der simulierten Technologien

	Leistungsbereich (thermisch)		Effizienz		Lebensdauer	
	min	max	thermisch	elektrisch	mittel	Formfaktor
	[MW _{th}]	[MW _{th}]	[-]	[-]	[-]	[-]
<i>Solarthermie - Flachkollektoren</i>	0.01	0.50	1.00	-	25	2
<i>Solarthermie - Vakuumkollektoren</i>	0.01	0.50	1.00	-	25	2
<i>Biogas - KWK</i>	0.02	1.00	0.45	0.35	15	2
<i>Erdgas</i>	0.05	20.00	0.90	-	30	2
<i>Erdgas - KWK</i>	0.05	20.00	0.45	0.35	25	2
<i>Heizöl</i>	0.05	20.00	0.80	-	30	2
<i>Heizöl - KWK</i>	0.05	20.00	0.43	0.33	25	2
<i>Hackschnitzel</i>	0.05	20.00	0.85	-	25	2
<i>Hackschnitzel - KWK</i>	0.05	20.00	0.67	0.19	20	2

Für die derzeit kaum verbreiteten Technologien Solarthermie, Biomasse und Biomasse-KWK, sowie Biogas-KWK wurden in der Simulation neben den Investitionskosten auch Transaktionskosten berücksichtigt. Diese spiegeln in erster Linie den zeitlichen und damit finanziellen Mehraufwand für die Sammlung von Informationen zu diesen Technologien wider. Die Transaktionskosten wurden für diese Technologien in der Höhe von 3 - 7% der Investitionskosten angesetzt. Für verschiedene Szenarios wurde eine Senkung der Transaktionskosten über den Simulationszeitraum angenommen (siehe dazu Tabelle 9).

6.2.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Entwicklung der Produktionsmengen

Für die Entwicklung des Energiebedarfs der Branche ist von großem Einfluss, wie sich die Produktionsmengen der einzelnen Subsektoren in Zukunft entwickeln werden. In den vergangenen zehn Jahren wurden die Produktionsmengen sukzessive gesteigert, einhergehend mit einer Erhöhung der Exportquote von 36% im Jahr 2000 auf knapp 58% im Jahr 2009 (BMLFUW, 2010). Berechnungen für die zukünftige Entwicklung der Produktionswerte der gesamten Lebensmittel-Branche durch das österreichische Wirtschaftsforschungsinstitut (WIFO) zeigen in verschiedenen Szenarien Steigerungen im Bereich zwischen 1% und 80% bis 2030 (Kratena et al., 2013). Als Rahmenbedingung in den SolarFoods Szenarien wird angenommen, dass die Lebensmittelwirtschaft ihren Produktionswert entsprechend dem Mittel der drei WIFO-Szenarien bis 2030 um 40% steigert. Die jährliche Steigerung der Produktionswerte liegt im Zeitraum bis 2030 bei etwa 1,9%. Unter der Annahme konstanter Produktpreise bedeutet dies, dass sich auch die Produktionsmengen in gleicher Art entwickeln, also eine Steigerung der Produktionsmengen in diesem Zeitraum um ebenfalls 40%. Es liegt auf der Hand, dass diese Annahme eine starke Auswirkung auf den gesamten Energiebedarf des Sektors hat und dass absolute Energieeinsparungen nur mit äußerst starken Effizienzsteigerungen erzielt werden können. Um die Anzahl der Szenario-Varianten allerdings überschaubar zu halten, wurde diese Annahme nicht variiert.

Energiepreisentwicklung

Die Energieträgerpreise spielen für die Wirtschaftlichkeit von energierelevanten Investitionsoptionen eine entscheidende Rolle, da sie die laufenden Kosten energieträgerintensiver Technologien dominieren. Für die Szenarien in SolarFoods wird die Bandbreite einer möglichen Entwicklung der industriellen Energieträgerpreise in erster Linie ebenfalls aus der Studie von (Kratena et al., 2013) abgeleitet. Von den in der genannten Studie erarbeiteten Szenarien wird das Niedrigpreisszenario als untere Grenze und das Hochpreisszenario als obere Grenze der möglichen Entwicklungen herangezogen.

Das Niedrigpreisszenario spiegelt eine Steigerung der internationalen Rohölpreise (Brent) auf 108 bzw. 117 US\$/bbl bis 2020 bzw. 2030 wider, im Hochpreisszenario wird angenommen, dass die Rohölpreise auf 135 bzw. 180 US\$/bbl steigen werden. Für die internationalen Gaspreise werden Steigerungen auf 10,5 bzw. 13 US\$/Mbtu bis 2020 und Steigerungen auf 10,8 bzw. 18 US\$/Mbtu unterstellt. (Kratena et al., 2013) Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die resultierenden österreichischen Großhandelspreise neben den Annahmen zur Entwicklung der internationalen Rohöl- und Gaspreise auch von den Annahmen zum Wirtschaftswachstum beeinflusst werden. Ein langsames Wachstum der Produktion führt zu einer geringeren Nachfrage nach Energieträgern und damit zu geringeren Großhandelspreisen. Für das Niedrig- bzw. Hochpreisszenario in (Kratena et al., 2013) wurde auch ein niedriges bzw. hohes Wirtschaftswachstum unterstellt. Daher werden die resultierenden niedrigen bzw. hohen Entwicklungspfade der Großhandelspreise für ein mittleres Wachstum der österreichischen Lebensmittelindustrie, wie es für die Szenarien in SolarFoods angenommen wird, als Bandbreite in beide Richtungen betrachtet.

Die Entwicklungen der industriellen Gas- und Ölpreise werden direkt aus der oben genannten Studie entnommen, Preise für Strom und feste Biomassebrennstoffe sind kein Ergebnis des dabei verwendeten Modells. Für die Entwicklung der Strompreise wird angenommen, dass sich die energiepreisabhängigen Komponenten mit dem Großhandelsstrompreis entwickeln. Die Veränderungen im Großhandelsstrompreis werden berechnet, indem das Mittel der Preisänderungen der für die Strombereitstellung in erster Linie eingesetzten Energieträger Kohle und Gas unterstellt werden. Für die Berechnung werden derzeitige Kosten für CO₂-Emissionen kalkuliert, zukünftig mögliche Entwicklungen werden für die unterschiedlichen Szenarien nicht eingerechnet. Die Preise für Hackschnitzel werden aus der Studie (Schipfer et al., 2013) entnommen. Die zukünftige Entwicklung der Hackschnitzelpreise wird mit einer 70%igen Kopplung an die Entwicklung der Preise für Gas und Öl berechnet, wobei die Gewichtung mit 80% zu Gas und 20% zu Öl erfolgt. Neben der Unsicherheit im Hinblick auf die Entwicklung fossiler Energiepreise, existiert diese auch im Bereich Biomasse, wobei hier nicht nur die generelle Unsicherheit zukünftiger Preis-Entwicklungen von Relevanz ist, sondern vor allem auch die Relation zu fossilen Energiepreisen. Dies ergibt sich daraus, dass Biomasse-Preise neben fossilen Energiepreisen von einer Unzahl anderer Einflussgrößen geprägt sind (z.B. Stürme und andere Katastrophen im Forstsektor, Wechselwirkungen mit der Konjunktur-Entwicklung und anderen Branchen, wie z.B. der Papierindustrie, die auf denselben Rohstoff zugreifen). Diesem Umstand wurde bei der Modellierung Rechnung getragen, indem die Unternehmen diese Unsicherheit in gewissem Ausmaß in ihrer Entscheidung berücksichtigen.

6.3 Beschreibung der modellierten Szenariowelten

Für das Projekt SolarFoods wurden drei verschiedene Szenariowelten definiert. Diese dienen als Basis für die Berechnungen mit dem Modell ViSTRA. Dabei wurde die Entwicklung relevanter Rahmenbedingungen definiert, die unterschiedlich fördernde bzw. hemmende Bedingungen für die Durchdringung mit erneuerbaren Energien reflektieren.

- Business-as-Usual (BAU) - Szenario:** In diesem Szenario werden keine weiteren Politik-Maßnahmen gesetzt. Das Solarthermie-Großanlagen-Förderprogramm (SGF) wird nicht fortgesetzt, die bestehende Förderung von Solaranlagen durch die Kommunalkredit-Public-Consulting (KPC) wird aber weitergeführt. Die Förderung von Biomasse- und Gas-KWK-Anlagen durch die Umweltförderung im Inland (UFI) und auch das Ökostromgesetz (ÖSG) bleiben ebenfalls in der derzeitigen Ausprägung bestehen. Für den Emissionshandel (ETS) wird angenommen, dass keine weitere Expansion auf andere Unternehmen stattfinden wird, und dass sich die Zertifikatspreise bis zum Jahr 2030 nicht entscheidend erhöhen. Hinsichtlich der Entwicklung in der Effizienz der Produktion wird unterstellt, dass keine entscheidenden Veränderungen gegenüber dem derzeitigen Stand stattfinden; es werden jene Entwicklungen angenommen, die unter Punkt 1 im Kapitel 6.2.1 beschrieben sind. Es wird angenommen, dass es zu keiner entscheidenden Reduktion der Investitions- und Transaktionskosten für derzeit wenig verbreitete Technologien kommen wird. Energie bleibt ein untergeordnetes Thema in den Unternehmen der Lebensmittelindustrie. Das bedeutet, dass einerseits nur in relativ langen zeitlichen Abständen energietechnische Umstellungen im Betrieb erwogen werden, und andererseits kurze Abschreibedauern für Energietechnologien gefordert werden.
- Fragmentierte Politik / Durchschnittliche Rahmenbedingungen (FD) - Szenario:** Eine zweite Szenariowelt ist gekennzeichnet durch vereinzelte zusätzliche Maßnahmen auf politischer Ebene vor allem im Bereich der Informationsverbreitung und der Verbesserung bestehender Förderinstrumente. Dadurch kommt es teilweise zu einer Reduktion entscheidender Barrieren gegenüber effizientem und erneuerbarem Energieeinsatz. Bei den Investitionskosten für Solarthermie- und Biogas-Anlagen kommt es zu einer leichten Reduktion bis 2030, die Transaktionskosten können deutlich reduziert werden. Das Thema Energie wird für die Unternehmen der Lebensmittelindustrie zunehmend wichtiger, wodurch teilweise längere Abschreibedauern angesetzt werden und auch mit höherer Frequenz die Umstellung auf mögliche effiziente bzw. erneuerbare Alternativen erwogen wird. Hinsichtlich des Einsatzes effizienter Produktionstechnologien und -systeme werden die in Punkt 2 Kapitel 6.2.1 beschriebenen Entwicklungen unterstellt. Auf politischer Ebene bleiben die derzeitigen Maßnahmen (SGF, UFI, ÖSG, ETS) in ihrer Form und Intensität bestehen. Im Rahmen des ETS kommt es durch steigende internationale Ambitionen und eine Verbesserung der Marktbedingungen zu einem Anstieg der Zertifikatspreise bis 2020.
- Ambitioniert / Koordinierte Politik (Roadmap) - Szenario:** In diesem Szenario wird unterstellt, dass die Barrieren gegenüber der Steigerung der Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer

Technologien deutlich reduziert werden können. Es kommt zu einer starken Vernetzung aller relevanten Akteure in der Politik, der Branche, der Technologieentwicklung und der Forschung. Dadurch können die Investitionskosten für Solarthermie und Biogas bis 2020 deutlich gesenkt werden, und auch die Transaktionskosten für neue Technologien können bis 2020 überwunden werden. Die Entwicklung der Energieeffizienz profitiert ebenfalls von der starken Vernetzung und von zielgerichteter Forschungsförderung in dem Bereich, es kommt zu Entwicklungen wie unter Punkt 3 in Kapitel 6.2.1 beschrieben. Energie kann als wichtiges Thema in den Unternehmen etabliert werden, wodurch regelmäßig über die Möglichkeiten für Effizienzsteigerung und den Einsatz erneuerbarer Technologien nachgedacht wird. Darüber hinaus führt dies dazu, dass längere Abschreibedauern bei Investitionen in energierelevante Anlage üblich werden. Neben den bisher bestehenden Förderungen für erneuerbare und effiziente Wärmebereitstellungsanlagen wird durch die weltweite Intensivierung von Klimaschutzanstrengungen eine CO₂-Steuer eingeführt, die schrittweise bis 2020 auf 100€/t erhöht wird. Diese CO₂-Steuer ist im Gegensatz zum ETS auch für kleinere Betriebe wirksam. Durch die deutlichen Anreize für erneuerbare Systeme steigt aber auch die Nachfrage nach biogenen Brennstoffen an, wodurch sich die Unsicherheit bezüglich deren Versorgungssicherheit und Preisentwicklung deutlich erhöht.

Eine detaillierte Zusammenstellung aller Rahmenparameter sowie die in den jeweiligen Szenarien gewählten Einstellungen zeigt die folgende Tabelle 9.

Tabelle 9: Zusammenfassung der verwendeten Rahmenparameter für die Szenarienrechnungen

Politische Maßnahmen / Rahmenbedingungen	Business-as-Usual - Szenario	Fragmentierte Politik / durchschnittliche Rahmenbedingungen	Roadmap - Szenario
Finanzielle Maßnahmen			
Investitionsförderung Solarthermie	Solarthermie-Großanlagen Förderung vom Klima- und Energie-Fonds wird nicht weitergeführt, die Förderung über die KPC bleibt bestehen (durchschnittlich 25%)	Solarthermie-Großanlagen Förderung vom Klima- und Energiefonds wird weitergeführt bis 2030 (durchschnittlich 36%)	Solarthermie-Großanlagen Förderung vom Klima- und Energiefonds wird weitergeführt bis 2030 (durchschnittlich 36%)
Investitionsförderung für feste Biomasse und effiziente Technologien zur Wärmebereitstellung	Derzeitige Förderung der KPC bleibt bestehen: Biomasse fest (ohne KWK): durchschnittlich 20% Gas-KWK: durchschnittlich 25%	Derzeitige Förderung der KPC bleibt bestehen: Biomasse fest (ohne KWK): durchschnittlich 20% Gas-KWK: durchschnittlich 25%	Derzeitige Förderung der KPC bleibt bestehen: Biomasse fest (ohne KWK): durchschnittlich 20% Gas-KWK: durchschnittlich 25%
Einspeisetarife für Strom aus Erneuerbaren Quellen	Einspeisetarife bleiben auf dem Niveau von 2012: Biogas 16,13 cent/kWh Biomasse fest 13,77 cent/kWh	Einspeisetarife bleiben auf dem Niveau von 2012: Biogas 16,13 cent/kWh Biomasse fest 13,77 cent/kWh	Einspeisetarife bleiben auf dem Niveau von 2012: Biogas 16,13 cent/kWh Biomasse fest 13,77 cent/kWh
Emissionshandel (ETS) / CO ₂ -Steuer	Emissionshandel bleibt in der Form und Intensität von 2012 bestehen: CO ₂ -Preis 5 €/t nur Betriebe im ETS, die derzeit im ETS sind	Emissionshandel bleibt in der Form von 2012 bestehen, die Intensität steigt: die Zertifikatskosten steigen bis 2020 auf 100 €/t CO ₂ danach stagnieren sie auf diesem Niveau nur Betriebe im ETS, die derzeit im ETS sind	alle Betriebe werden bis 2015 in den Emissionshandel integriert / müssen eine CO ₂ -Steuer bezahlen die Kosten steigen bis 2020 auf 100€/t CO ₂ danach stagnieren sie auf diesem Niveau
Technische Rahmenbedingungen			
Entwicklung der Produktionseffizienz	stetige Steigerung der durchschnittlichen Produktionseffizienz (gegenüber 2011): bis 2020 um 5%, bis 2030 um 10%	stetige Steigerung der durchschnittlichen Produktionseffizienz (gegenüber 2011): bis 2020 um 12%, bis 2030 um 25%	stetige Steigerung der durchschnittlichen Produktionseffizienz (gegenüber 2011): bis 2020 um 17%, bis 2030 um 40%
Anteil des thermischen Energiebedarfs, der für solare Wärme zugänglich ist	17%	23%	30%
Wirtschaftliche Rahmenbedingungen			
Entwicklung der Produktionsmengen	Steigerung gleichverteilt über die Branche Zuwachs gegenüber 2011: 16% bis 2020, 42% bis 2030	Steigerung gleichverteilt über die Branche Zuwachs gegenüber 2011: 16% bis 2020, 42% bis 2030	Steigerung gleichverteilt über die Branche Zuwachs gegenüber 2011: 16% bis 2020, 42% bis 2030
Energiepreise	gleichverteilt zwischen Hoch- und Niederpreisentwicklung Preisentwicklungen gegenüber 2011: Gas +25 bis +44% Öl +116 bis 228% Strom +5 bis +17% Biomasse fest +74 bis +143%	gleichverteilt zwischen Hoch- und Niederpreisentwicklung Preisentwicklungen gegenüber 2011: Gas +25 bis +44% Öl +116 bis 228% Strom +5 bis +17% Biomasse fest +74 bis +143%	gleichverteilt zwischen Hoch- und Niederpreisentwicklung Preisentwicklungen gegenüber 2011: Gas +25 bis +44% Öl +116 bis 228% Strom +5 bis +17% Biomasse fest +74 bis +143%
Unsicherheit Biomassepreise	hohe Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklung der Preise und Verfügbarkeit für feste Biomasse: mit gleichverteilter Wahrscheinlichkeit wird mit Preisen zwischen Niedrigpreis und einer Verdoppelung gegenüber Hochpreis gerechnet	hohe Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklung der Preise und Verfügbarkeit für feste Biomasse: mit gleichverteilter Wahrscheinlichkeit wird mit Preisen zwischen Niedrigpreis und einer Verdoppelung gegenüber Hochpreis gerechnet	steigende Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklung der Preise und Verfügbarkeit für feste Biomasse: mit gleichverteilter Wahrscheinlichkeit wird mit Preisen zwischen Niedrigpreis und einer Verdoppelung gegenüber Hochpreis gerechnet, diese Unsicherheit steigert sich bis 2030 auf eine Verdreifachung gegenüber Hochpreisentwicklung
Entwicklung der Investitionskosten	keine Reduktion der Investitionskosten derzeit wenig verbreiteter Technologien bis 2030	Stetige Reduktion der Investitionskosten für ... Solarthermie: 20% bis 2030 Biogas: 10% bis 2030	Stetige Reduktion der Investitionskosten für ... Solarthermie: 20% bis 2020, danach konstant Biogas: 10% bis 2020, danach konstant
Investitionsklima			
Langfristigkeit der Investitionen	Wirtschaftliche Betrachtungszeiträume im Ausgangsjahr: Durchschnitt 3 - 5 a Standardabweichung 0,5 - 1,5 a Kein Anstieg über die Zeit	Wirtschaftliche Betrachtungszeiträume im Ausgangsjahr: Durchschnitt 3 - 5 a Standardabweichung 0,5 - 1,5 a Gleichmäßiger Anstieg über die Zeit: Verdoppelung bis 2030	Wirtschaftliche Betrachtungszeiträume im Ausgangsjahr: Durchschnitt 3 - 5 a Standardabweichung 0,5 - 1,5 a Gleichmäßiger Anstieg über die Zeit: Verdoppelung bis 2020 Verdreifachung bis 2030
Transaktionskosten	Transaktionskosten bestehen für nicht verbreitete Technologien im Bereich zwischen 3 - 7% der Investitionskosten keine Reduktion der Transaktionskosten bis 2030	Transaktionskosten bestehen für nicht verbreitete Technologien im Bereich zwischen 3 - 7% der Investitionskosten Stetige Reduktion der Transaktionskosten bis auf 50% im Jahr 2030	Transaktionskosten bestehen für nicht verbreitete Technologien im Bereich zwischen 3 - 7% der Investitionskosten Stetige Reduktion der Transaktionskosten, ab 2030 keine Transaktionskosten mehr
Planungsfrequenz für einen vorzeitigen Austausch des Back-up Systems	an die Lebensdauer-abhängige Ausfallswahrscheinlichkeit geknüpft: wenn 80% der gleich alten Anlagen bereits ausgefallen sind, wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,2% einmal im Jahr geplant	an die Lebensdauer-abhängige Ausfallswahrscheinlichkeit geknüpft: wenn 80% der gleich alten Anlagen bereits ausgefallen sind, wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,8% einmal im Jahr geplant	an die Lebensdauer-abhängige Ausfallswahrscheinlichkeit geknüpft: wenn 80% der gleich alten Anlagen bereits ausgefallen sind, wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 1,6% einmal im Jahr geplant
Planungsfrequenz zur Erweiterung um Technologien zur Erhöhung der Eigenversorgung	durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Planung einmal im Jahr ist 13%	durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Planung einmal im Jahr ist 19%	durchschnittliche Wahrscheinlichkeit der Planung einmal im Jahr ist 29%

6.4 Szenarien: Bandbreite möglicher Entwicklungspfade

Für die beschriebenen Szenariowelten wurden mit dem Modell ViSTRA durchschnittliche Entwicklungen des Einsatzes verschiedener Technologien zur Wärmebereitstellung simuliert. Gegenübergestellt werden die Anteile erneuerbarer Technologien an der Endenergiebereitstellung, die Entwicklung des

Endenergiebedarfs für thermische Anwendungen nach den verschiedenen eingesetzten Technologien, sowie die Auswirkungen auf die resultierenden CO₂-Emissionen.

Abbildung 29 zeigt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für die drei beschriebenen Szenariowelten, einerseits die Entwicklung des Endenergiebedarfs für thermische Nutzung nach Technologien, andererseits im Speziellen die erreichten Energiemengen, die davon aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden können.

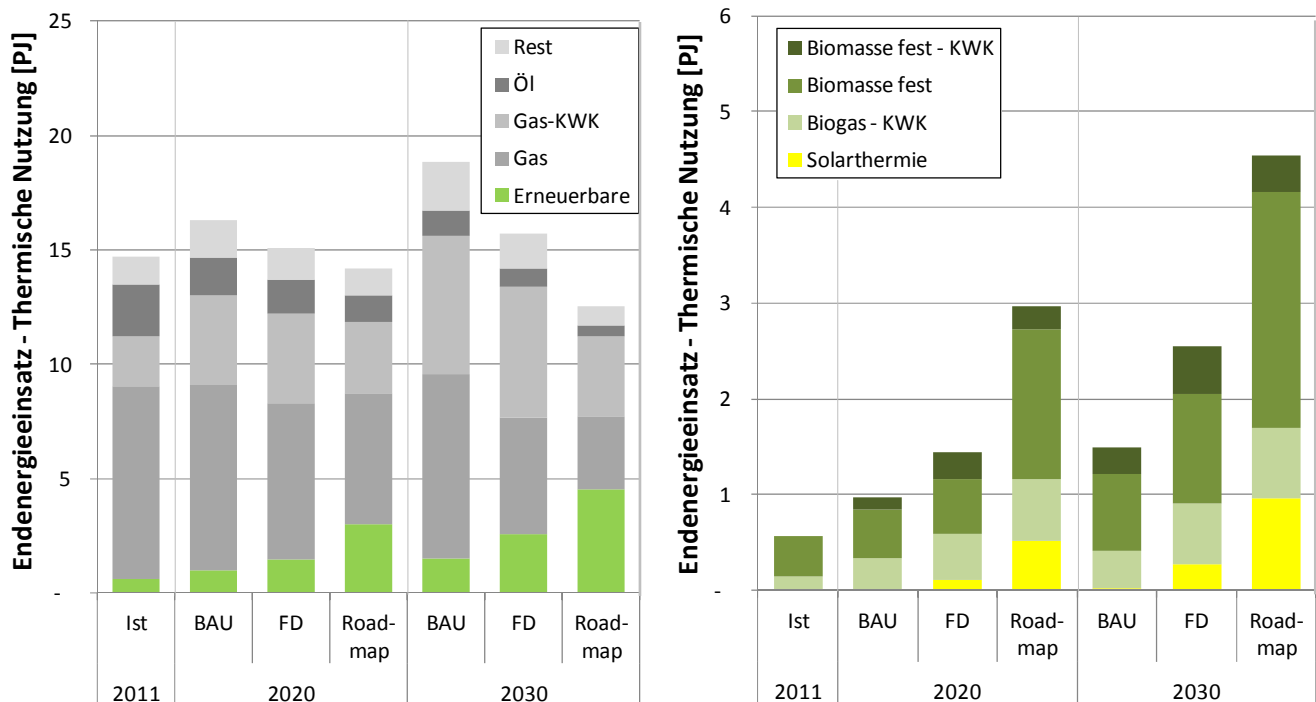


Abbildung 29: Endenergieeinsatz für thermische Nutzung in der österreichischen Lebensmittelindustrie für die drei Szenarien bis 2020 und 2030

Die Kombination aus steigender Wirtschaftsleistung bei gleichzeitig moderatem Anstieg der Energieeffizienz führt im BAU-Szenario zu einem deutlichen Anstieg des Endenergiebedarfs in der Branche von 28% bis 2030. Auch bei stärkeren Effizienzzuwächsen, so wie im FD-Szenario angenommen, kommt es bis 2030 zu einem Anstieg des Endbedarfs für thermische Nutzung von 7%. Im Roadmap-Szenario dagegen kann der Energiebedarf auch bei deutlicher Steigerung der Produktion gegenüber 2011 um 15% bis 2030 gesenkt werden.

In allen Szenarien kommt es zu einem nennenswerten Ausbau der Gas-KWK. Dabei spielen zwei Faktoren eine wesentlich Rolle: einerseits ist die Gas-KWK nach derzeitigen Bedingungen unter Berücksichtigung der Investitionsförderung bereits nach wenigen Jahren abgezahlt, andererseits sind für die Entwicklung der Gaspreise und auch der Strompreise moderate Zuwächse sowohl im Niedrig- als auch im Hochpreisszenario hinterlegt. Demgegenüber zeigen die Szenarien keinen weiteren Ausbau der Öl-Kessel, und auch eine mögliche Substitution von Öl-Kessel durch eine KWK-Anlage auf Basis von Öl ist nicht wahrscheinlich. Dies liegt vor allem daran, dass die Preise für Öl in der Industrie bereits heute deutlich teurer sind als für Gas, und auch in Zukunft in dem angenommenen Energiepreisszenario deutliche Steigerungen erwartet werden.

In allen Szenarien kommt es zu einer Zunahme der Energiemengen, die aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden. Unter BAU-Rahmenbedingungen zeigt sich ein Zuwachs von knapp 250% bis 2030, im FD-Szenario vervierfacht sich die eingesetzte Energiemenge, und im Roadmap-Szenario steigt sie sogar auf das Achtfache des Ausgangsjahres 2011. Ersichtlich ist, dass die Zuwächse vor allem im Bereich der biogenen Rohstoffe stattfinden, nur im Roadmap-Szenario steigt der Einsatz von Solarthermie markant auf knapp ein PJ an. Der deutliche Unterschied im Ausbau von Solarthermie zwischen FD- und Roadmap-Szenario liegt in erster Linie an den zugrunde gelegten Planungshorizonten für Investitionen in Energiebereitstellungsanlagen. Erst bei Planungshorizonten, die doppelt bis dreimal so hoch sind wie die bisher verbreiteten Betrachtungszeiträume, kommt es zu einem verstärkten Einsatz von Solarthermie. Demgegenüber zeigt sich bei der Biogas-KWK, dass auch bei derzeitigen Bedingungen bis 2030 mit einem weiteren Ausbau gerechnet werden kann, vorausgesetzt die Höhe der Tarife für die Einspeisung von Ökostrom aus Biogasanlagen bleibt auf dem heutigen Niveau. Auch beim Einsatz fester Biomassebrennstoffe ist bereits bei heutigen Rahmenbedingungen mit einem Zuwachs zu rechnen. Die günstigen Preisen für Hackschnitzel in Kombination mit der gewährten Investitionsförderung für Biomasse-Kessel bzw. der Einspeisung für Strom aus der Biomasse-KWK bringen Abschreibedauern, die derzeit von einigen Unternehmen akzeptiert werden. Neben Solarthermie zeigt vor allem auch die Biomasse einen starken Unterschied im Ausbau bis 2030 zwischen den Szenarien FD und Roadmap. Dies liegt vor allem an der Unterstellung eines hohen Preises für CO₂-Emissionen, der von allen Unternehmen bezahlt werden muss. Da der Einsatz fester Biomasse für thermische Anwendungen die günstigste als CO₂-neutral verbuchte Technologie ist, wird diese von vielen Unternehmen zur Vermeidung der Emissionssteuer bevorzugt.

Abbildung 30 und Abbildung 31 zeigen die Entwicklungen für die Szenarien BAU und Roadmap im Detail. Während im BAU-Szenario ein gleichmäßiger Ausbau erneuerbarer Technologien stattfindet, steigt der Zuwachs im Roadmap-Szenario bis etwa im Jahr 2020 an und wird danach wieder rückläufig. Der Grund dafür liegt vor allem im deutlichen Rückgang des Zubaus von Biogas-KWK, hier zeigt sich bereits Anfang der 2020er Jahre eine Sättigung der Durchdringung. Diese Sättigung kommt dadurch zustande, dass in den Betrieben, in denen große Reststoffmengen anfallen, bis zu diesem Zeitpunkt bereits Biogasanlagen installiert sind. In Betrieben, in denen geringere Reststoffmengen zur Verfügung stehen, sind nur kleine Biogasanlagen möglich, und die dabei höheren spezifischen Investitionskosten können erst nach längeren Perioden abbezahlt werden. Diese kleineren Anlagen sind auch unter den Rahmenbedingungen, die für das Roadmap-Szenario angenommen wurden, nicht wirtschaftlich. Hinzu kommt, dass durch den verstärkten Einsatz fester Biomassebrennstoffe die wirtschaftlichen Potentiale von Solarthermie- und Biogas-Anlagen zurückgehen. Betriebe, die feste Biomassebrennstoffe einsetzen, verzeichnen deutlich reduzierte Energiekosten. Dies führt zu einer Minderung des Anreizes für eine weitere Senkung der laufenden Kosten durch den Einsatz einer Solaranlage oder einer Biogas-KWK. Mit einem höheren biogenen Anteil am Energieeinsatz der Branche sinkt also die Wirtschaftlichkeit für die ressourceneffizienten Technologien Solarthermie und Biogas-KWK.

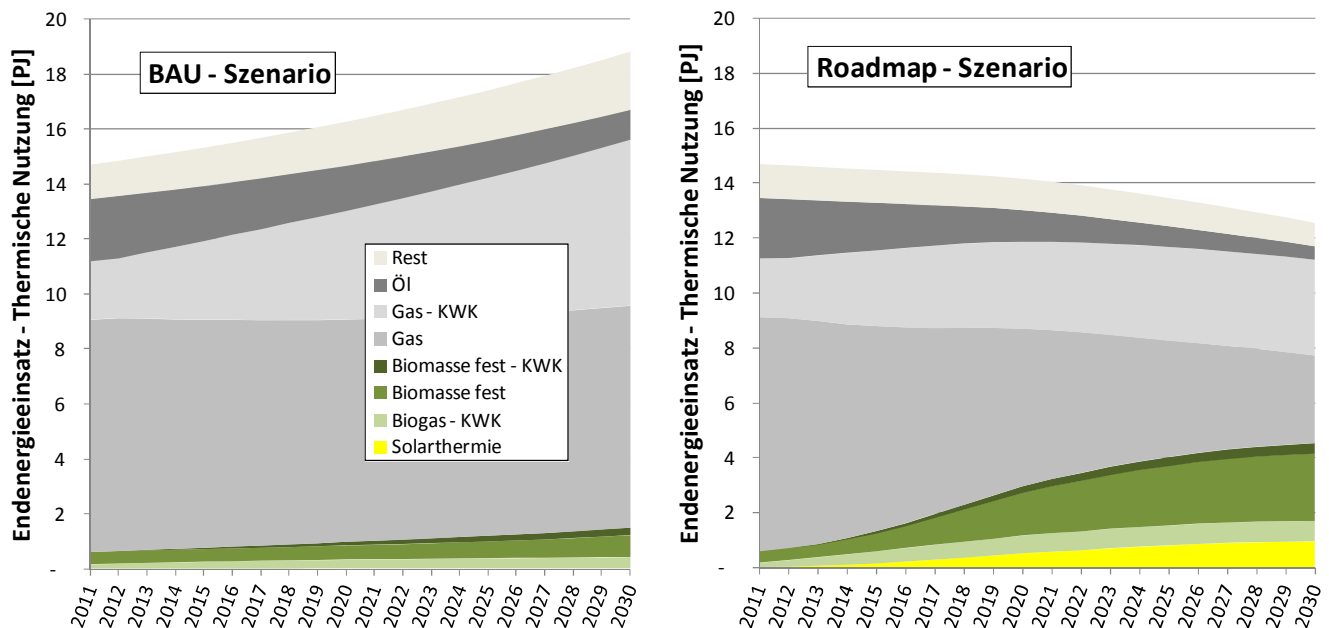


Abbildung 30: Entwicklung des Endenergieeinsatzes für thermische Nutzung – Gegenüberstellung von BAU- und Roadmap-Szenario

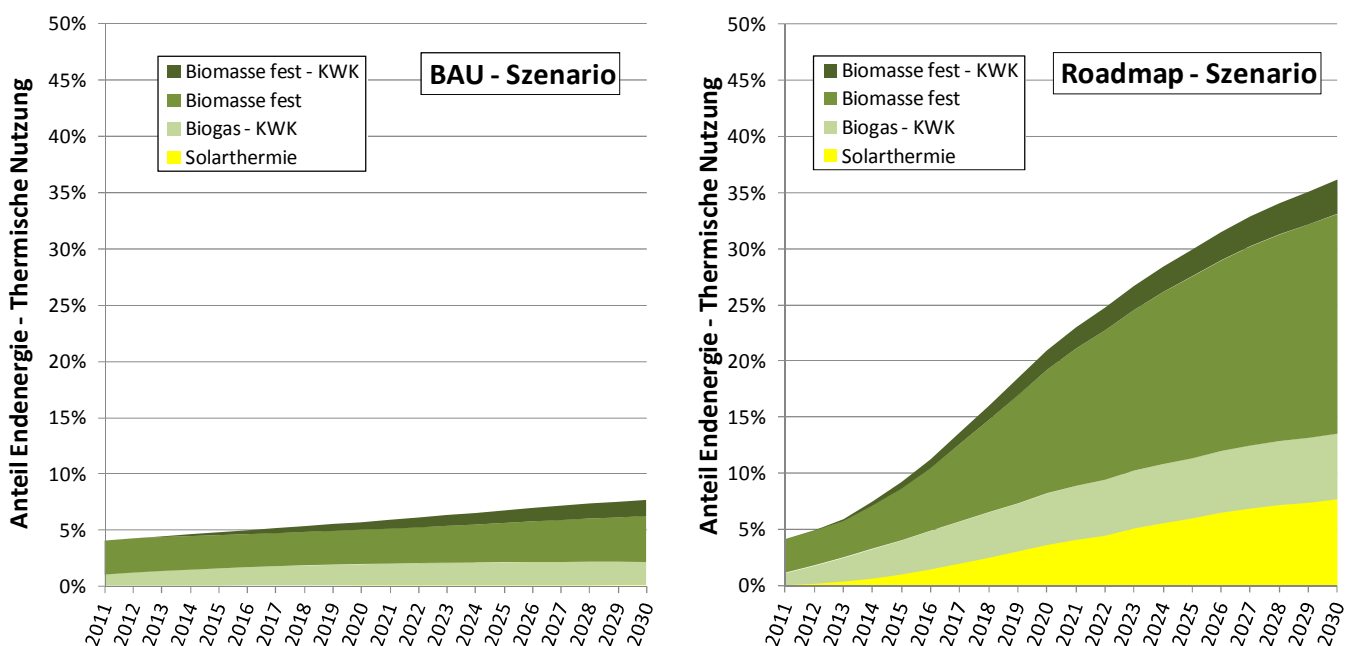


Abbildung 31: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Technologien am Endenergiebedarf für thermische Nutzung – Gegenüberstellung von BAU- und Roadmap-Szenario

Während im BAU-Szenario nur ein leichter Anstieg der Anteile erneuerbarer Energien von 4% auf 8% bis ins Jahr 2030 erreicht wird, steigt der Anteil erneuerbarer Energien im Roadmap-Szenario bis 2030 auf knapp über 36%. Die technischen Potentiale an Solarwärme können selbst im Roadmap-Szenario mit den unterstellten finanziellen Anreizen nur etwa zu 50% erschlossen werden, auch bei deutlicher Verlängerung der durchschnittlichen Abschreibedauern. Im BAU Szenario können die technischen

Potentiale an Solarwärme nur zu 1,5% erschlossen werden, im FD Szenario zu 16 % (jeweils bis 2030 gerechnet).

Im Roadmap-Szenario wird ein durchschnittlicher jährlicher Zubau von etwa 28 Tausend m² Kollektorfläche jährlich und eine installierte Kollektorfläche von knapp über 530 Tausend m² bis 2030 erreicht. Auch die Biogasnutzung steigt in diesem Szenario deutlich an. Durch die gesteigerte Wirtschaftsleistung fallen entsprechend höhere Reststoffmengen an und steigern dadurch das Potential. Insgesamt werden 2030 im Roadmap-Szenario 0,7 PJ thermischer Energie aus Biogasanlagen in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Durch den Einsatz des Biogases in KWK-Anlagen wird neben thermischer Energie auch knapp 0,6 PJ elektrischer Energie bereitgestellt, weitere 0,1 PJ aus Biomasse-KWK und 2,7 PJ aus der Gas-KWK. Die Strommengen, die aus der KWK bereitgestellt werden, werden in den Szenarien nicht ausgewiesen und betragen in Summe ca. 940 GWh_{el}. Unter der Annahme, dass sich das Verhältnis von Strom und Wärmebedarf nicht ändert, beträgt der Strombedarf der Lebensmittelindustrie in diesem Szenario bis zum Jahr 2030 gut 6 PJ (ca. 1700 GWh_{el}). Mehr als die Hälfte dieses Bedarfs könnte in Summe über das Jahr und alle Sub-Branchen mit den aus der KWK bereitgestellten Mengen gedeckt werden.

7 Schlussfolgerungen

7.1 Schlussfolgerungen aus den Firmenuntersuchungen

Im Rahmen der durchgeführten Firmenuntersuchungen wurden insgesamt 10 Betriebe aus den Bereichen Fleischverarbeitung, Schlächtereien, Früchte- und Gemüseverarbeitung, Back- und Dauerbackwaren und Milchverarbeitung untersucht. Dabei wurde in einem ersten Schritt der Status-Quo aufbauend auf Datenerhebungen vor Ort erfasst und in Fließschemata und Bilanzierungen dargestellt. Aufbauend auf der Analyse der eingesetzten Technologien wurde die Effizienz bewertet und Optimierungen durch Verbesserung der eingesetzten oder aber Substitution durch effizientere Technologien/Prozesse evaluiert. Die zu erzielenden Einsparungen betrugen dabei je nach Betrieb und Branche zwischen 7% und 25%.

In einem weiteren Schritt wurden Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung (Systemoptimierung) untersucht. Durch Nutzung vorhandener bzw. anfallender Abwärmeströme aus Prozessen und Energieversorgungseinheiten (Kessel, Kompressoren, Kältemaschinen, etc.) kann die Energieeffizienz des Produktionsprozesses weiter gesteigert werden. Je nach Betrieb und Branche liegen die Einsparungen zwischen 10% und 83% (inklusive Prozessoptimierung). Speziell die Nutzung anfallender Abwärmeströme bereits installierter Kälteanlagen bietet ein sehr großes und bisher kaum genutztes Optimierungspotential.

Die Möglichkeiten und Lösungen zur Einbindung der Solarthermie sind vielfältig und auf die Begebenheiten der Prozesse sowie des Energiebedarfs abzustimmen. Die wichtigsten Parameter sind die benötigte Prozesstemperatur, Temperaturen möglicher Rückströme aus der Abwärmenutzung in den Solarspeicher und die Betriebszeiten der Prozesse. Wichtig für eine technisch und wirtschaftlich optimale Integration ist auch eine bestmögliche Einbindung in die vorhandene bzw. adaptierte Betriebsstruktur. Die Vorteile einer richtigen Integration von Solarthermie liegen in der Unabhängigkeit von Preissteigerungen herkömmlicher Energieträger und somit einer besseren Planbarkeit, was für Betriebe aus der Lebensmittelbranche äußerst relevant ist. Zusätzlich wird durch die fossil-freie Energieversorgung ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der klimapolitischen Ziele geleistet. Folgende Kriterien, die für eine wirtschaftliche Implementierung solarer Wärme relevant sind, werden in der Lebensmittelbranche in vielen Fällen erfüllt:

- Prozesstemperaturen geringer als 100°C
- Gleichmäßiges Lastprofil
- Bedarf am Tag, nicht in der Nacht
- Bedarf auch am Wochenende

Der Großteil des Wärmebedarfes in der Lebensmittelindustrie liegt zwischen 30°C und 120°C, dementsprechend ist das Potential für die Nutzung von Solarthermie in den Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie äußerst hoch. Die Schwierigkeiten bei der Umsetzung liegen in der Umstellung der

derzeitigen Energieversorgung von Dampf/elektrisch auf Warm- und Heißwasser. Die Veränderung der Technologie ist oft aufgrund hoher Investitionskosten für Umbauarbeiten schwierig.

Im Rahmen des Projektes wurden 4 grundlegende Konzepte hinsichtlich der Integration von solarer Wärme in die Produktion identifiziert:

1. Solarthermie als Prozesswärme zur Versorgung bestehender Technologien, die sich aufgrund ihrer Betriebsparameter für die Versorgung mit Solarthermie eignen
2. Solarthermie für neue Prozesstechnologien: durch den Einsatz innovativer Technologien mit geringeren Versorgungstemperaturen wird die Integration von Solarthermie erleichtert
3. Solarthermie eignet sich aufgrund der notwendigen Temperaturen für die Brauchwassererwärmung, die in der Lebensmittelindustrie einen großen Bedarf darstellt (zum Beispiel für Reinigungszwecke)
4. Solarthermie steht gerade in der Lebensmittelindustrie mit der Vielzahl an Prozessen mit Kühlbedarf in Konkurrenz zu Abwärme aus Kälteversorgungsanlagen, wobei darüber hinaus ein verbleibender und für den wirtschaftlichen Betrieb ausreichend großer Wärmebedarf besteht

Dabei wurden in allen untersuchten Sub-Branchen potentielle Prozesse identifiziert, für die Solarthermie eingesetzt werden kann:

Fleischverarbeitende Industrie:

- Pasteurisation
- Kochen
- Brauchwasser: Reinigung, Heizung

Schlächtereien:

- Brauchwasser: Reinigung, Heizung
- Nacherwärmung Warmwasser
- Beheizung Brüher-Becken und Kistenwaschanlage

Früchte- und Gemüseverarbeitende Industrie:

- Pasteurisation
- Brauchwasser: Reinigung, Heizung
- Vorwärmung Frischwasser
- Autoklaven

Hersteller von Back- und Dauerbackwaren:

- Brauchwasser: Reinigung, Heizung
- Schmelzen von Schokolade
- Warmhalten von Tanks (Palmfett, Schokolade, Sirup, etc.)

Milchverarbeitende Industrie:

- Pasteurisation
- Erwärmung Rahm
- Fermenter
- Molkeerwärmung Entfettung
- Erwärmung Bruchwaschwasser
- Erwärmung Milch für verschiedene Produktionslinien
- Erwärmung Reinigungswasser (CIP Milchhof, Käsehof, Topfenwannen)
- Vorwärmung Molkeeindampfung
- Erwärmung Schmelzkäse
- Vorwärmung Molkekonzentrat Sprühtrocknung

7.2 Übergeordnete Schlussfolgerungen aus dem Projekt

In der Lebensmittelindustrie bieten viele Produktionsprozesse durch den Anfall biogener Reststoffe und durch Prozesstemperaturen von zumeist unter 120°C gute Voraussetzungen für den Einsatz von Solarthermie und Biogas, in einigen Sub-Branchen ist eine vollständige Deckung des thermischen und elektrischen Bedarfs in Kombination mit Wärmerückgewinnung und effizienten Prozesstechnologien erreichbar.

Ob ein Einsatz von Solarthermie zur Versorgung von Produktionsprozessen möglich ist, hängt zunächst von den erforderlichen Prozesstemperaturen ab. In Österreich sind aufgrund der geringen Jahressumme an Stunden mit direkter Sonneneinstrahlung bei derzeitigen Investitionskosten und Energieträgerpreisen keine konzentrierenden Systeme wirtschaftlich. Mit Flach- bzw. Vakuumkollektoren können aber Temperaturen bis etwa 120°C versorgt werden, Prozesse bis zu diesem Temperaturniveau überwiegen in der Lebensmittelindustrie. Besonders in den Sub-Branchen Schlachthäuser und Fleischverarbeitung, Obst- und Gemüseverarbeitung und in der Milchverarbeitung können hohe Anteile des Prozessenergiebedarfs solar gedeckt werden. Darüber hinaus bieten auch die Herstellung von Back- und Dauerbackwaren sowie die Getränkeherstellung nennenswerte Potentiale. Biogas-Potentiale ergeben sich aus der energetischen Verwertung in der Produktion anfallender biogener Reststoffmengen sowie aus der Aufbereitung von Abwässern mit biogenen Anteilen. Entsprechend hohe Deckungspotentiale ergeben sich bei Schlachthäusern und in der Fleischverarbeitung, der Bierherstellung und der Milchverarbeitung. Fallstudien haben gezeigt, dass in energieeffizienten Brauereien rund 60 – 70% des gesamten Energiebedarfs durch die Nutzung von Biogas gedeckt werden könnten, in einem Schlachthof, in den derzeit bereits eine Biogasanlage installiert ist, konnte ein Potential von knapp 80% Deckungsgrad durch den erweiterten Einsatz der Biogasanlage identifiziert werden. Potentiell können in einigen Branchen der Lebensmittelindustrie also Betriebe vollständig durch eine Kombination aus Energieeffizienz und erneuerbaren Quellen versorgt werden. Demgegenüber stehen Einschränkungen des vorhandenen Potentials aufgrund von technologischen und wirtschaftlichen Restriktionen und Barrieren. Vor allem im Falle von Solarthermie spielt zusätzlich die Platzverfügbarkeit

in den Betrieben eine große Rolle. Speziell für Betriebe der Lebensmittelindustrie, und besonders für die erwähnten Sub-Branchen, sollten daher Konzepte für eine möglichst weitgehende Entkoppelung vom fossilen Energiemarkt entwickelt werden.

Eine langfristig wirkungsvolle Schonung von Ressourcen kann nur durch die Kombination aus hoher Effizienz in der Produktion und dem Einsatz erneuerbarer Energien zur Deckung des verbleibenden Bedarfs erfolgen.

Effizienzsteigerung und Einsatz erneuerbarer Energien müssen immer kombiniert betrachtet werden. Primär muss eine Steigerung der Effizienz in den Prozessen im Vordergrund stehen und parallel dazu die Deckung des verbleibenden Bedarfs aus erneuerbarer Energien angestrebt werden. Insbesondere auch Biomasse-Ressourcen sind beschränkt und die Entwicklung der Biomasse-Preise wird nicht zuletzt davon abhängen, wie effizient der Einsatz dieses erneuerbaren Energieträgers insgesamt erfolgt. Zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz bestehen verschiedene Möglichkeiten. Besondere Potentiale bieten vor allem der Einsatz moderner Technologien und die Nutzung von vielerorts anfallenden Abwärmemengen. Wärmeströme bleiben zum einen nach deren primärer Nutzung oft ungenutzt und werden emittiert, andererseits resultieren auch aus dem Einsatz von Kühlanlagen nutzbare Wärmemengen. Speziell in der Schlachtung und Fleischverarbeitung und in der Milchverarbeitung ist eine Kühlung von Produkten, Zwischenprodukten und Produktionshallen notwendig. In diesen Branchen ist es dadurch aus technischer Sicht möglich einen Großteil der benötigten thermischen Energie effizient und ressourcenschonend aus entsprechenden Abwärmeströmen in Kombination mit Biogas und Solarthermie bereitzustellen.

Der Einsatz von Solarthermie und Biogas ist notwendig zur Erreichung ressourcenschonender Versorgungssysteme

Um die Effizienz des Energiesystems auf der Ebene der Gesamtwirtschaft zu erhöhen, ist es sinnvoll und notwendig, ressourcenschonende erneuerbare Technologien verstärkt einzusetzen. Dies gilt insbesondere für Solarthermie und Biogas auf Basis biogener Reststoffe und Abwässer. Diese sind weitgehend unabhängig von Vorgängen auf Energiemärkten und damit eine Option zur Verringerung des Risikos gegenüber möglichen Energiepreisschwankungen. Dadurch werden Ressourcen geschont und die Abhängigkeit von Energieträgertransporten und -handel reduziert. Insbesondere wäre damit auch eine Senkung der Importabhängigkeit in der Energieversorgung Österreichs verbunden. Die anaerobe Verwertung von organischen Reststoffen und Abwässern besitzt in zweierlei Hinsicht Vorteile. Einerseits erfolgt eine Reduzierung von Reststoffen sowie gegebenenfalls deren Entsorgungskosten bei gleichzeitiger Gewinnung gasförmiger Energieträger sowie von verwertbaren Gärungsprodukten. Andererseits ermöglicht eine anaerobe Verwertung organischer Reststoffe am Ort ihres Anfalls eine effiziente Nutzung der Reststoffe durch das Entfallen des Transportes zu entfernten Biogasanlagen sowie eine effiziente Kraft-Wärme-Kopplung durch direkte Einbindung der Abwärme in den Produktionsprozeß. Im Regelfall ist der thermische Energiebedarf des Produktionsbetriebes, in dem biogene Reststoffe anfallen höher, als die Wärmemengen, die aus Biogas-KWK-Anlagen bereitgestellt werden können. Je nach Branche liegen die aus der Biogas-KWK erreichbaren jährlichen Deckungsanteile am thermischen Bedarf des gesamten Betriebs im Bereich zwischen 5 und 70%.

Biogasanlagen in der Lebensmittelindustrie ermöglichen damit im Allgemeinen eine vollständige Nutzung der in der KWK anfallenden thermischen Energie. Dies ist bei Anlagen, die landwirtschaftliche Rohstoffe zur Biogasproduktion mit Fokus auf anschließender Verstromung nutzen, üblicher Weise nicht gegeben. Darüber hinaus besitzen Gärungsprodukte aus Biogasanlagen neben der Funktion als Dünger auch bodenverbessernde Eigenschaften, die in einer Bewertung der Technologie mit einbezogen werden sollten.

Neue politische Instrumente zur Anreizsteigerung sollten diskutiert werden.

Aufgrund obiger Überlegungen könnte eine verstärkte Technologie-spezifische Förderung für Solarthermie und Biogas gesamtwirtschaftlich sinnvoll sein. Derartige verstärkte politische Instrumente könnten zum Beispiel in einer obligatorischen Nutzung dieser beiden Technologien (z.B. im Fall von neuen Betriebsgenehmigungen oder –erweiterungen) in einem gewissen Ausmaß, ev. kombiniert mit einer Förderung sein. Derartige obligatorische Nutzungen erneuerbarer Energie bestehen in einigen Ländern (Deutschland, Spanien, Dänemark) bereits im Bereich Raumwärme. Es ist zu prüfen, inwiefern dies auf Prozesswärme ausgeweitet werden könnte, vor allem in jenen Fällen, wo – vorausgesetzt ein mittelfristiger Betrachtungszeitraum – ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage gewährleistet ist. Die obligatorische Nutzung könnte in diesen Fällen ein starkes Instrument zum Abbau von Barrieren darstellen, bei gleichzeitiger Wettbewerbssteigerung der Industrie, die sich aus einer höheren Unabhängigkeit von fossilen Preis-Volatilitäten bei mittelfristig geringeren gesamten Energiekosten ergibt.

Um ressourcenschonende Versorgungsstrukturen zu erreichen muss eine Beurteilung technologischer Optionen, v.a. im Kontext energiepolitischer Entscheidungen, sowohl hinsichtlich Energie- als auch hinsichtlich Exergieeffizienz erfolgen.

Mit Biomassebrennstoffen, sowie auch mit fossilen Brennstoffen, können Prozesstemperaturen jenseits der 150°C erreicht werden, mit Solarthermie ist dies nur eingeschränkt der Fall. Auch beim Einsatz ungenutzter Abwärmemengen ist das erreichbare Temperaturniveau begrenzt durch die Temperatur der Abwärmequelle. Ein Energiesystem mit einem hohen erneuerbaren Anteil und einer hohen Gesamt-Energieeffizienz ist also nur erreichbar, wenn Brennstoffe und Versorgungstechnologien gemäß ihrem optimalen Einsatzgebiet angewendet werden. Für fossile Brennstoffe und Biomasse sind das sinnvoller Weise Hoch-Temperatur-Anwendungen, für Solarthermie entsprechend Nieder-Temperatur-Anwendungen. Primär sollten in jedem Fall vorhandene Abwärmeströme verwertet werden. Dies ist bei der Auslegung politischer Rahmenbedingungen zur Förderung von Energiesystemen und -technologien auch zu berücksichtigen.

Eine markante Barriere gegenüber ressourceneffizienten Technologien sind die derzeit verbreitet angewandten Kriterien der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung

Derzeit wird zur Beurteilung von Investitionen in erster Linie die wirtschaftliche Rückzahlzeit (Payback), auch Amortisationszeit genannt, als Grundlage herangezogen, also der Zeithorizont, in dem die getätigte Investition aus den dadurch erzielbaren Gewinnen abbezahlt ist. Dabei werden für verschiedene Arten

von Investitionen unterschiedlich lange Rückzahlzeiten toleriert. Bei Investition in Solarthermieranlagen, Biogasanlagen, aber auch bei Effizienzmaßnahmen werden die Gewinne durch eine Senkung der laufenden Energiekosten erzielt, es handelt sich also um Rationalisierungsinvestitionen. Unter derzeitigen Investitionskosten und Preisen für gehandelte Energieträger ergeben sich für ressourceneffiziente Technologien wie Solarthermie oder Biogas Rückzahlzeiten, die in vielen Fällen länger sind, als für Rationalisierungsinvestitionen zumeist toleriert werden. Die Rückzahlzeiten liegen derzeit je nach Situation in den Betrieben vorwiegend zwischen 10 und 20 Jahren, in einigen Fällen auch darunter bzw. darüber. Die derzeit in Österreich existierenden Fördersysteme für diese beiden Technologien führen noch zu einer deutlichen Reduktion der erzielbaren Rückzahlzeiten um etwa 30%, dennoch sind die resultierenden Zeiträume für viele Unternehmen über der tolerierten Grenze für entsprechende Investitionen. Betrachtet man die erreichbaren Lebensdauern von Solarthermie- und Biogas-Anlagen, so zeigt sich, dass diese Anlagen auch unter derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bei einer Abschreibung über den gesamten Lebenszeitraum wirtschaftlich sind. Speziell bei Rationalisierungsinvestitionen ist es aber in den Unternehmen derzeit zumeist nicht üblich dementsprechend langfristige Entscheidungen zu treffen. Anders wird dies bei Infrastrukturinvestitionen gehandhabt, in solchen Fällen werden durchaus längere Abschreibedauern akzeptiert.

Investitionen in Energieversorgungsanlagen sind grundsätzlich dafür geeignet als Investitionen in die betriebliche Infrastruktur gesehen zu werden, darüber hinaus sind interner Zinsfuß oder Wärme- bzw. energiebezogene Produktgestehungskosten besser geeignet, um den wirtschaftlichen Nutzen einer Investition abzubilden, als die Rückzahlzeit. Um eine stärkere Verbreitung ressourceneffizienter Technologien zu erreichen ist es notwendig, dass sich die Kriterien zur Beurteilung von Investitionen in Energieversorgungsanlagen in den Unternehmen ändern. Einerseits handelt es sich bei Anlagen zur Energieversorgung grundsätzlich um betriebliche Infrastruktur. Eine Beurteilung von Investitionen bei diesen Anlagen mit den Kriterien für Infrastrukturinvestitionen macht daher grundsätzlich Sinn, erfordert aber ein Umdenken in der betriebswirtschaftlichen Lehre und Praxis. Darüber hinaus ist das weitverbreitete Kriterium der Rückzahlzeit (Payback) grundsätzlich kein Maß für die Wirtschaftlichkeit von Investitionen, sondern ein Maß für das dabei eingegangene Risiko. Besser geeignet um den zu erwartenden wirtschaftlichen Nutzen abzubilden sind entweder der interne Zinsfuß oder die Wärme- bzw. energiebedingten Produktgestehungskosten. Dabei ist zu bemerken, dass zur Berechnung dieser beiden Indikatoren ebenfalls ein Betrachtungshorizont gewählt werden muss, und erneuerbare und ressourcenschonende Technologien erst ab entsprechend langfristiger Beurteilung günstiger werden, als die fossilen Alternativen. Von staatlicher Seite besteht hier unter anderem auch die Möglichkeit als Investor aufzutreten. Mit der Vergabe von günstigen Langzeitkrediten könnten die Unternehmen in der Anwendung längerer Betrachtungszeiträume unterstützt werden, vor allem wenn diese Kredite keine Rendite beinhalten, sondern lediglich einen Risikozuschlag für den Fall von Zahlungsausfällen.

Die Investitionskosten für Solarthermie-Anlagen müssen gesenkt werden, um hohe Durchdringungen in der Nähe des technischen Potentials erreichbar zu machen.

Die Kosten für Solarthermie-Systeme in Österreich können derzeit nur grob angegeben werden. Die Gründe dafür liegen in den erst wenigen realisierten Anlagen, dem dadurch noch nicht vollständig

entwickelten Anbieterstrukturen, und den großen Unterschieden in den individuellen Anforderungen der Betriebe. Die zu erwartenden Kosten für das Solarsystem ohne Einbindung in die Versorgungsstruktur bzw. einzelne Prozesse bewegen sich im Bereich von 350 – 650 €/m² Kollektorfläche (Bruttofläche) für Kollektorfeldgrößen unter 1000 m², darüber zwischen 250 – 350 €/m². Die maßgeblichen Komponenten sind dabei die Kollektorkosten (50 – 70%), eventuelle Speicherkosten (10 – 20%) und die Kosten für Rohrleitungen (10%). Die Integration der solaren Wärme in die zu versorgenden Prozesse kann je nach Komplexität zusätzlich 5 bis in Ausnahmefällen 100% der Kosten für das Solarsystem betragen. Für solarthermische Systeme ergeben sich dadurch unter derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die meisten industriellen Anwendungen Abschreibdauern im Bereich zwischen 10 und 20 Jahren, die über die vorhandene Großanlagen-Förderung des Klima- und Energiefonds noch einmal um ca. 30% reduziert werden können. Dennoch ist dies wie beschrieben für viele Unternehmen normalerweise nicht im Bereich der tolerierten Abschreibdauern für Investitionen in Energieversorgungsanlagen. Neben einem Umdenken innerhalb der Unternehmen auch längere Zeiträume für Investitionen in energie- und ressourcenschonende Technologien zu akzeptieren, wird es daher notwendig sein, die Kosten für Solarthermiesysteme zu senken, um eine hohe Durchdringung mit solarer Wärme zu ermöglichen. Dies wird vor allem auch um so entscheidender, je höher der Anteil erneuerbarer Energien in der Branche wird, denn dadurch sinkt die Anzahl der Unternehmen, in denen der wirtschaftliche Anreiz besteht, teure fossile Energieträger mittels Investition in eine Solarthermie-Anlage zu substituieren.

Um die Kosten für Solarthermie-Anlagen zu senken, ist es notwendig, Kostensenkungen in Teilen der Bereitstellungskette an die Endkunden weiterzugeben, die Bereitstellungskette zu verkürzen, und die Anlagensysteme weiter zu flexibilisieren und zu standardisieren

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass durch den verstärkten Einsatz einer Technologie auch deren Investitionskosten sinken, es kommt zu sogenannten Lerneffekten. Daher ist grundsätzlich damit zu rechnen, dass die Kosten von Solarthermie-Systemen für industrielle Anwendungen mit zunehmender Verbreitung sinken werden. Andererseits zeigen Erfahrungen auch, dass Kostensenkungen in der Bereitstellungskette von Technologien nicht immer zeitnah an die Endkunden weitergegeben werden. So ist es etwa in den letzten Jahren weltweit zu einer deutlichen Degression der Herstellungskosten für Solarthermie-Module gekommen, die in Österreich nicht an die Endkunden weitergegeben wurde (vgl. (Biermayr et al., 2013)). Weitere Kostensenkungen für industrielle Solarthermie-Anlagen sind zu erwarten, wenn Systemanbieter auf den Markt kommen, die sowohl die Planung und Installation der Solaranlage übernehmen, als auch eine optimale Integration in die Prozesse. Derzeit werden industrielle Solarsysteme von Solaranbietern geplant und installiert, die Integration in den Betrieb von Anlagenbauern. Beide Parteien benötigen wie auch die Hersteller und die Vertreiber von Komponenten entsprechende Margen. Anbieter schlüsselfertiger Komplettpakete könnten durch eine Optimierung in der Bereitstellungskette hier Kosten reduzieren. Darüber hinaus ist eine weitere Standardisierung von Anlagenkonzepten notwendig um Kostensenkungen zu erreichen. Ein Ansatz könnte sein verschiedene Standardgrößen in Containerbauweise zu entwickeln, solche Systeme wären auch leichter transportabel und damit leichter von einem Unternehmen zum nächsten zu bringen, wenn diese etwa von externen Energiedienstleistern betrieben würden. Eine Herausforderung für die Standardisierung industrieller

Solarsysteme bleibt dabei die Adaptierung auf die sehr individuellen Erfordernisse in den verschiedenen Betrieben und die Einbindung in die Prozesse.

Betriebsexterne Energiedienstleister (sogenannte ESCOs²²) ermöglichen vor allem im Fall von aufwendigeren Technologien wie Solarthermie oder Biogas eine Reduktion technologischer und struktureller Barrieren sowie von Informationsdefiziten, und könnten zusätzlich zu einer weiteren Kostenreduktion beitragen.

Eine Auslagerung der gesamten oder von Teilen der Energiebereitstellung in industriellen Betrieben an betriebsexterne Energiedienstleister ermöglicht eine deutliche Reduktion vorhandener Barrieren vor allem hinsichtlich der Integration von Solarthermie und Biogas in industriellen Betrieben. Das Anbieten solcher Energiedienstleistungen durch sogenannte ESCOs bietet für die Betriebe zum einen den Vorteil, dass sie sich nicht um die technischen Details der Bereitstellungsanlage kümmern müssen. Andererseits müssen von den Betrieben nicht anfänglich hohe Investitionskosten aufgebracht werden, sondern es wird je bereitgestellter Leistung und gelieferter Energiemenge abgerechnet. Gleichzeitig bietet sich für ein ESCO die Möglichkeit Anlagenteile, die an einem Standort nicht mehr gebraucht werden, an einem anderen Standort wieder einzusetzen. Dies könnte weiter Kapitalkosten einsparen und die Gesamtkosten senken. Gerade im Fall von Solarthermie-Anlagen, die zur Deckung von Wärmebedarf aus den Prozessen eingesetzt werden sollen, ist es aber für eine effiziente Integration notwendig, dass das ESCO nicht nur über das nötige Wissen im Bereich der Solartechnologie verfügt, sondern auch über die Verfügbarkeit und Eigenschaften effizienter Prozesstechnologien und die Möglichkeiten der Einbindung in die Prozesse.

Für den Einsatz von Solarthermieranlagen zur Deckung bestimmter industrieller Anwendungen existiert eine wirtschaftlich optimale Anlagengröße, insgesamt hängt die Wirtschaftlichkeit dabei vorwiegend von den Temperaturen der Prozesse und möglicher Rückströme in den Speicher sowie von deren Lastprofilen ab.

Soll ein bestimmter Prozess bzw. eine bestimmte Kombination mehrerer Prozesse mit entsprechendem Lastprofil und Temperaturniveau mit einer solarthermischen Anlage versorgt werden, so existiert eine wirtschaftlich optimale Solaranlagengröße für diesen Fall. Dies ist bedingt durch zwei Faktoren. Einerseits sinken die spezifischen Systemkosten für Solaranlagen mit steigender Anlagengröße, gleichzeitig sinken aber auch die spezifischen thermischen Erträge mit steigender Anlagengröße. Ohne Berücksichtigung der in Österreich derzeit vorhandenen Förderung für solare Großanlagen können mit einer Abschreibdauer von 10 Jahren bzw. einem Zinssatz von 4% derzeit Wärmepreise von etwa 0.04 – 0.06 € pro kWh für wirtschaftlich optimale Auslegungen erreicht werden. Eine Erweiterung des Betrachtungszeitraums auf die zu erwartende Lebensdauer von solarthermischen Systemen von ca. 25 Jahren führt zu einer entscheidenden Reduktion der Wärmegestehungskosten auf ca. 0.03 – 0.04 € pro kWh. Zum Vergleich kostet eine kWh Wärme bereitgestellt aus einem bereits abgeschriebenen Gaskessel je nach Abschreibdauer und Annahme der Preissteigerung zwischen 0.05 und 0.07 € pro kWh. Wichtige Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von Solarthermiesystemen sind die

²² ESCO ... Energy Service Company

Temperaturen, die vom Solarsystem bereitgestellt werden sollen/müssen, die Rückflusstemperaturen aus den Prozessen in das Solarsystem, wenn es sich um ein geschlossenes System handelt, sowie das Lastprofil der zu deckenden Prozesse. Dabei ist der einflussreichste Faktor die Rückflusstemperatur aus den Prozessen. Wird in einem Betrieb überschüssige Wärme in das Bereitstellungssystem rückgeführt, so erhöht sich die Arbeitstemperatur des Solarsystems. Dadurch verringert sich einerseits die Effizienz der Kollektoren, andererseits wird ein Teil der potentiell über Solarthermie bereitstellbaren Wärmemenge bereits aus der Wärmerückgewinnung gedeckt. Je niedriger die benötigte Prozesstemperatur ist, desto höher ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage, da die Kollektoren bei niedrigeren mittleren Temperaturen geringere Verluste besitzen bzw. günstigere Technologien eingesetzt werden können. Je nachdem, wie gut sich das Lastprofil der potentiell zu deckenden Prozesse mit dem solaren Einstrahlungsprofil deckt, ist es mehr oder weniger sinnvoll, einen Wärmespeicher in das Solarsystem zu integrieren. Durch die verhältnismäßig geringen Mehrkosten für Wärmespeicher macht es aber aus wirtschaftlicher Sicht sehr oft Sinn, die solaren Lastspitzen durch einen Wärmespeicher auf die Prozesslastprofile zu verteilen.

In der österreichischen Lebensmittelindustrie bedingt eine kleine Anzahl an Unternehmen einen Großteil des thermischen Energiebedarfs. Diese Unternehmen sollten verstärkt zu Investitionen in eine nachhaltige Energieversorgung motiviert werden

Die Lebensmittelindustrie in Österreich besteht aus etwa 3.600 Unternehmen (Stand 2010). Die 60 größten Unternehmen davon verursachen ca. 80% des thermischen Energiebedarfs der Branche. Große Unternehmen beinhalten meist auch entsprechend große Betriebe und Produktionsstandorte mit hohem thermischem Energiebedarf. Da speziell erneuerbare Energieversorgungsanlagen eine starke Degression der spezifischen Investitionskosten mit der Anlagengröße aufweisen, rechnen sich Investitionen in erneuerbare Technologien für diese Standorte im Mittel bereits nach kürzeren Perioden, als dies bei kleineren Betrieben der Fall ist. Darüber hinaus ist in größeren Unternehmen die Verfügbarkeit finanzieller Mittel durchschnittlich höher als dies bei kleinen Unternehmen der Fall ist. Aus diesen Gründen ist es sinnvoll, die großen Unternehmen der Lebensmittelindustrie gezielt dazu zu motivieren, in erneuerbare Energien zu investieren. Dadurch könnten mittels weniger Entscheidungen einerseits hohe erneuerbare Anteile am österreichweiten Bedarf erzielt werden, andererseits wären diese als Vorzeigeprojekte entsprechend sichtbar und wirksam.

Vorzeigeprojekte müssen bewußt kreiert und in Szene gesetzt werden um das Vertrauen der Branche in die neuen Technologien zu fördern.

Derzeit sind die Technologien zur Nutzung von Solarenergie und von biogenen Abfällen vor allem für die Bereitstellung industrieller Wärme noch sehr wenig verbreitet, nur ein geringer Anteil der Branche setzt derzeit bereits auf diese Technologien. Daher besteht ein erhebliches Informationsdefizit hinsichtlich der Funktionalität dieser Technologien, der vorhandenen Möglichkeiten im jeweiligen Betrieb und der damit einhergehenden Kosten. Aber auch das Wissen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und zum Einsatz neuer Prozesstechnologien in der Produktion ist in vielen Betrieben stark limitiert. Um das Vertrauen der Unternehmen in neue Technologien zu fördern und damit weitere Entscheidungen zu erneuerbaren Technologien in Gang zu bringen, ist es daher notwendig bewusst Vorzeigeprojekte in Szene zu setzen. Hier sind in erster Linie Marketingaktivitäten erforderlich, um Projekte mit besonderer

Vorbildwirkung weithin über die Branche bekannt zu machen. Dabei ist es wichtig auf eine genaue, aber einfach verständliche Darstellung zu achten, und auf die langfristigen wirtschaftlichen Vorteile einzugehen. Um hier bewusst ein Umdenken zu langfristigen wirtschaftlichen Vorteilen zu unterstützen, sollten entweder langfristige Wärmebereitstellungskosten oder energiebezogene Produktbereitstellungskosten dargestellt werden. Um das Auffinden von Informationen weiter zu erleichtern ist es sinnvoll eine öffentlich zugängliche Datenbank zu erstellen, in der die wichtigen Informationen bezüglich dieser Vorzeigeprojekte gesammelt sind. Einen ersten Ansatz in diese Richtung bringt die im Rahmen des IEA Task 49 entwickelte Datenbank zu weltweit bestehenden Anlagen in Produktionsbetrieben.

Der Konsument muss über die Nachhaltigkeit angebotener Produkte informiert werden, um über höhere Produktpreise einen monetären Nutzen für die nachhaltige Herstellung von Produkten zu generieren.

In der Bereitstellungskette von Lebensmitteln steht zwischen dem Produzenten und dem Konsumenten der Händler, unter Umständen auch ein Zwischenhändler. Dabei zahlt der Händler dem Produzenten in der Regel keinen höheren Preis für ein nachhaltig oder erneuerbar hergestelltes Produkt. Wenn der Konsument aber bereit ist, für ein nachhaltig hergestelltes Produkt einen höheren Preis zu bezahlen, so kann dieser monetäre Nutzen zu einem Teil an den Produzenten weitergegeben werden. Dazu muss der Konsument über die Nachhaltigkeit angebotener Produkte informiert werden. Ein Weg dies zu erreichen ist, dass die Unternehmen selbst im eigenen Marketing stärker auf das Thema Nachhaltigkeit setzen. Dies ist für kleinere Unternehmen meist schwerer möglich, als für große Unternehmen, da deren Marketingbudgets und Personalkapazitäten meist deutlich höher sind. Darüber hinaus könnte staatliches „Marketing“ durch die Einführung eines offiziellen Siegels die Sichtbarkeit bei den Konsumenten deutlich erhöhen, und die Kosten in den Unternehmen senken. Dieses Siegel müsste erneuerbare Energien und Energieeffizienz in gleichem Maße berücksichtigen, um Entscheidungen im Sinne einer ressourcenschonenden Wirtschaft zu fördern. Darüber hinaus ist es notwendig ein solches Siegel leicht verständlich zu gestalten, sowohl für die Konsumenten, aber auch für die herstellenden Unternehmen. Für die Konsumenten haben Benchmark-Systeme durch ihre intuitive Verständlichkeit gute Erfahrungen gebracht, wie etwa bei Elektrogeräten oder beim Energieausweis für Gebäude. Auf der anderen Seite müssen die Kriterien für die Verleihung des Siegels fokussiert entweder auf das Produkt oder den Betrieb sein (nicht auf das Gesamtsystem), um praktikabel und durchführbar für die Unternehmen zu sein.

8 Ausblick und Empfehlungen

Aus den Untersuchungen im Projekt SolarFoods hat sich gezeigt, dass die folgenden Rahmenbedingungen entscheidend sind, um mittelfristig eine Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Lebensmittelproduktion zu erreichen:

- Eine Beurteilung des langfristigen wirtschaftlichen Nutzens von Investitionsentscheidungen muss gegenüber kurzfristigen Entscheidungen deutlich unterstützt werden.
- Marktführer in der Branche müssen gezielt angesprochen werden um Vorzeigeprojekte zu generieren.
- Die Kosten erneuerbarer Energiesysteme müssen gesenkt werden, hier vor allem im Bereich Solarthermie und Biogas; derzeit kaum verbreitete Prozesstechnologien mit hohen Potentialen zur Effizienzsteigerung müssen gezielt bei der Marktintegration unterstützt werden.
- Die zum Teil immer noch vorhandenen Förderungen für fossile Energiesysteme im industriellen Bereich muss beseitigt werden und für nachhaltige und ressourcenschonende Systeme verwendet werden.
- Eine erhöhte Häufigkeit in der Planung der Energieversorgungsstruktur von Betrieben ist notwendig, um mittelfristig eine stärkere Durchdringung zu erreichen. Derzeit wird meist nur dann eine Änderung der Energieversorgungsstruktur erwogen, wenn die Lebensdauer der alten Anlage erreicht ist oder eine Ausweitung oder Neu-Errichtung eines Produktionsstandortes ansteht.
- Sofern Mehrkosten durch den Einsatz erneuerbarer Energien anfallen, muss die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für nachhaltig produzierte Güter gezielt angesprochen werden. Der Einsatz von erneuerbarer Energie im Produktionsprozess muss auch offensiv kommuniziert werden.
- Eine Weiterentwicklung im Bereich effizienter Prozesstechnologien, möglichst verlustfreier Langzeit-Speichertechnologien, effizienter Solarkollektoren für höhere Temperaturen und Biogasreaktoren für geringe Reststoffmengen muss gezielt unterstützt werden.

Nur eine geeignete Kombination unterschiedlicher Maßnahmen kann die herrschenden Barrieren optimal überwinden helfen. Jedenfalls ist ein konzertiertes, koordiniertes Vorgehen der relevanten Akteure entscheidend.

Die daraus ableitbaren Handlungsempfehlungen werden für die wichtigen Akteursgruppen im Folgenden dargestellt.

8.1.1 Forschung & Technologieentwicklung, Technologiebereitsteller

Zentrale technologische Herausforderungen zur Einbindung von Solarthermie in die Prozesse der Lebensmittelindustrie bestehen in der Entwicklung und Verbesserung von Prozesstechnologien zur

Verringerung der benötigten Temperaturniveaus. Hier konnten große Potentiale zur Effizienzsteigerung und auch zur verbesserten Integrierbarkeit solarer Wärme identifiziert werden. Gleichzeitig bestehen hinsichtlich der Prozesseinbindung nach wie vor wichtige Fragen, die es zu klären und soweit als möglich zu standardisieren gilt. Die Fragestellungen, die sich generell für die technologische Weiterentwicklung der Solarthermie in den Bereichen Effizienz, Kosten, Materialien und Speicher stellen, sind auch für die Einbindung in die Prozesse der Lebensmittelindustrie höchst relevant. Diese gilt es daher in der Ausrichtung von Forschungs- und Technologieprogrammen nach wie vor intensiv weiter zu verfolgen. Derzeit werden in der Lebensmittelindustrie vielfach Batch-Prozesse eingesetzt. Dies erschwert eine Wärmerückgewinnung und es müssen Energieversorgungsanlagen mit entsprechenden Spitzenleistungen vorhanden sein. Gleichzeitig erhöht sich die notwendige Speicherkapazität für die rückgewonnene Energie und die Solarwärme. Erfahrungsgemäß können vielfach höhere Produktqualitäten erzielt werden, wenn die Aufheizraten gesenkt werden. In diesem Zusammenhang ist es äußerst relevant, Möglichkeiten für eine kontinuierliche Prozessführung weiter zu entwickeln bzw. zur Marktreife zu bringen.

Fokus zukünftiger technologischer Entwicklungen im Sektor Biogas sollte im Bereich der Reaktionsgeschwindigkeiten und der Ausbeuten liegen. Die Einflussnahme inhibierender Substanzen auf die Mikrobiologie sowie schwer abbaubarer Stoffe auf die Abbaugeschwindigkeit müssen weiter untersucht und marktreife Technologien entwickelt werden. Weiters gilt es, die Implementierung der Technologie in den Wärmehaushalt der Betriebe zu optimieren, um Energiebedarf und Gasbildung unter Berücksichtigung der Speicherbarkeit der jeweiligen Energieträger aufeinander abzustimmen. Der Verwertung der flüssigen und festen Gärrückstände aus der Fermentation wird derzeit noch kaum Beachtung geschenkt. Dabei besitzen diese Produkte neben der Funktion als Dünger auch bodenverbessernde Eigenschaften. Es bedarf einer Neubewertung diese Produkte, um deren Einsatz als Dünger zu forcieren und gegebenenfalls dadurch wirtschaftliches Potential zu schöpfen. Für diese Produkte sind Einsatzmöglichkeiten und konkrete Nutzungswege zu entwickeln.

Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass speziell für bestimmte Sub-B Branchen der Lebensmittelindustrie eine Kombination aus Energieeffizienz mit Biogas und/oder Solarthermie zu einer CO₂-neutralen Betriebsweise bis zu einer vollständigen Entkopplung einzelner Betriebe von den Energiemärkten führen kann. Besonders geeignet sind dabei die Schlachtung und Fleischverarbeitung, die Milchverarbeitung, sowie die Getränkeherstellung und Obst- und Gemüseverarbeitung. Hier gilt es Konzepte zu entwickeln, wie in einzelnen Betrieben hier vorgegangen werden kann, und wie die in der konkreten Umsetzung vorhandenen Schwierigkeiten überwunden werden können.

Übergeordnet stellt sich vor allem für Anbieter von effizienten Prozesstechnologien und von Solarthermie und Biogas, aber auch für Technologie-Entwickler, die Herausforderung einer stärkeren Vernetzung mit den Unternehmen und Betrieben der Lebensmittelindustrie. Zum Zweck derartiger Vernetzung hat sich das Prinzip von Energieeffizienznetzwerken wie beispielsweise der LEEN²³ in den letzten Jahren bewährt. Hier sollten sich Solarthermie- und Biogasanbieter bewußt integrieren und an Möglichkeiten arbeiten, diese Netzwerkidee auf das Themengebiet der Ressourcenschonung ausweiten.

²³ LEEN ... Lernende Energie-Effizienz Netzwerke; weitere Informationen zur Idee und zum konkreten Ablauf eines LEEN sind im Internet unter www.leen.de zu finden

8.1.2 Energie-, Klima- und Umweltpolitik, Wirtschafts- und Industriepolitik

Wenn es das politische und gesellschaftliche Ziel ist, Ressourcen schonende Produktionslinien zu fördern, muss die Politik auch jene wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen schaffen, die den Unternehmen Anreize bieten, entsprechende Investitionen zu tätigen. Dabei sind begleitende Maßnahmen zur Informationsverbreitung, zur Priorisierung des Themas Energie und zur Motivationssteigerung in den Unternehmen maßgeblich für den Erfolg politischer Intervention auf finanzieller oder regulativer Ebene. Nur eine Kombination aus regulativen Maßnahmen, finanziellen Anreizen und Entschädigungen, sowie begleitenden Maßnahmen schafft die notwendigen Rahmenbedingungen, die es den Unternehmen erlauben, einen Wettbewerbsvorteil durch Investitionen in effiziente und erneuerbare Energieversorgungsinfrastrukturen zu generieren. Im Folgenden werden Möglichkeiten politischer Intervention entsprechend ihrer primären Wirkung strukturiert behandelt.

Um eine langfristige Betrachtung des wirtschaftlichen Nutzens von Investitionsentscheidungen zu unterstützen, sind folgende Maßnahmen geeignet:

- Gewährung von Zinszuschüssen bzw. Initiierung von Fonds, die Langzeitkredite mit günstigen Konditionen für nachhaltige Technologien vergeben. Generell können günstige Darlehen dazu führen, die erhöhten Investitionen von Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energien zu erleichtern. Dies ist insbesondere in Zeiten höherer Zinssätze von Relevanz. In Zeiten niedriger Zinssätze (wie dies derzeit der Fall ist), sinkt wiederum die Bedeutung dieses Instruments.
- Steuerliche Maßnahmen, die auf die langfristige Abschreibung von Energie-spezifischen Investitionen hinwirken. Dadurch soll der zeitliche Horizont der Unternehmen für energie-spezifische Investitionsentscheidungen verlängert werden.

Zur Erhöhung der wirtschaftlichen Attraktivität von Investitionen zur Ressourcenschonung sind weiters folgende Maßnahmen zielführend:

- Höhere CO₂- und Energiesteuern bewirken einen erhöhten Anreiz für Energieeffizienz und erneubare Energie. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass ein deutlich höheres Niveau an Besteuerung nötig wäre, als die derzeitigen Preise im Rahmen des Emissionshandels, um in der Lebensmittelindustrie ausreichende Anreize zu setzen. Insofern ist eine höhere CO₂- und Energiebesteuerung immer nur in Kombination mit unterstützenden Maßnahmen (Investitionszuschüsse, geförderte Darlehen) bzw. regulativen Maßnahmen sinnvoll. Standortdiskussionen müssten durch eine für die Lebensmittelindustrie insgesamt kosten-neutrale Besteuerung (d.h. Kompensation durch entsprechende Förderung effizienter Technologien und Unternehmen) ausgeglichen werden.
- Die zum Teil immer noch vorhandenen Förderungen für fossile Energiesysteme im industriellen Bereich müssen beseitigt werden und für nachhaltige und ressourcenschonende Systeme verwendet werden.
- Investitionszuschüsse für Solarthermie und Biogasanlagen sind unter den derzeitigen Rahmenbedingungen notwendig, um eine ausreichende Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten; gleichzeitig ist sicherzustellen, dass die Anreize so gestaltet sind, dass sie eine möglichst große

Ausschöpfung von Kostenreduktionen ermöglichen und Mitnahmeeffekte reduzieren.

Alternativ zu Investitionszuschüssen müssen auch Zuschüsse nach dem Ausmaß erzeugter Energie diskutiert werden (z.B. nach dem Vorbild der renewable heat incentives in UK), um eine hohe Auslastung und einen effektiven Betrieb der Anlagen zu gewährleisten.

- In diesem Zusammenhang stellt die Solarthermie-Großanlagenförderung des Klima- und Energiefonds eine wichtige Stütze zur Umsetzung derartiger Anlagen dar. Konkrete Empfehlungen zu derartigen Förderprogrammen sind:
 - Weitere Forcierung von Maßnahmen, die ein Schließen der Lücke Audit – Umsetzung anstreben
 - Bei der Ausschreibung sollte ein stärkerer Bezug auf Investitionsabläufe und -prozesse genommen werden, z.B. über entsprechende längere Vorlaufzeiten. Dies könnte z.B. über einen zwei-stufigen Prozess erfolgen, in dem in der ersten Stufe zuerst eine Interessensbekundung erfolgt, anschließende Beratung und erst dann die zweite Stufe der Antragstellung.
 - Auch eine Flexibilisierung hinsichtlich des Einreichzeitpunkts würde das Instrument attraktiver gestalten, denn die bestehende Einreichungsdeadline ist prinzipiell fraglich: könnte man ganzjährig einreichen hätte das den Vorteil, dass Solarthermie bei möglichen anstehenden Investitionsentscheidungen immer eine Option ist. Derzeit jedoch fällt Solarthermie als Option weg, wenn eine Entscheidung ansteht und unklar ist, ob die Förderung in der kommenden Periode verfügbar sein wird.
 - Audit bis zur Umsetzung ist sinnvoll um eine hohe Qualität der Umsetzung zu gewährleisten. Derzeit ist ein Audit nur in der Planungsphase vorgeschrieben.
 - Eine verpflichtende Durchführung von Effizienzmaßnahmen vor der Inanspruchnahme der Förderung ist sinnvoll, um die bestehenden Effizienzpotentiale zu heben und um nicht Anlagen zu installieren, die sich im nachhinein als überdimensioniert erweisen.
 - Anzudenken wäre eine Förderung der zur Verfügung gestellten Energie, nicht der aufgestellten Anlagenleistung. Dadurch würde ein Monitoring der bestehenden Anlagen unterstützt und ein effizientes Funktionieren der Anlagen würde in der Förderung direkt angesprochen. Auch könnte das Konzept damit für ESCOs interessant werden.
 - Zusätzlich bevorzugt das Großanlagen-Förderprogramm in der derzeitigen Version die Installation von großen Anlagen. Eine zusätzliche Unterstützung für mittelgroße Anlagen, die spezifisch teurer sind als große, würde zu einer weiteren Erhöhung des Anreizes führen.
- Im Bereich Biogas ist die Verfügbarkeit von Rohstoffen eine wesentliche Voraussetzung. Dennoch braucht es auch mit günstigen Rohstoffen weiterhin finanziellen Anreiz z.B. über Einspeisetarife. Um einen Anreiz zur Wärmenutzung zu implementieren, ist zusätzlich zur Förderung von 60% Wirkungsgrad ein Bonus für höhere Wärmenutzung und damit höheren Gesamtwirkungsgrad sinnvoll. Dies kann entweder über höhere Einspeisetarife oder in einer höheren Priorisierung bei der Genehmigung erfolgen.
- Im Bereich der Nährstoffrückführung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft zur Einsparung von Düngern sind nach wie vor entsprechende Maßnahmen in den jeweiligen Regelwerken und Vorschriften umzusetzen.

- Neben der Förderung erneuerbarer Technologien ist auch die Einhebung von Pönalen bzw. Steuern auf die Investition in fossile Energieanlagen zu untersuchen, deren Ertrag könnte umgekehrt wiederum für die Förderung erneuerbarer Energie und Effizienz in der Branche eingesetzt werden. Dies würde besser dem Prinzip der Kostenwahrheit entsprechen.

Zusätzlich zu ökonomischen Anreizen könnten auch verstärkt regulative Maßnahmen gesetzt werden, um Barrieren zu reduzieren:

- Regulative Maßnahmen, d.h. verpflichtender Einsatz effizienter und erneuerbarer Technologien sind zumindest dort sinnvoll, wo diese Technologien wirtschaftlich sind, unter Umständen unter Berücksichtigung von Förderungen. Instrumente einer obligatorischen Nutzung von Solarthermie und Biogas (z.B. im Fall von neuen Betriebsgenehmigungen oder –erweiterungen) in einem gewissen Ausmaß könnten ev. kombiniert mit einer Förderung sein. Derartige obligatorische Nutzungen erneuerbarer Energie bestehen in einigen Ländern (Deutschland, Spanien, Dänemark) bereits im Bereich Raumwärme. Es ist zu prüfen, inwiefern dies auf Prozesswärme ausgeweitet werden könnte, vor allem in jenen Fällen, wo – vorausgesetzt ein mittelfristiger Betrachtungszeitraum – ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen gewährleistet ist. Die obligatorische Nutzung könnte in diesen Fällen ein starkes Instrument zum Abbau von Barrieren darstellen, bei gleichzeitiger Wettbewerbssteigerung der Industrie, die sich aus einer höheren Unabhängigkeit von fossilen Preis-Volatilitäten bei mittelfristig geringeren gesamten Energiekosten ergibt.
- Zur weiteren Förderung der Reststoffnutzung in Biogasanlagen sind auch regulative Maßnahmen denkbar. So existiert seit kurzem beispielsweise in Frankreich ein Gesetz, laut dem Lebensmittelbetriebe die Reststoffverwertung garantieren müssen. Dies könnte einen starken Anreiz für die energetische Nutzung in Biogasanlagen darstellen.

Im Sinne eines langfristig ressourcenschonenden Wirtschaftens müssen Effizienzsteigerung und Einsatz erneuerbarer Energien immer kombiniert betrachtet werden. Primär ist dabei eine Steigerung der Effizienz in den Prozessen anzustreben, darauf aufbauend kann der verbleibende Bedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Dies ist bei der Ausgestaltung von finanziellen, regulativen und informativen Maßnahmen stets mitzudenken und entsprechend zu verankern. Die Förderung gesamtheitlicher Energiekonzepte, die eine Erhöhung der Energieeffizienz mit erneuerbarer Energie kombinieren, sollte gegenüber reiner Förderung erneuerbarer Energie prioritär behandelt werden. Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass speziell für bestimmte Sub-Branchen der Lebensmittelindustrie eine Kombination aus Energieeffizienz mit Biogas und/oder Solarthermie zu einer fast vollständigen Entkopplung einzelner Betriebe von den Energiemärkten führen kann. Besonders geeignet sind dabei die Schlachtung und Fleischverarbeitung, die Milchverarbeitung, sowie die Getränkeherstellung und Obst- und Gemüseverarbeitung. Hier gilt es Konzepte zu entwickeln, wie in einzelnen Betrieben hier vorgegangen werden kann, und wie die in der konkreten Umsetzung vorhandenen Schwierigkeiten überwunden werden können.

In Österreich dominieren wenige Unternehmen den Energiebedarf der gesamten Lebensmittelbranche. Große Unternehmen müssen daher gezielt angesprochen werden um einerseits entsprechende Effekte in der Branche zu erzielen und andererseits Vorzeigeprojekte zu generieren. Aufgrund der Konzentration

in der Branche, wäre es möglich, die großen Unternehmen direkt und gezielt z.B. im Bezug auf ein Förderprogramm hin anzusprechen.

Die Kosten von erneuerbaren Technologien müssen gesenkt werden, hier vor allem im Bereich von Solarthermie und Biogas, derzeit kaum verbreitete Prozesstechnologien mit hohen Potentialen zur Effizienzsteigerung müssen gezielt bei der Marktintegration unterstützt werden. Konkret sind dafür folgende Maßnahmen geeignet:

- Standardisierung fördern durch verstärkte Integration in Normen
- Förderung von Markttransparenz durch Veröffentlichung von Marktberichten mit Preisen und internationalem Vergleich von Anlagenkosten
- Im Bereich von Solarthermie müssen Alternativen zu derzeit vorhandenen Vertriebsstrukturen rein über Solaranbieter unterstützt werden. Dazu zählen neben dem Konzept der ESCOs vor allem auch Gesamtanbieter, die neben dem Wissen im Bereich Solarthermie auch über die notwendigen Kompetenzen im Bereich der Prozesstechnik verfügen.
- In den vergangenen Jahren konnten in der Herstellung von Solarkollektoren entscheidende Reduktionen in den Herstellungskosten erzielt werden. Auf dem Weltmarkt sind dadurch die Preise für Kollektoren gesunken. Diese Kostensenkungen wurden in Österreich allerdings nicht an die Endkunden weitergegeben. Hier ist vor allem im Bereich der Investitionssubventionen von der Politik darauf zu achten, dass dem internationalen Markt und seinen Entwicklungen Rechnung getragen wird.

Eine erhöhte Frequenz in der Planung der betrieblichen Energieversorgungsstruktur ist notwendig, um mittelfristig eine stärkere Durchdringung zu erreichen. Zu Erreichung dieses Ziels sind die folgenden Maßnahmen geeignet:

- Energieeffizienznetzwerke fördern. Am Beispiel von LEEN²⁴ hat sich gezeigt, wie die Vernetzung von Akteuren zu einem aktiven Lernen und persönlicher Motivation verantwortlicher Personen in den jeweiligen Betrieben führt.
- Weiter verstärkte Unterstützung der Energieberater.
- Weitere Sicherstellung und Verbesserung der Qualität von Audits und der Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen.
- Informations- und Motivationsprogramme.
- Stärkere Vernetzung von Unternehmen mit Energieberatern, Technologieanbietern; stärkere Vernetzung der Energiebeauftragten in den Unternehmen fördern
- Verpflichtete Audits ab einer bestimmten Altersstruktur der Anlagen

²⁴ LEEN ... Lernende Energie-Effizienz Netzwerke; weitere Informationen zur Idee und zum konkreten Ablauf eines LEEN sind im Internet unter www.leen.de zu finden

8.1.3 Die Branche Lebensmittelindustrie

Branchenvertretungen und Netzwerkorganisationen spielen eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung aktueller Erkenntnisse und damit bei der Reduktion vorhandener Informationsdefizite in den Unternehmen. Darüber hinaus sind sie das Bindeglied zwischen Politik und Unternehmen. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik und Branchenvertretungen sowie Netzwerken in der Lebensmittel produzierenden Industrie ist daher zu forcieren, um politische Maßnahmenpakete einerseits den Bedürfnissen der Unternehmen entsprechend auszugestalten, und andererseits die entwickelten Maßnahmenpakete in der Branche zu bewerben.

Neben den Kammern und Innungen der Lebensmittelhersteller auf Bundes- und Länderebene existieren in Österreich in vielen Bundesländern eigene Netzwerkorganisationen, die im Bereich der Lebensmittelherstellung tätig sind. Diese Vernetzungsaktivitäten sind aktiv voranzutreiben. Auch ist das Thema Energie- und Ressourceneffizienz durch phasenweise steigende Energiepreise und dem Verkaufsargument Nachhaltigkeit heute stärker diskutiert in der Branche, als dies noch vor etwa 10 Jahren der Fall war. Dadurch ist die Investitionsbereitschaft in Technologien und Maßnahmen mit längeren Abschreibedauern prinzipiell zu einer Alternative geworden. In vielen Fällen ist die Beschaffung aller relevanten Informationen über bestimmte Optionen aber noch immer zu zeitintensiv. Hier können die Branchenvertretungen und Netzwerkorganisationen eine entscheidende Rolle zur Senkung der anfallenden Transaktionskosten und auch zur Erhöhung der Planungsfrequenz in den Unternehmen spielen, indem vorhandene Informationen zielgerechter aufbereitet werden, und eine stärkere nationale und internationale Vernetzung angestrebt wird. Im Rahmen des Projekts SolarFoods hat sich auch gezeigt, dass bestimmte Sub-Branchen besonders geeignet sind für die Integration von Solarthermie und Biogas. Dies sind die Schlachtung und Fleischverarbeitung, die Milchverarbeitung, die Getränkeherstellung sowie die Obst- und Gemüseverarbeitung. Speziell Unternehmen dieser Branchen sollten von Seiten der Branchenvertretungen mit aktuellen Informationen und Veranstaltung bedient werden. Dabei ist im Sinne einer langfristig ressourceneffizienten Wirtschaft bei der Integration von Technologien zur Deckung des Energiebedarfs immer zu kommunizieren, dass primär die Reduktion des vorhandenen Bedarfs angestrebt werden sollte. Dies ist vor allem auch im Hinblick auf Preis-Volatilitäten auf den Energiemärkten für die Unternehmen von grundlegendem Interesse.

Eine Vernetzung von Branchenvertretungen und Netzwerkorganisationen der Lebensmittelindustrie mit Anbietern von Prozesstechnologien in der Lebensmittelherstellung ist vielerorts bereits im Gange. Darüber hinaus sollte eine weitere Vernetzung der Branche mit Energieberatern, auch mit Energiebeauftragten in den Unternehmen, und mit Anbietern erneuerbarer und ressourcenschonender Technologien weiter forciert werden. Hier sollte darauf geachtet werden, dass auch die direkte Kommunikation zwischen den einzelnen Gruppen gezielt gefördert wird. Speziell im Bereich der Solarthermie hängt ein effizienter und wirtschaftlicher Einsatz der Anlagen stark mit den eingesetzten Technologien zusammen. Im Sinne der Vernetzung ist eine Verbreitung und Unterstützung des Konzepts der Energieeffizienz-Netzwerke etwa nach dem Beispiel der LEEN²⁵ in Österreich besonders sinnvoll. Diese haben in Deutschland und in der Schweiz in den letzten 10 bis 20 Jahren großes

²⁵ LEEN ... Lernende Energie Effizienz Netzwerke; weiterführende Informationen sind unter www.leen.de zu finden.

Interesse in den Betrieben hervorgerufen, führen sie doch zu jährlich etwa 4% Effizienzsteigerung mit entsprechender Senkung der laufenden Energiekosten.

Die österreichische Lebensmittelherstellung ist geprägt durch die Dominanz weniger Unternehmen. Daher ist es für eine maßgebliche Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz sinnvoll, diese Unternehmen gezielt anzusprechen. Hier ist eine Zusammenarbeit zwischen Branchenvertretungen, Netzwerkorganisationen in der Branche und der Politik wichtig, um geeignete Maßnahmenpakete für diese Unternehmen zu entwerfen und diese dann gezielt zur Umsetzung zu bringen. Bei einer Umsetzung können dadurch Best-Practice-Beispiele kreiert werden, die dann gezielt bei den anderen Unternehmen in der Branche promotet werden können.

Darüber hinaus könnten Branchenvertretungen und Netzwerkorganisationen zentral bei der Vermarktung nachhaltiger Produkte ihrer Unternehmen unterstützen. Vor allem für kleine Unternehmen stellt die Vermarktung aufgrund meist deutlich limitierter Personalkapazitäten eine größere Herausforderung dar, als dies bei großen Unternehmen der Fall ist. Die Etablierung eines möglichen Siegels „vorwiegend aus erneuerbaren Energien hergestellt“ sollte überlegt werden.

9 Literaturverzeichnis

- Abubakar, M.S., Umar, B., Ahmad, D., 2010. Energy Use Patterns in Tomato Paste Production: A case study of Savannah Integrated Farms Limited, Dadin-kowa, Gombe State, Nigeria. *Int. J. Engi Neering Technol. IJET - IJENS* Vol 10, Nr 1, 14–18.
- AEA, 2011. Motivationspapier: Branchenkonzepte im klima:aktiv Programm “energieeffiziente Betriebe.”
- AEA, 2012. Energieeffizienz-Konzept des Bereichs Mahl- und Schälmaschinen und Herstellung von Futtermitteln in Österreich, Bericht im Rahmen des klima:aktiv Programm energieeffiziente Betriebe. Austrian Energy Agency (AEA).
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Samimi-Akhijahani, H., 2008. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of berberis fruit (Berberidaceae). *Energy Convers. Manag.* 49, 2865–2871.
- Aicher, H., 2009. Überblick über das neue Lebensmittelrecht. Wirtschaftskammer Wien (WKO), Wien.
- Andersson, K., Ohlsson, T., Olsson, P., 1998. Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. *J. Clean. Prod.* 6, 277–288.
- Austria-Forum, 2013. Milchwirtschaft - Austria-Forum: AEIOU [WWW Document]. URL <http://austria-forum.org/af/AEIOU/Milchwirtschaft> (accessed 2.27.13).
- Azam Ali, S., 2008. Technical brief – Fruit juice processing (Practical Action). The Schumacher Centre for Technology and Development, United Kingdom.
- Baerbel Epp, 2009. Arizona: Solar Pre-heating for Sports Drinks [WWW Document]. Solarthermalworld.org. URL <http://solarthermalworld.org/content/arizona-solar-pre-heating-sports-drinks> (accessed 10.29.13).
- Bates, R.P., Morris, J.R., Crandall, P.G., FAO, 2001. Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing, FAO agricultural services bulletin. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- BGW, 2004. Erdgas in Fleischereien. Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW).
- BMLFUW, 2010. Lebensmittelbericht Österreich 2010. Wien.
- BMWFJ, 2009. Technische Grundlage für die Beurteilung von Einwirkungen, die beim Betrieb von Koch-, Selch-, Brat- und Backanlagen auftreten können und Abhilfemaßnahmen (Technische Grundlage Gerüche). Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ).
- Branker, K., Pathak, M.J.M., Pearce, J.M., 2011. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 4470–4482.
- Brunner, C., 2011. Erfahrung aus dem IEA Task 33. AEE Intec, Abteilung industrielle Prozesse.
- Brunner, C., Muster-Slawitsch, B., Schnitzer, H., Vannoni, C., Schweiger, H., 2008. EINSTEIN - Expert-System for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry, in: *Conference Proceedings Advances in Energy Studies*. pp. 100 – 106.
- Corzo, O., Bracho, N., Vázquez, A., Pereira, A., 2008. Energy and exergy analyses of thin layer drying of coroba slices. *J. Food Eng.* 86, 151–161.
- ENGINE consortium, 2010. ENGINE - Energy Efficiency in SME - Key Results.
- European Commission, 2005. Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries.
- European Commission, 2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries.
- European Parliament, 2010. Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).
- European Parliament, 2012. Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates - Energieeffizienz.
- FLAA, 2010. Aktuelle Entwicklung der österreichischen Lebensmittelindustrie sowie des Agraraussenhandels Österreichs im Jahr 2009.

- Forum-Mineralwasser, 2013. Der österreichische Mineralwasser Markt [WWW Document]. URL <http://www.forum-mineralwasser.at/markt-oesterreich.html> (accessed 3.28.13).
- Galitsky, C., Martin, N., Worrell, E., Lehman, B., 2003a. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries: An ENERGY STAR (R) Guide for Energy and Plant Managers.
- Galitsky, C., Worrell, E., Ruth, M., 2003b. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the Corn Wet Milling Industry. Univ. Calif. Berkeley VS.
- GEA TDS GmbH, 2011. Process Technology for the Fruit Juice and Primary Industries. GEA TDS GmbH.
- Gentzow, T., 2011. Leitfaden zur rationellen Energieverwendung in der Getränkeindustrie. Energieagentur NRW.
- Haas, R., Biermayr, P., Kranzl, L., 2006. Technologien zu Nutzung Erneuerbarer Energieträger – wirtschaftliche Bedeutung für Österreich (Auftraggeber: Wirtschaftskammer Österreich, Dachverband Energie-Klima). Energy Economics Group (EEG).
- Hummel, M., Kranzl, L., Hummel, F., Brunner, C., Fluch, J., 2013. Reducing Fuel Consumption in Industry: Assessment of the Economic Efficiency of the Integration of Solar Thermal Energy into Industrial Processes. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry 2013 - Proceedings.
- Kavak Akpınar, E., Midilli, A., Bicer, Y., 2005. Energy and exergy of potato drying process via cyclone type dryer. Energy Convers. Manag. 46, 2530–2552.
- Kratena, K., Meyer, I., Sommer Mark, W., 2013. Energy Scenarios 2030. Model Projections of Energy Demand as a Basis to Quantify Austria's Greenhouse Gas Emissions (report). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien.
- Lauterbach, C., Schmitt, B., Vajen, K., 2011. Das Potential solarer Prozesswärme in Deutschland. Institut f. Thermische Energietechnik, Universität Kassel, Kassel.
- LfU, 2000a. Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung - Großbäckerei. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LfU, 2000b. Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung - Milchverarbeitender Betrieb. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LfU, 2001. Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung - Fleischverarbeitende Industrie -. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.
- LfU, 2007. Klima schützen - Kosten senken: Energie sparen in Metzgereien. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- Masanet, E., Worrell, E., Graus, W., Galitsky, C., 2008. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Fruit and Vegetable Processing Industry - An ENERGY STAR Guide to Energy and Plant Managers (No. LBNL-59289-Revision). Ernst Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Meier, D., 2004. Flüssiger Rauch – eine analytische Herausforderung (No. Forschungsreport 2/2004). Hamburg.
- Meyer, J., Kruska, M., Kuhn, H.-G., Sieberger, B.-U., Boncak, P., 2000. Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie: Leitfaden für die betriebliche Praxis Landesinitiative Zukunftsenergien NRW. Vieweg, Braunschweig / Wiesbaden.
- Muster, B., Schmitt, B., Krummenacher, P., Helmke, A., Ben Hassine, I., 2013. IEA SHC Task 49/IV - Integration Guideline.
- Nazghelichi, T., Kianmehr, M.H., Aghbashlo, M., 2010. Thermodynamic analysis of fluidized bed drying of carrot cubes. Energy 35, 4679–4684.
- NOEST, LEV, 2012. Biogas und Biomethan in Österreich (Report of Task 2.1.2, IEE-Project BIO-METHANE-REGIONS). Netzwerk Öko-Energie Steiermark (NOEST), Landesenergieverein Steiermark (LEV).
- O.Ö. Energiesparverband, 2011. SO-PRO: Planungsunterstützung für die Einbindung solarthermischer Anlagen in ausgewählte industrielle Prozesse.
- Point, E., Tyedmers, P., Naugler, C., 2012. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. J. Clean. Prod. 27, 11–20.
- Ramírez, C.A., Blok, K., Neelis, M., Patel, M., 2006a. Adding apples and oranges: The monitoring of energy efficiency in the Dutch food industry. Energy Policy 34, 1720–1735.

- Ramírez, C.A., Patel, M., Blok, K., 2006b. How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries. *Energy* 31, 2047–2063.
- SAATBAU LINZ, 2013. Gerstensaatzgut - Grundlage für Getraenke und fuer Futter [WWW Document]. URL http://www.saatbaulinz.at/saatgut_gerste.asp (accessed 3.28.13).
- Schipfer, F., Christöfl, C., Kranzl, L., Resch, G., 2013. Kurzstudie: Preisentwicklungsszenarien Biomasse. Wien.
- Schmitt, B., Lauterbach, C., Vajen, K., 2012. Branchenkonzept Solare Prozesswärme für Brauereien (Teil 2 des Abschlussberichtes zum Forschungsvorhaben „SOPREN – Solare Prozesswärme und Energieeffizienz“). Universität Kassel, Kassel.
- Schneider, F., Scherhauser, S., 2009. Aufkommen und Verwertung ehemaliger Lebensmittel – am Beispiel von Brot und Gebäck. Institut für Abfallwirtschaft, BOKU Wien, Wien.
- SeV, 2006. Der Eigenstromverbrauch von Biogasanlagen und Potenziale zu dessen Reduzierung, SeV-Studien. Solarenergieförderverein Bayern e.V.
- Sharma, G.P., Prasad, S., 2006. Specific energy consumption in microwave drying of garlic cloves. *Energy* 31, 1921–1926.
- Sogut, Z., Ilten, N., Oktay, Z., 2010. Energetic and exergetic performance evaluation of the quadruple-effect evaporator unit in tomato paste production. *Energy* 35, 3821–3826.
- SoPro, 2011. Solarthermie in gewerblichen und industriellen Produktionsprozessen - Informationsfolder.
- Starnberger, S., Kapusta, F., 2009. KMU-Initiative zur Energieeffizienzsteigerung - Begleitstudie - Kennwerte zur Energieeffizienz in KMU (Zwischenbericht). Energieinstitut der Wirtschaft GmbH, Wien.
- Statistik Austria, 2007. Leistungs- und Strukturstatistik.
- Statistik Austria, 2009. Standard Dokumentation - Unternehmensregister.
- Statistik Austria, 2010. Leistungs- und Strukturstatistik.
- Statistik Austria, 2012a. Leistungs- und Strukturstatistik.
- Statistik Austria, 2012b. Energiebilanz.
- Statistik Austria, 2012c. Nutzenergieanalyse.
- Statistik Austria, 2012d. Versorgungsbilanz Öle ab 1994.
- Statistik Austria, 2012e. Versorgungsbilanz Milch ab 1994.
- Statistik Austria, 2012f. Versorgungsbilanz Bier ab 1994.
- Statistik Austria, 2012g. Versorgungsbilanz Wein ab 1994.
- Statistik Austria, 2013. Integrierte NAMEA - National Accounting Matrix including Environmental Accounts.
- Vivar-Quintana, A., González-San José, M., Collado-Fernández, M., 1999. Influence of canning process on colour, weight and grade of mushrooms. *Food Chem.* 66, 87–92.
- Waheed, M.A., Jekayinfa, S.O., Ojediran, J.O., Imeokparia, O.E., 2008. Energetic analysis of fruit juice processing operations in Nigeria. *Energy* 33, 35–45.
- Weiss, W., Rommel, M., 2008. Process Heat Collectors - State of the Art within IEA Task 33/IV. AEE Intec.
- Worrell, E., Galitsky, C., Martin, N., 2002. Energy efficiency opportunities in the brewery industry.
- Zuckerforschung Tulln Ges. m. b. H., 2013. STÄRKETECHNOLOGIE - Statistik [WWW Document]. URL <http://www.zuckerforschung.at/inhalt.php?titel=ST%C4RKETECHNOLOGIE&nav=nstaerkeinfo&on=cist> (accessed 3.28.13).

10 Anhang

10.1 Abkürzungsverzeichnis

BIP Bruttoinlandsprodukt

ÖNACE.....Österreichische Version der Systematik der Wirtschaftszweige nach EU Vorbild

KMUkleine und mittlere Unternehmen (< 250 Beschäftigte)

ETEmerging Technolog

UOUnit Operation

UASBUpflow Anaerobic Sludge Blank Reaktortyp

EGSBexpanded granular sludge bed Reaktortyp

KWKKraft-Wärme-Kopplung

HCCHot Composite Curve

CCCCold Composite Curve

CIPCleaning In Place

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung Primärenergie (PE), Endenergie (EE) und Nutzenergie (NE)	15
Abbildung 2: Verteilung von Umsätzen, Anzahl der Unternehmen und thermischem Energiebedarf auf die Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung in Österreich (Quelle: (Statistik Austria, 2010), eigene Berechnungen).....	22
Abbildung 3: Entwicklung des Energieeinsatzes in der Lebensmittelherstellung seit 2000 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis von (Statistik Austria, 2012b), (Statistik Austria, 2012c), (Statistik Austria, 2013))	23
Abbildung 4: Energiebedarf der österreichischen Lebensmittelherstellung nach Subbranchen und Art des Energiebedarfs (linke Seite), Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse und der Daten aus der Nutzenergieanalyse für die gesamte Branche (rechte Seite) (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf den Quellen in Tabelle 1).....	26
Abbildung 5: Abschätzung des thermische Energiebedarfs der österreichischen Lebensmittelindustrie auf Unternehmensebene (relativ) (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Daten aus der Aurelia Datenbank und den Quellen in Tabelle 1).....	28
Abbildung 6: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) für Prozesse in Schlachthäusern, Geflügelschlächtereien und der Fleischverarbeitenden Industrie	39
Abbildung 7: Temperaturprofil der Prozesse in Schlachthäusern, Geflügelschlächtereien und Fleischverarbeitenden Betrieben	40
Abbildung 8: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Früchte- und Gemüseverarbeitende Industrie (inkl. Saffherstellung)	41
Abbildung 9: Temperaturprofil der Prozesse in der Früchte und Gemüse verarbeitende Industrie (inkl. Saffherstellung)	42
Abbildung 10: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Milchverarbeitenden Industrie.....	43
Abbildung 11: Temperaturprofil der Prozesse in der Milchverarbeitende Industrie.....	43
Abbildung 12: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren	44
Abbildung 13: Temperaturprofil der Prozesse in der Herstellung von Backwaren und Dauerbackwaren.....	44
Abbildung 14: Bereiche für den spezifischen Primärenergiebedarf (PE) einzelner Prozesse in der Getränkeindustrie	45
Abbildung 15: Temperaturprofil der Prozesse in der Getränkeindustrie	45
Abbildung 16: Beispiel Fließschema.....	48
Abbildung 17: Beispiel Fluss-Diagramm (Energie).....	49
Abbildung 18: Methodische Ansätze zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion	51
Abbildung 19: Übersicht über die erzielten Einsparungen des thermischen Energiebedarfs durch verschiedene Maßnahmen in den im Rahmen des Projekts untersuchten Betrieben.....	52
Abbildung 20: Beispiel Nomogramm (Quelle: (SoPro, 2011))	59

Abbildung 21: Möglichkeiten der Integration solarer Wärme in industrielle Prozesse (Quelle: (Muster et al., 2013))	60
Abbildung 22: Konzept 1 – Solarthermie zur Deckung von Prozesswärme	62
Abbildung 23: Konzept 2 – Solarthermie nach der Implementierung neuer Prozesstechnologien	63
Abbildung 24: Konzept 3 – Solarthermie zur Bereitstellung von Brauchwasser	64
Abbildung 25: Konzept 4 – Solarthermie in Konkurrenz zu vorhandenen Abwärmeströmen	65
Abbildung 26: Darstellung der Komponenten eines Solarthermie-Systems für den industriellen Einsatz exemplarisch für den Fall der Einspeisung der Wärme in das bestehende Verteilsystem	67
Abbildung 27: Systematik des Simulationsmodells ViSTRA	85
Abbildung 28: Auswahl der Unternehmen anhand deren Relevanz für die Untersuchung	86
Abbildung 29: Endenergieeinsatz für thermische Nutzung in der österreichischen Lebensmittelindustrie für die drei Szenarien bis 2020 und 2030	97
Abbildung 30: Entwicklung des Endenergieeinsatzes für thermische Nutzung – Gegenüberstellung von BAU- und Roadmap-Szenario	99
Abbildung 31: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Technologien am Endenergiebedarf für thermische Nutzung – Gegenüberstellung von BAU- und Roadmap-Szenario	99

10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Primäre Datenquellen für die Hochrechnung des thermischen Energiebedarfs.....	25
Tabelle 2: Subsektoren der Lebensmittelindustrie mit Anzahl der Unternehmen	30
Tabelle 3: Ausgewählte Subsektoren der Lebensmittelindustrie	32
Tabelle 4: Primäre Datenquellen für die Identifikation der Primärenergiebedarfe und Temperaturprofile für einflussreiche Prozesse in den verschiedenen Sub-Branchen der Lebensmittelherstellung	38
Tabelle 5: Kategorisierung der spezifischen Primärenergieverbräuche	46
Tabelle 6: Übersicht über Prozesse in der Lebensmittelherstellung, die zur Integration von Solarthermie potentiell gut geeignet erscheinen (mit einem ✓ versehene Prozesse benötigen Temperaturen unter 120°C und sind daher für eine Integration von Solarthermie in Österreich gut geeignet)	47
Tabelle 7: Investitions-, Wartungs- und Energieträgerkosten für die simulierten Technologien.....	91
Tabelle 8: Leistungsbereich, Effizienz und Lebensdauern der simulierten Technologien.....	92
Tabelle 9: Zusammenfassung der verwendeten Rahmenparameter für die Szenarienrechnungen.....	96

11 Kontaktdaten

Projektleitung

Marcus HUMMEL, Lukas KRANZL

TU Wien, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe, Energy Economics Group

Gusshausstrasse 25-29 / E370-3

marcus.hummel@tuwien.ac.at

www.eeg.tuwien.ac.at

Projektlinks

www.solarfoods.at

www.solarfoods.at/dokuwiki

Projektpartner

Jürgen FLUCH, Christoph BRUNNER, Ulrike HERZOG

AEE-INTEC

Hans SCHNITZER, Michaela TITZ

Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Technische Universität Graz

Günther BOCHMANN, Bernhard DROSG

Interuniversitäres Institut für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln, BOKU

Falk ROTHERMANN, Richard SCHANNER

TECHFORTASTE.NET Gesellschaft mbH

Helmut GAHBAUER

BrauUnion Österreich AG

IMPRESSUM

Verfasser

TU Wien, Institut f. Energiesysteme und elektrische Anlagen, Energy Economics Group

Marcus Hummel
Gusshausstrasse 25 – 29, E370-3, 1040 Wien
Tel: 0043 58801 370 325
Fax: 0043 58801 370 397
E-Mail: marcus.hummel@tuwien.ac.at
Web: www.eeg.tuwien.ac.at

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH