

Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten – Strategien zur Verbesserung der Energieeffizienz

G. Becker

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

63/2009

Impressum:

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

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

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

Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten – Strategien zur Verbesserung der Energieeffizienz

DI(FH) Gernot Becker
ATB - Antennen°Umwelt°Technik und
Technisches Büro Becker

Projektpartner

Fachhochschule Wiener Neustadt – Campus Wieselburg
Carrier Kältetechnik Austria GmbH
oekostrom Vertriebs GmbH
MPREIS Warenvertriebs GmbH

Wieselburg, Mai 2009

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

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

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

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

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| Kurzfassung | 6 |
| Abstract | 7 |
| 1 Einleitung | 8 |
| 1.1 Ausgangssituation | 8 |
| 1.2 Ziele der Studie | 9 |
| 2 Begriffe und theoretische Grundlagen | 11 |
| 2.1 Allgemeine Begriffe aus der Strombeschaffung | 11 |
| 2.2 Elektrische Spitzenlast | 11 |
| 2.3 Lastverschiebung – Load balancing | 11 |
| 2.4 Demand Response Systeme | 12 |
| 2.5 Kühlung und Kältetechnik in Supermärkten | 13 |
| 2.5.1 <i>Direkte Kühlung – Kältemittelnetze</i> | 13 |
| 2.5.2 <i>Indirekte Kühlung</i> | 14 |
| 2.5.3 <i>Kühlmöbel</i> | 15 |
| 3 Spitzenlast in MPREIS - Lebensmittelmärkten | 16 |
| 3.1 Energiedatenanalyse der Supermärkte | 16 |
| 3.1.1 <i>Kennzahlendefinition</i> | 16 |
| 3.1.2 <i>Datenbasis und Datenaufbereitung</i> | 16 |
| 3.1.3 <i>Klassifizierung der Märkte nach Strombedarf</i> | 18 |
| 3.2 <i>Analyse von ausgewählten MPREIS-Filialen</i> | 19 |
| 3.2.1 <i>Lastprofilanalyse</i> | 20 |
| 3.2.2 <i>Analyse der organisatorischen Aspekte</i> | 21 |
| 3.2.3 <i>Analyse der technischen Ausstattung</i> | 21 |
| 3.2.4 <i>Ergebnisse der Analysen und in den MPREIS-Filialen</i> | 21 |
| 4 Modellierung Lastverschiebung | 32 |
| 4.1 Potenziale für Lastverschiebung in Supermärkten | 32 |
| 4.1.1 <i>Grundlagen</i> | 32 |
| 4.1.2 <i>Erweiterte Strombedarfsanalyse am Beispiel Filiale Nr. 023</i> | 33 |
| 4.1.3 <i>Varianten zur Lastverschiebung</i> | 34 |
| 4.1.4 <i>Ergebnisse Lastverschiebungspotenzial</i> | 41 |
| 4.2 <i>Kältespeicher</i> | 42 |
| 4.2.1 <i>Allgemeines</i> | 42 |
| 4.2.2 <i>Stand der Technik</i> | 43 |
| 4.3 <i>Zusätzliche Maßnahmen</i> | 45 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3.1 | <i>Betriebskosten kältetechnischer Anlagen</i> | 45 |
| 4.3.2 | <i>Konsumententrends</i> | 46 |
| 4.3.3 | <i>Effiziente Kühltechnologien</i> | 46 |
| 4.3.4 | <i>Intelligente Regel- und Steuereinheiten</i> | 47 |
| 4.3.5 | <i>Frequenzumrichter</i> | 47 |
| 4.4 | Technisch-organisatorisches Gesamtkonzept..... | 48 |
| 4.5 | Wartung der kältetechnischen Anlagen | 50 |
| 5 | Lastverschiebung am Beispiel eines Supermarktes | 51 |
| 5.1 | Maßnahmen zur Energieeffizienz durch den Marktbetreiber | 51 |
| 5.2 | Maßnahmen zur Energieeffizienz durch die Kältetechnik..... | 51 |
| 5.3 | Nachrüstung einer Latent-Kältespeicheranlage..... | 52 |
| 5.3.1 | <i>Lastverhalten und Strommehrverbrauch für den Ladevorgang</i> | 53 |
| 5.3.2 | <i>Lastverhalten und Stromverbrauchseinsparung für den Entladeprozess</i> | 54 |
| 5.3.3 | <i>Auswirkungen auf den Lastgang</i> | 55 |
| 5.3.4 | <i>Finanzielle Betrachtung</i> | 57 |
| 5.4 | Wirtschaftliche Betrachtung..... | 59 |
| 5.5 | Weitere Optionen zur Spitzenleistungsreduktion..... | 62 |
| 5.5.1 | <i>Lastabwurf der Kühlmöbel-Rahmenheizungen</i> | 62 |
| 5.5.2 | <i>Permanente Nutzung der Kältemittel-Flüssigkeitsunterkühlung</i> | 62 |
| 5.5.3 | <i>Nutzung von Photovoltaik für die Versorgung der Axialkondensatorlüftermotoren</i> | 62 |
| 6 | Organisatorische Aspekte | 63 |
| 6.1 | Erhebung der organisatorischen Aspekte..... | 63 |
| 6.2 | Methodische Vorgehensweise..... | 63 |
| 6.2.1 | <i>Experteninterviews</i> | 63 |
| 6.2.2 | <i>Quantitative und qualitative Interviews in ausgewählten MPREIS - Filialen</i> | 64 |
| 6.1.3 | <i>Diskussion der Interviewergebnisse</i> | 64 |
| 6.3 | Projektrelevante Ergebnisse der Interviews | 65 |
| 6.3.1 | <i>Projektrelevante Resultate der Experteninterviews</i> | 65 |
| 6.3.2 | <i>Interviewergebnisse der ausgewählten MPREIS - Filialen</i> | 67 |
| 6.4 | Weiterführende Diskussionen..... | 71 |
| 6.5 | Umsetzungs- und Verbreitungsstrategien | 73 |
| 7 | Finanzielle Aspekte | 76 |
| 7.1 | Analyse gültiger Tarifsyste me | 76 |
| 7.2 | Tarifmodelle als Anreizsystem..... | 77 |
| 7.3 | Finanzielle Auswirkungen | 78 |
| 7.4 | Umsetzungsstrategien | 82 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 8 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 83 |
| 8.1 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 83 |
| 8.2 | Detailangaben zu den Zielen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft | 86 |
| 8.2.1 | <i>Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie</i> | <i>86</i> |
| 8.2.2 | <i>Beitrag zu den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung.....</i> | <i>87</i> |
| 8.2.3 | 88 | |
| 8.2.4 | <i>Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse</i> | <i>88</i> |
| 8.3 | Schlussfolgerung und Ausblick..... | 89 |
| 8.3.1 | <i>Schlussfolgerung.....</i> | <i>89</i> |
| 8.3.2 | <i>Potenzial für ein Demonstrationsprojekt</i> | <i>90</i> |
| 8.3.3 | <i>Potenziale für eine großflächige Umsetzung</i> | <i>90</i> |
| 8.3.4 | <i>Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeit</i> | <i>90</i> |
| | Verzeichnisse..... | 92 |
| | Abkürzungsverzeichnis | 92 |
| | Abbildungsverzeichnis..... | 93 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 94 |
| | Literatur- und Quellenverzeichnis..... | 95 |

Kurzfassung

Lebensmittel- und Supermärkte haben einen erheblichen Energieaufwand zur Sicherung der Kühlkette von Lebensmittelprodukten und haben zur Einhaltung der Qualitätskriterien auch eine starke Verpflichtung dem Kunden gegenüber. Unter diesen Rahmenbedingungen wird ein Konzept für ein symbiotisches Zusammenspiel zwischen Lastmanagement und Energiespeicherung entwickelt, welches die Synchronisation von Stromangebot und -nachfrage optimiert, hierdurch die Integration der Erneuerbaren Energien erleichtert wie auch Kunden und Lieferanten neue Handelsspielräume zur Verfügung stellt. Mit flächendeckender Realisierung des Konzeptes kann sich der Spitzenlastbedarf um 3 – 10% reduzieren, abhängig von der Auslegung und Dimensionierung der Systeme. Dieses entlastet die Stromversorger und die Unternehmen gleichermaßen und erhöht den ökologischen Gesamtnutzen.

Das Projekt untersucht detailliert, welche Möglichkeiten der Spitzenstromverschiebung und -einsparung in Lebensmittelmärkten bestehen und wie diese Potentiale genutzt werden können. Einen Schwerpunkt bildet hier die Kältetechnik, da diese Technologie mit 50 – 60 % des Gesamtstrombedarfs zu den größten Verbrauchern eines Lebensmittelmarktes zählt und damit sehr große Einsparungs- und Speicherpotentiale bietet.

Einen wesentlichen Punkt dabei stellt die Untersuchung dar, ob die Installation marktgängiger Latentspeicher in Kühlräumen wesentliche Verbesserungen im Lastverhalten bringen, deren Beladung mit bereits installierten Kälteaggregaten in Schwachlastzeiten in ausreichendem Maße erfolgen kann und ob diese Systeme wirtschaftlich attraktive Auswirkungen zeigen können.

Ziel ist es, derartige thermo-elektrische Systeme in Zukunft als eine Art „Batteriespeicher“ im existierenden Stromnetz agieren zu lassen. Die Nutzung der Kühlenergie als im Stromnetz integrierter „Batteriespeicher“ hat Potentiale die Integration fluktuierender Erneuerbarer Energieträger wie Wind und Photovoltaik zu verbessern.

Ein weiteres Ziel - neben der internen Lastvergleichmäßigung durch Speichersysteme und Lastmanagement - ist auch die Einsparung von Primär- und Sekundärenergie durch technische und organisatorische Maßnahmen zur Energieeffizienz.

Die vorgestellten Untersuchungen werden am Beispiel der Lebensmittelmärkte der MPREIS Warenvertriebs GmbH durchgeführt und für einen ausgewählten Markt verschiedene Lastverschiebungsszenarien modelliert.

Um Strategien zur Reduktion des elektrischen Spitzenlaststroms großflächig zu implementieren, müssen seitens der Stromanbieter Anreize für eine Spitzenlastreduktion geboten werden. Aus einer Analyse der aktuellen Strombeschaffungsmethoden und der Marktpotentiale werden mögliche Verrechnungsszenarien und Bonusmodelle abgeleitet.

Abstract

Supermarkets have substantial energy expenditures to ensure the cooling chain of food products and to keep the quality criteria, so they have a strong obligation to the customer. Under these basic conditions, a concept will be developed which optimises the synchronisation of power supply and demand. With this, the integration of renewable energy sources will be facilitated and new scopes for customers and suppliers will arise. This symbiosis is the key to a long-term economy of the concept and the example for other, comparable enterprises. With a region wide realisation of the concept, the peak load demand could be reduced by 3 – 10%, depending on the design and dimensioning of the systems.

In the context of this project, detailed analyses are made to detect potentials of peak load shifting and –reduction in supermarkets. The focus is set on the refrigeration technologies due to its need of 50 – 60 % of the total electricity demand.

A substantial point therefore is the investigation in terms of latent cold storage systems: Is the installation of a common cold storage system able to improve the existing peak load performance? Is it possible to charge them with the existing cooling capacity of the installed chiller unit in times of low cooling needs? Are there any chances for an economic operation of such a combined system?

The goal is to implement such thermo-electrical systems as a kind of huge “battery storage” in existing power systems. The use of cooling energy as integrated storage system has potentials to improve the integration of intermitted renewable energy sources such as wind energy or photovoltaic.

A further goal is – beside the internal load homogenisation with storage systems and load management – also the saving of primary and secondary energy by means of technical and organisational energy efficiency measures.

The investigations rely on the warehouses of the MPREIS Warenvertriebs GmbH. The simulation of different scenarios for load balancing and –shifting are done on the example of a selected supermarket.

To implement strategies for the reduction of the electrical peak load in a broad context, stimulations have to be implemented on the part of the power supplier. Based on analyses of the actual power market behaviours and the market potentials, possible accounting and/or incentive scenarios are derived.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Liberalisierung des Strommarktes in Europa (92/96/EG) und in Österreich (Elektrizitäts-, Wirtschafts- und Organisationsgesetz - EIWOG) führen zu einem Wandel in der Energieversorgung. Die bisher erzeugungsdominierte Marktstruktur, geprägt durch Reserve- und Sicherheitsdenken wird durch verbrauchsorientierte und ökonomisch/ökologisch - optimierte Strukturen ersetzt. Die durch den Gesetzgeber vorgegebenen wirtschafts- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen werden in den nächsten zehn Jahren zu einer verstärkten Nutzung erneuerbarer und energieeffizienter Energietechnologien führen.

Lebensmittel- und Supermärkte haben einen erheblichen Energieaufwand zur Sicherung der Kühlkette von Lebensmittelprodukten und haben zur Einhaltung der Qualitätskriterien auch eine starke Verpflichtung dem Kunden gegenüber. Gleichzeitig ist das Bestreben, Energie so effizient als möglich einzusetzen, ein Kernpunkt zu mehr Unabhängigkeit von fossilen Energien. Unter diesen Rahmenbedingungen wird ein Konzept für ein symbiotisches Zusammenspiel zwischen Lastmanagement und Energiespeicherung entwickelt, welches die Synchronisation von Stromangebot und -nachfrage optimiert, hierdurch die Integration der Erneuerbaren erleichtert wie auch Kunden und Lieferanten neue Handlungsspielräume zur Verfügung stellt. In der Symbiose liegt der Schlüssel für die langfristige Wirtschaftlichkeit des Konzeptes und die Beispielwirkung für andere vergleichbare Unternehmen. Mit flächendeckender Realisierung des Konzeptes reduziert sich der Spitzenlastbedarf um 3 – 10% abhängig von der Auslegung und Dimensionierung. Dieses entlastet die Stromversorger und die Unternehmen gleichermaßen und erhöht den ökologischen Gesamtnutzen. Ganz wesentlich für die Grundidee des Spitzenlastausgleichs ist die Überlegung, dass Spitzenlast den Strompreis stark beeinflusst und dass ein Spitzenlastausgleich die Netzüberlastungen reduziert und die Versorgungssicherheit verbessert.

Die MPREIS Warenvertriebs GmbH möchte Verbesserungen in der Umweltsituation erreichen und sieht in der Vielzahl seiner kleinen und großen Märkte einen wesentlichen Multiplikationsfaktor für die Spitzenstromreduktion durch zeitvariierendes Lastmanagement und Energiespeicherung ihrer Kühlanlagen. Damit erreicht die Handelskette mit mehr als 150 Märkten in Westösterreich und Südtirol eine Vorreiterrolle im Umweltschutz und in der nachhaltigen Energienutzung. MPREIS möchte das positive Image dieser umweltfreundlichen Maßnahmen nutzen, um das Unternehmen von der Konkurrenz abzuheben und sich mit einem Bekenntnis zur Umwelt am österreichischen Markt verstärkt zu positionieren.

Die Realisierung eines Demonstrationsprojekts zur „Spitzenlastverschiebung in Supermärkten“ wird zurzeit in der Unternehmensleitung von MPREIS diskutiert. Geplant ist es, dieses Konzept in die Machbarkeitsanalyse des nächsten neuen Standorts unter den dort herrschenden Rahmenbedingungen einzubinden. Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt werden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Kältespeichers in einem Neubau durch die geringer zu

dimensionierende Kälteerzeugungsanlage und der damit verbundenen reduzierten Anschlussleistungen gegenüber einem konventionellen Kältesystem verglichen. Die Auswahl eines potentiellen Vorzeigestandortes wird mit MPREIS auch hinsichtlich der zukünftigen Marketingkonzeption und der regionalenpolitischen Aspekte (z.B. Klimabündnisgemeinden o.ä.) abgestimmt werden.

1.2 Ziele der Studie

Das Projekt untersucht detailliert, welche Möglichkeiten der Spitzenstromverschiebung und – einsparung in Lebensmittelmärkten bestehen und wie diese Potenziale genutzt werden können. Einen Schwerpunkt bildet hier die Kältetechnik: In Lebensmittelmärkten werden rund 50 – 60 % des Primärenergiebedarfs für die Kühl- und Kältetechnik benötigt, daher bietet dieses Segment auch entsprechend große Einsparungs- und Speicherpotenziale.

Einen wesentlichen Punkt dabei stellt die Untersuchung dar, ob die Einbindung marktgängiger Latentspeicher in bestehende Kältetechniksysteme wesentliche Verbesserungen im Lastverhalten bringen, deren Beladung mit bereits installierten Kälteaggregaten in Schwachlastzeiten in ausreichendem Maße erfolgen kann und ob diese Systeme wirtschaftlich attraktive Auswirkungen zeigen können.

Die Symbiose aus Lastmanagement und Energiespeicherung wird durch eine intelligente Kontrollstrategie ermöglicht, die in Schwachlastzeiten Kühlenergie speichert und zu Spitzenlastzeiten nutzt. Damit wird in der Spitzenlastzeit keine oder nur sehr geringe elektrische Energie für die Kühlgeräte benötigt. Ziel des Projektes ist es, eine Vergleichmäßigung der Verbrauchscharakteristik via Lastmanagement und Energiespeicher zu erreichen.

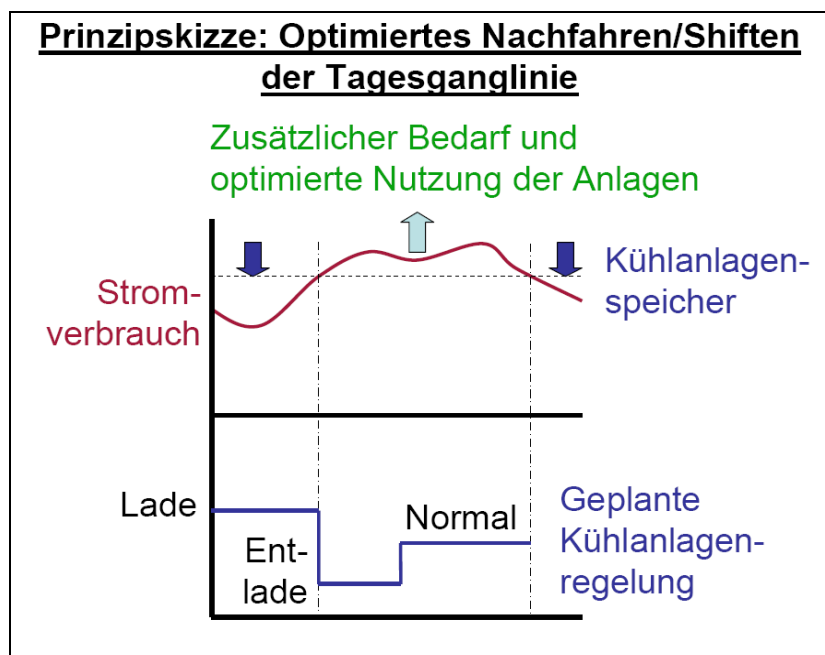


Abbildung 1: Prinzipskizze Load-shifting

Die vorgestellten Untersuchungen werden am Beispiel ausgewählter Märkte des MPREIS Konzerns durchgeführt. Hierzu wird als erster Schritt gemeinsam mit MPREIS eine Einteilung in unterschiedliche Nutzergruppen getroffen. Kriterien für die Einteilung in Nutzergruppen sind u.a. Marktgröße, Energieverbrauch, technische Ausstattung, etc. Die im Projekt vorgesehenen Berechnungen und Szenarienentwicklungen werden dann beispielhaft für die jeweilige Nutzergruppe durchgeführt.

Die erarbeiteten Konzepte fließen auch in ein Gesamtenergiekonzept der MPREIS - Unternehmenskette ein und bewirken dadurch einen Mehrfachnutzen, da derartige thermoelektrische Systeme in Zukunft als „Batteriespeicher“ im existierenden Stromnetz agieren. Damit ist es möglich, ein ganzheitliches Konzept für zukunftsorientierte Lebensmittelmärkte zu erstellen, welches sämtliche Energieaspekte von der Erzeugung über die interne Verteilung bis hin zu effizienten Verbraucherschaltungen intelligent integriert.

Sekundärziele, erweiterte Untersuchungen im unmittelbaren Kontext:

a) Erhöhung der Energieeffizienz durch technische und organisatorische Maßnahmen

Ein weiteres Ziel ist auch die Einsparung von Primär- und Sekundärenergie durch technische und organisatorische Maßnahmen zur Energieeffizienz. Dabei haben diese Aktivitäten vorrangige Status in der gesamten Maßnahmenkette – gemäß dem Leitsatz „die günstigste Energie ist die, die nicht benötigt wird“.

b) Entwicklung von kundenspezifischen Tarifmodellen:

Die Verwendung von elektrischer Energie zu Spitzenzeiten belastet das Unternehmen und belastet den Stromversorger durch Zukauf von Spitzenlaststrom, der in Spitzenzeiten das Vielfache der normalen Spotmarktpreise ausmacht. Damit ist es auch für Stromversorger erstrebenswert, den Verbrauch des Spitzenstromsegments zu verringern. Viele Stromversorger bieten für Gewerbekunden bereits unterschiedliche Tarifmodelle an, welche durch individuelle Tarifgestaltung und durch finanzielle Anreize die Vermeidung von Lastspitzen bewirken. Im Rahmen dieses Projektes werden gemeinsam mit dem Ökostromlieferanten oekostrom AG Modelle erarbeitet, wie dieser Anreiz durch die Entwicklung neuer Tarifmodelle in Zukunft verstärkt werden kann und welche Auswirkungen hierdurch auf die Ökostrombilanzgruppe zu erwarten sein werden.

2 Begriffe und theoretische Grundlagen

2.1 Allgemeine Begriffe aus der Strombeschaffung

Prinzipiell kann Strom an der Börse an verschiedenen Märkten beschafft werden. Sie unterscheiden sich lediglich darin, wie groß die Zeitspanne bis zur Belieferung ist. Am Spotmarkt werden die einzelnen Stunden für den nächsten Tag gehandelt. Da hier der Kraftwerkseinsatz gemäß Merit-Order erfolgt, könnte er als „eigentlicher Markt“ bezeichnet werden – schließlich erfolgt der Handel nicht auf Grund langfristiger Markterwartung, sondern auf Grund der Feindisposition von Verbrauch und Produktion „Day Ahead“, also einen Tag im Voraus.

Futures sind Stromderivate, welche einen Preis für eine Lieferperiode in der Zukunft garantieren, wobei sie die Markterwartung der Spotmarktpreise wiedergeben. So kann zum Beispiel am 31. März 2009 eine durchgängige Belieferung von 1 MW für das Jahr 2011 mit einem Jahresfuture abgesichert werden. Ebenso könnte jeweils am Ende des Vormonats der Folgemonat über Monatsfutures gedeckt werden.

Unabhängig vom Markt an dem beschafft wird, bezeichnet man eine durchgängige Lieferung als Base – im Gegensatz zu Peak, welche lediglich eine Lieferung von Montag bis Freitag von 08:00 – 20:00 Uhr beinhaltet.

2.2 Elektrische Spitzenlast

Die Schwankung des Strombedarfs ist eine wesentliche Charakteristik des Strommarktes. Im liberalisierten Strommarkt bedeutet also, dass der Strompreis zu jedem Zeitpunkt einen Anreiz geben muss das Kraftwerk ans Netz zu geben. Um die Verbrauchsspitzen abzufangen gehen Anlagen mit hohen kurzfristigen Grenzkosten (und vergleichsweise geringen langfristigen Grenzkosten) ans Netz, Spitzenlast. Da eine verbrauchssynchrone Produktion zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden muss, stehen eine Reihe von diversen Spitzenlastkraftwerken zur Verfügung. Deren Einsatz Merit-Order.

2.3 Lastverschiebung – Load balancing

Im Grunde genommen ist Lastverschiebung eine alte Thematik, teilweise sogar so alt wie die Elektrizitätswirtschaft selbst. Schon mit Beginn der Elektrifizierung, als Industriebetriebe größtenteils in Inselösungen am Netz hingen, musste der Lastgang der Stromproduktion des Kraftwerks angepasst werden. Auch in den folgenden Jahrzehnten galt der Lastverlagerung in den damals komplett vertikal verflochtenen Unternehmen ein wesentliches Augenmerk. So wurde noch vor dem Zeitalter der Informationstechnologien mit Rundsteuersignalen die Zählerwerke geschaltet, welche mit einem günstigeren Stromtarif den Verbraucher dazu animierten den Stromverbrauch zu verlagern. Die Liberalisierung bewirkte, dass Netzbetreiber und

Stromproduzenten/-händler unterschiedliche Interessen vertreten – eine stabile Netzauslastung steht also im Widerspruch zu möglichst hohen Erlösen aus der Stromproduktion, welche sich in unausgeglichenem Verbrauch erklären.

In der Folge war Load Balancing vor allem für Großverbraucher von Bedeutung – niedrigere Anschlussleistung einerseits und geringere Energiekosten durch eine ausgeglichene Last sind dabei die wesentlichen Motive. So werden also flexible Lasten wie beispielsweise die Gesteinsmühlen der Zementindustrie nachts betrieben.

Durch die fortschreitende Informationstechnologie, welche die Transaktionskosten senken, ergeben sich weitere Integrationsmöglichkeiten; Diese beinhalten nun auch kleinere Verbraucher, in mittelfristiger Zukunft wohl auch Kleinstverbraucher.

2.4 Demand Response Systeme

Die Öffnung des europäischen Binnenmarktes bringt den Marktakteuren neue Handelsmodelle und -möglichkeiten. Ein international stark im Trend befindliches Modell wird Verbrauchersteuerungssystem oder englisch Demand Response genannt. Demand Response veranlasst Stromabnehmer durch entsprechende Preissignale von ihrem Standardverbrauch abzuweichen. Auf entsprechende Preissignale (auf Englisch: Real-Pricing) reagieren Stromkunden idealer Weise in der Art, dass ihr Stromkonsum auf Schwachlastzeiten verschoben wird, oder dass sie ihren Gesamt- oder Spitzenlastbedarf durch Energieeffizienz-Maßnahmen oder Eigenstromerzeugung verringern. Der Effekt von „Demand Response“ soll sein, Systemlimits zu verringern und die Versorgungssicherheit mit ökonomischem Nutzen zu verknüpfen. Im vorgestellten Projekt werden die national und international verwendeten Demand Response Modelle gescreent und evaluiert.

In allen Überlegungen für den verstärkten Einsatz von dezentralen Energiequellen in europäischen Arbeitsgruppen wird festgestellt, dass die Netze in Zukunft verstärkt interaktiv genutzt werden. Unser Projektvorschlag folgt diesem Trend und verlinkt innovative Kommunikationstechnologien mit dem gezielten Einfluss auf das energieeffiziente Nutzverhalten.

In den USA gibt es bereits lange Erfahrung mit Demand Response. Die ersten Programme sind 1974 eingeführt worden und heute bieten bereits mehr als 70 EVU's in den USA freiwillige RTP Tarife („Real Time Pricing“) entweder auf einer Versuchs- oder dauerhaften Grundlage an. Mehr als 3000 Teilnehmer mit einer Gesamtkapazität von mehr als 11 000 MW sind derzeit in diese Systeme integriert.

Die wichtige Entwicklung der Realzeitpreiskalkulation und Demand Response im Allgemeinen resultiert aus der Notwendigkeit von IOU's (äquivalent der vertikal integrierten EVU's in Europa) Lösungen für die Versorgungssicherheit zu finden und Marktprobleme zu vermeiden, die der Kalifornien-Krise von 2000 ähnlich sind. Zusätzlich gibt es starke politische Unterstützung um die Entwicklung von Demand Response in zahlreichen F&E-Programmen voranzutreiben.

Im Rahmen dieser Studie wird erhoben, ob und inwieweit diese Modelle auf den österreichischen bzw. europäischen Strommarkt übertragbar sind bzw. welche alternativen Modelle anwendbar sind.

Gleiches gilt für die Systeme des Demand Site Managements, die ähnlich dem Demand Response Modell die ganzheitliche Betrachtung von Energieproduktion, -verteilung und –verbrauch betrachten. Beide Fachbereiche haben Netzsicherheit und ein verbessertes Verhältnis der vorgehaltenen Reserveproduktionseinheiten zum Ziel.

2.5 Kühlung und Kältetechnik in Supermärkten

Die Kühlung der Produkte in einem Supermarkt kann entweder mittels sogenannter Verbundanlagen oder mit steckerfertigen Kühlmöbeln erfolgen. Bei Verbundanlagen sind mehrere Kälteverbraucher an eine Kälteerzeugungsanlage mit parallel geschalteten Verdichtern angeschlossen. Steckerfertige Kühlmöbel besitzen hingegen eine separate ins Gerät integrierte Kälteerzeugung.

Bei Verbundanlagen bestehen meist getrennte Systeme und unterschiedliche Kältemittel für die Tiefkühlung bis -18°C und die Normalkühlung bzw. „Pluskühlung“ bei ca. $0-8^{\circ}\text{C}$. Die Kälteleistungen bewegen sich zwischen 20 kW und 1 MW.

Neuanlagen werden meist als Direktverdampferanlagen mit HFKW (R404a/R134a) ausgeführt. Die treibhausrelevanten Emissionsraten, die auf solche Kälteanlagen zurückzuführen sind, betragen ca. 15% bei Altanlagen.

Die für die Speicherung von Kälte vorausgesetzten indirekten Verbundkühlanlagen sind derzeit im mitteleuropäischen Raum kaum vorhanden, obwohl die verwendeten Kältemittel hervorragend geeignet wären und die Anlagen teilweise auch bereits konkurrenzfähig sind. In nordischen Ländern hingegen werden diese Anlagen verbreitet verwendet, um die Mengen an HFKW zu reduzieren.

2.5.1 Direkte Kühlung – Kältemittelnetze

Bei der direkten Kühlung wird ein Kältemittel zwischen Kältemaschine und Kühlstelle im Kreis transportiert und nimmt dabei Wärme des Kühlguts auf, die es dann im Kondensator der Kältemaschine wieder abgibt.

Bei dieser Form der Kühlung sind besonders robuste Leitungen notwendig, da sie hohen Belastungen in Form von Druck und Wärmespannungen ausgesetzt sind. Außerdem ist eine sorgfältige Befestigung notwendig.

Weiters muss eine vollständige Verdampfung des Kühlmittels durch Regelung des Drucks sowie eine Mindestströmungsgeschwindigkeit gewährleistet werden, weil im Kältemittel das Öl zur Schmierung des Verdichters enthalten ist.

Die Vorteile der direkten Kühlung liegen in geringen Investitionskosten, geringem Platzbedarf, niedrigen Betriebskosten und einem hohen Gesamtwirkungsgrad.

2.5.2 Indirekte Kühlung

Bei der indirekten Kühlung wird nur in der zentralen Anlage ein Kältemittel verwendet, die Kälteverteilung erfolgt mit einem Kälte­träger in einem zweiten Kreislauf.

Die verwendeten vorwiegend preiswerteren Kälte­träger­flüssigkeiten sind meist ungiftig, unbrennbar und in eine niedrige Wassergefährdungsklasse eingestuft. Dadurch ergeben sich einige sicherheitstechnische Vorteile in der Anwendung.

Wenn Wasser als solcher Kälte­träger verwendet wird, kann durch die Zugabe von Salzen Arbeiten bei niedrigeren Temperaturen ermöglicht werden. Weitere Möglichkeiten sind der Einsatz von Silikonölen bei der Übertragung von wahlweise Hitze oder Kälte und die Verwendung von Substanzen, die an der Kühlstelle verdampfen. Ein solcher Phasenübergang bringt zusätzliche Vorteile in der Effizienz.

Die Vorteile der indirekten Kühlung sind eine konstante Kaltwassertemperatur durch eine Kälteanlagenregelung und die einfachere Handhabbarkeit durch identische Kalt- und Warmwasserverteilsysteme.

Prinzipiell sind indirekte Kühlungen den direkten in Sachen Energieeffizienz unterlegen. Einen Energiekostenvorteil können indirekte Systeme jedoch erzielen, wenn sie mit Kältespeichern verbunden werden.

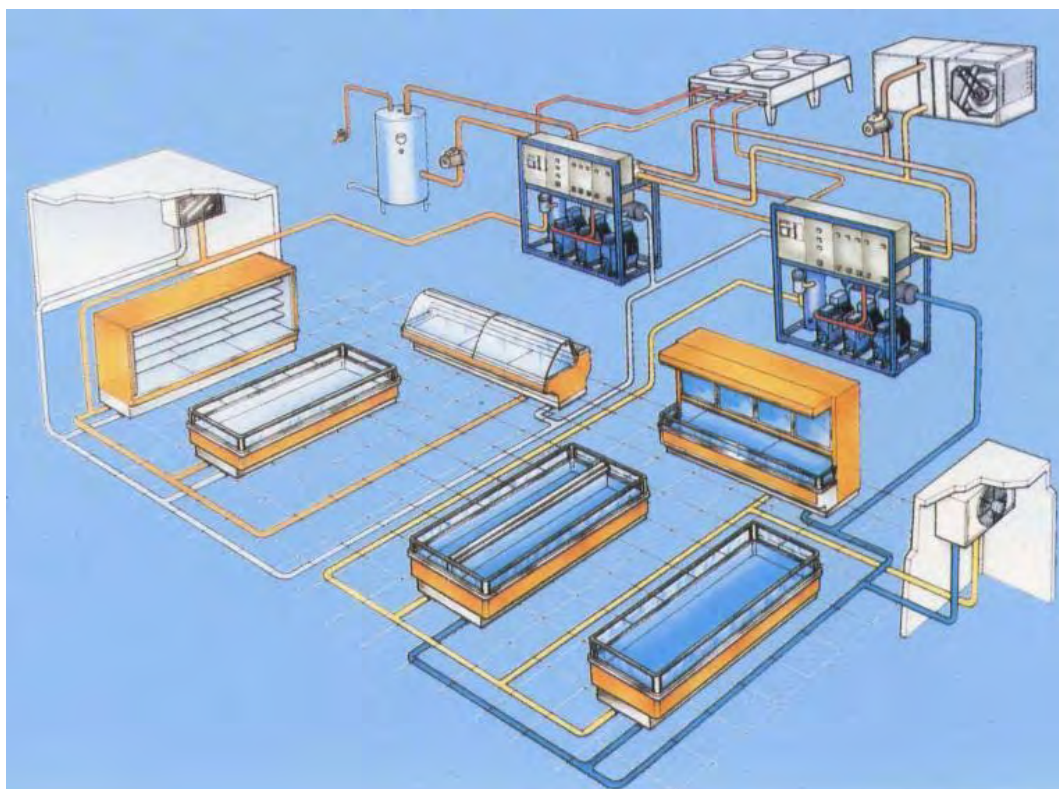


Abbildung 2: Kältetechnische Anlagen in einem Supermarkt

2.5.3 Kühlmöbel

Kühl- und Tiefkühlmöbel dienen der Präsentation von leicht verderblicher Ware im Verkaufsraum eines Supermarktes. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Theken, Regale, Inseln, Truhen, Schränke und Kombinationen; hier sind beispielsweise Truhen mit Regalaufsatz gemeint. Angeboten werden Möbel die an eine Verbundkälteanlage angeschlossen werden oder Möbel in steckerfertiger Ausführung („Plug-in“) mit eigener integrierter Kälteerzeugung. Kühlmöbel sind in offener und geschlossener Form (mit Deckel, Schiebetüren etc.) erhältlich.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Entwicklungen sowohl hinsichtlich der Warenpräsentation (Lichtkonzepte, Dimensionierung der Stellflächen) als auch der Energieeffizienz (kundenfreundliche Abdeckungen, innovative Abtauconzepte u.ä.) getätigt, so dass der Einsatz moderner Kühlmöbel einen wesentlichen Beitrag zum Thema Energieeffizienz in Supermärkten liefern.



Abbildung 3: Kühlregal als Verbundmodell (li), Plug-in-Kühlinsel (re)

3 Spitzenlast in MPREIS - Lebensmittelmärkten

3.1 Energiedatenanalyse der Supermärkte

3.1.1 Kennzahldefinition

In der Lebensmittelbranche erfährt die Energiebuchhaltung bereits seit einigen Jahren einen wichtigen Stellenwert, da die Energiekosten einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor einnehmen. Als branchenübliche Kennzahlen haben sich dabei folgende Kennzahlen etabliert:

- Energiebedarf pro m² Verkaufsfläche, z.B. kWh/m²
- Energiebedarf pro Umsatzerlös, z.B. kWh/k€

Diese Kennzahlen bieten den Vorteil dass sie einen hohen Vergleichswert mit anderen vergleichbaren Studien aufweisen.

Als weitere Kennzahlen können aber z.B. auch

- Energiebedarf pro Mitarbeiter-Vollzeitäquivalent oder
- Energiebedarf pro Kühlwarenmenge, z.B. kWh/t Kühlware

eingesetzt werden, die allerdings eine relativ geringe Vergleichsbasis mit der Literatur bieten. Andererseits können diese Kennzahlen für einen Vergleich innerhalb einer Marktkette eine gute Basis bilden. Vor allem in der Betrachtung der elektrischen Spitzenlast, die zu einem großen Teil aus der Kältetechnik resultiert, kann der Energiebedarf pro Kühlwarenmenge ein durchaus aussagekräftiger Vergleichswert sein.

In erster Linie wird aber – auch für den externen Vergleich – die Energiekennzahl in kWh pro Verkaufsfläche herangezogen.

3.1.2 Datenbasis und Datenaufbereitung

Die MPREIS Warenvertriebs GmbH verfügt über sehr detaillierte Energieaufzeichnungen ihrer Supermärkte, in Summe waren mit Stand 07/2008 Stromverbrauchsdaten von 134 Märkten verfügbar. In einer Datenbank sind ab 2005 die Viertelstundenwerte des Strombedarfs aufgezeichnet. Mit einer Ausgabesoftware lassen sich die unterschiedlichsten Darstellungsvarianten erstellen.

Diese Datenbasis wurde für das gegenständliche Projekt wie folgt aufbereitet:

Die Jahresmittelwerte des Stromverbrauchs in kWh pro m² Verkaufsfläche und Jahr aller 134 im System befindlicher Märkte wurden in ein Excel-File exportiert. Als erster Selektionsschritt wurden Märkte, deren Datenaufzeichnung erst 2006 oder 2007 beginnen, ausgeschieden. Ebenso wurden 5 Filialen, die ausschließlich Frischbackwaren zum Verkauf anbieten und damit nicht dem klassischen Supermarktsegment entsprechen, entnommen.

Aus den verbleibenden 113 Datensätzen wurde der Mittelwert über die drei Aufzeichnungsjahre gebildet sowie dessen Varianz zu den Jahresdaten berechnet. Datensätze, deren Einzelwerte um mehr als 10 % vom Mittelwert abwichen, wurden ebenfalls ausgeschieden um statistische Ausreißer aus der Gesamtbetrachtung zu entfernen.

Aus den auf diese Weise selektierten 101 Datensätzen wurden das statistische Mittel und die Standardabweichung des Strombedarfs berechnet:

| | |
|---|--------------------------|
| Durchschnittlicher Strombedarf (n=101): | 446 kWh/m ² a |
| Standardabweichung +/- σ : | 90 kWh/m ² a |

Die Wirtschaftskammer Österreich gibt in ihrem Folder „Energieeffizienz Lebensmittelhandel“¹ einen branchenüblichen Richtwert von 238 kWh/m²a an. In der SUPOSS-Studie² lagen die betrachteten Märkte je nach Marktgröße und –art im Mittel zwischen 344 und 477 kWh/m²a. Eine Studie des Oberösterreichischen Energiesparverbandes, Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer Oberösterreich aus dem Jahr 1996³ gibt einen durchschnittlichen Strombedarf je nach Marktgröße und –art von ca. 200 bis 330 kWh/m²a an.

Der durchschnittliche Strombedarf der MPREIS-Filialen liegt damit etwas über dem branchenüblichen Bereich, was unter anderem auf eine Besonderheit der MPREIS-Filialen zurückzuführen ist:

Unter der Vermarktungslinie „Baguette“ bieten die MPREIS-Filialen Frischbackwaren an. Die Produktpalette erstreckt sich von Spezialbrot und ofenfrischem Kleingebäck aus der firmeneigenen Bäckerei über Getränke wie Kaffee, Tee, Kakao und frisch gemixten Frucht- bzw. Gemüsesäften bis hin zu Imbissen wie gratinierten oder belegten Baguette, Pizzen und anderen kleinen Mittagsgeschichten. Die in der Zentralbäckerei vorgefertigten Brote und Kleingebäck werden erst in den Filialen gebacken um den Kunden ofenfrisches Gebäck anzubieten.

Dadurch weisen die Baguette-Bistros mit elektrischen Verbrauchern wie Brotöfen, Kaffeefullautomaten, Warmhalteöfen und Kühlgeräten für Erfrischungsgetränke ausgerüstet und mit einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 25 bis 40 kW einen wesentlichen Anteil am Gesamtstrombedarf auf.

¹ Wirtschaftskammer Österreich: Energieeffizienz - Branchenfolder für den Lebensmittelhandel, 2006

² Perritsch, M.: Supermärkte als Energiezentralen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 2006

³ OÖ Energiesparverband et al.: Energiekennzahlen und –spartenziale im Lebensmittel-Einzelhandel, 1996

3.1.3 Klassifizierung der Märkte nach Strombedarf

MPREIS-Filialen, deren elektrischer Energiebedarf sich innerhalb der positiven und negativen Standardabweichung vom Mittelwert befinden, wurden als „Märkte mit mittlerem Strombedarf“ klassifiziert, darüber und darunter liegende Märkte als „Märkte mit hohem bzw. niedrigem Strombedarf“ bezeichnet. Zur übersichtlicheren Darstellung wurden die Märkte in Strombedarfsfenster von 50 kWh/m²a unterteilt. In nachfolgendem Diagramm ist der Strombedarf gegen die Anzahl der Märkte aufgetragen:

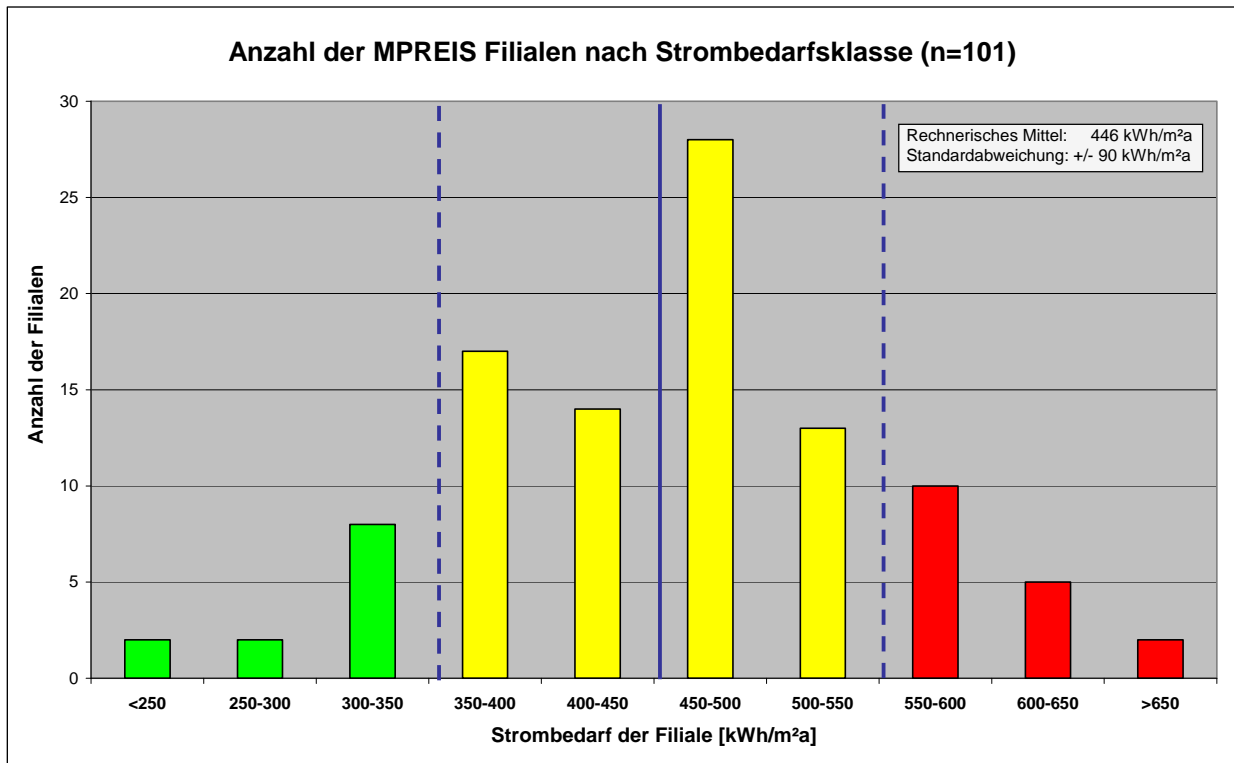


Abbildung 4: Einteilung der MPREIS-Filialen nach spezifischem Strombedarf

3.2 Analyse von ausgewählten MPREIS-Filialen

Aus jeder Strombedarfsklasse wurden von MPREIS mehrere Märkte ausgewählt, die sowohl einer vertiefenden Analyse des Strombedarfs und der technischen Systeme als auch einer Analyse der organisatorischen Rahmenbedingungen (siehe Kapitel 6) unterzogen wurden, wobei der Schwerpunkt bei Filialen mit durchschnittlichem Strombedarf gesetzt wurde. Die Auswahlkriterien waren unter anderem:

- Kältetechnische Anlage wurde von Carrier Kältetechnik installiert und betreut
- Die Filialen geben einen guten Querschnitt über die unterschiedlichen Standort-Charakteristika: Freistehendes Gebäude / Verbundgebäude, Marktgröße, ländliche / städtische Lage

Anhand dieser Kriterien wurden folgende Märkte ausgewählt:

| Filiale Nr. | Charakteristik | Marktgröße*) | Spez. Strombedarf [kWh/m²a] | Heizsystem Brennstoff |
|--------------------|---|---------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 172 | Altbau, freistehend, städtische Lage, Großmarkt | groß | 198 | Erdgas |
| 065 | Freistehend, ländliche Lage | mittel | 262 | Erdgas |
| 076 | Altbau, freistehend, ländliche Lage, Großmarkt | groß | 343 | Erdgas |
| 032 | Freistehend, ländliche Lage, Kleinmarkt | klein | 385 | Erdgas |
| 034 | Freistehend, ländliche Lage | mittel | 389 | Erdgas |
| 150 | Verbundgebäude, städtische Lage, Kleinmarkt | klein | 429 | WRG + BKA |
| 023 | Verbundgebäude, städtische Lage | mittel | 434 | Erdgas |
| 193 | Freistehend, städtische Lage | groß | 442 | Fernwärme |
| 067 | Verbundgebäude, städtische Lage, Großmarkt | groß | 444 | GW-WP |
| 084 | Freistehend, ländliche Lage, Kleinmarkt | klein | 480 | Erdgas |
| 083 | Altbau, freistehend, ländliche Lage | mittel | 481 | Erdgas |
| 157 | Verbundgebäude, Kleinmarkt | klein | 482 | Fernwärme |
| 024 | Verbundgebäude, zentrale Lage | groß | 530 | Erdgas |
| 048 | Freistehend, ländliche Lage | mittel | 542 | GW-WP |
| 169 | Altbau, freistehend, ländliche Lage, Kleinmarkt | klein | 584 | Heizöl |

*) Klein = bis 800 m² Verkaufsfläche / Mittel = 800 – 1000 m² / Groß = über 1000 m²

Tabelle 1: Aufstellung der analysierten MPREIS-Filialen

3.2.1 Lastprofilanalyse

Aus den Stromverbrauchsdaten dieser Filialen wurden die durchschnittlichen Tageslastprofile (jeweils auf Basis der kumulierten Viertelstundenwerte von 2007) ermittelt:

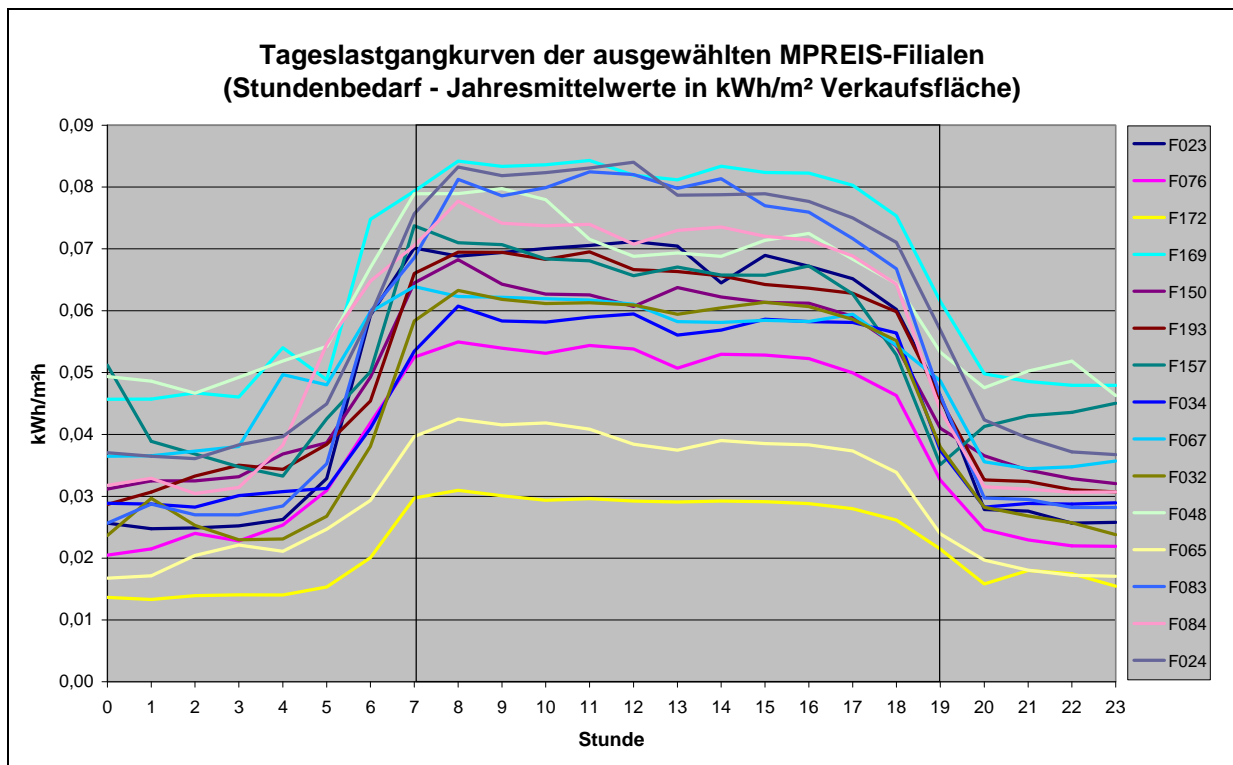


Abbildung 5: Gemittelte Tageslastgangkurven aller ausgewählten Filialen

Wie in dieser Grafik ersichtlich zeigen sämtliche Märkte ein ähnliches Tagesprofil des elektrischen Energiebedarfs:

- Deutlich erkennbar ist die Morgenspitze, die ca. ein bis zwei Stunden vor Ladenöffnung einsetzt. Begründet wird dies einerseits durch das Nachkühlen der Kühlmöbel nach dem Abtauvorgang (meist gegen 4 bis 5 Uhr morgens), andererseits durch das Einschalten von Beleuchtung und anderen elektrischen Verbrauchern sowie die Bestückung der Kühlmöbel mit Kühlware vor der Ladenöffnung.
- Die Mittagsspitze ist im Durchschnitt nicht so deutlich ausgeprägt und setzt vorwiegend gegen 14 Uhr ein, ca. ein bis zwei Stunden nach der Verkaufsspitze, die zwischen 12 und 13 Uhr eintritt. Der Grund hierfür ist ebenfalls die Neubestückung der Kühlmöbel und die damit einhergehende notwendige Nachkühlung.
- Eine Besonderheit der MPREIS-Märkte ist die Integration einer Bäckerei („Baguette“-Konzept), in der vorgebackene Teigwaren direkt im Markt fertig gebacken werden. Die in den Filialen installierten Brotöfen mit einer durchschnittlichen Anschlussleistung von 18 kW haben einen wesentlichen Anteil vor allem an den Morgenspitzen.
- Der Strombedarf außerhalb der Ladenöffnungszeiten kann im Wesentlichen dem Bedarf der Kälteanlagen und Kühlmöbel sowie der Nachtbeleuchtung zugeschrieben werden.

3.2.2 Analyse der organisatorischen Aspekte

Die Filialleiter der ausgewählten Märkte wurden von Mitarbeitern der FHWN Wieselburg zu organisatorischen Aspekten anhand eines Fragebogens befragt. Die wesentlichen Aspekte der Interviews waren:

- Organisation der Kühlmöbelbestückung und -wartung
- Erfahrungen im Umgang mit Kühlmöbeln / Verbesserungswünsche
- Schulung von Mitarbeitern und Kunden
- Temperaturkontrolle der Kühlwaren

3.2.3 Analyse der technischen Ausstattung

Im Rahmen einer Begehung wurde die technische Ausstattung der einzelnen Filialen erhoben, wobei besonders die kältetechnischen Anlagen einer vertiefenden Analyse unterzogen worden sind. Die Kernfragen zu den Anlagen sind:

- Art, Umfang und Stand der Technik der Anlagen
- Aufbau in der Filiale / Platzangebot für die Installation eines Kältespeichers
- Wartungsintervalle / Wartungsverträge
- Einfluss der Anlagen auf das Lastprofil

3.2.4 Ergebnisse der Analysen und in den MPREIS-Filialen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Analysen von den fünf charakteristischsten Märkten aufgeführt:

- Für die einzelnen Filialen wurden die spezifischen Lastgangkurven als Monatsmittelwerte erstellt um Unterschiede im Lastgangverhalten zwischen Sommer- und Wintermonaten zu identifizieren (Datenbasis: 2008)
- Weiters wurden die Lastgangkurven der kältesten und heißesten Woche im Jahr 2008 (KW 22, KW 48, Datenbasis: ZAMG-Klimadatenbank www.zamg.ac.at, Wetterstation Innsbruck) gegeneinander aufgetragen. Da es sich bei dieser Darstellung um die Verwendung von realen Viertelstundenwerten handelt sind Lastgangharmonisierungen durch Mittelwertbildung ausgeschlossen. Durch die Berücksichtigung der Sonntag-Daten (keine Ladenöffnung) kann ein reeller Tageslastgang nachgezeichnet werden, der die Basis für die Berechnung von Lastverschiebungspotenzialen darstellt.
- Die technische Ausstattung (Kältetechnische Anlagen und deren Peripherie) dieser Märkte wurde durch Carrier Kältetechnik beurteilt.

3.2.4.1 Filiale Nr. 172

Charakteristik:

- Altbau, freistehend, städtische Lage
- Großmarkt (>1.000 m² Verkaufsfläche)
- Spezifischer Strombedarf: 198 kWh/m²a
- Heizsystem: Fußbodenheizung (Erdgas)

Beurteilung der kältetechnischen Anlagen:

- Insgesamt eher mangelhafte Energieeffizienz der Anlagen (BJ 1995)
- Niedriger spezifischer Energiebedarf bedingt durch große Verkaufsfläche bei relativ geringer technischer Ausstattung des Marktes

gesamt **2+** **10-**

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| | | - | - | Kältemittel R22 ungünstiger als R404A |
| + | | - | | TK-Insel ohne GL mit Nachrollo und Handlaufbeleuchtung AIB 3675 M-> 22,5 lfm |
| | | - | | Theke ABT 1646 A7 mit Beleuchtung = 10 lfm |
| | | - | | Heiße Theke |
| | | - | - | Fleischregal ART 1435 HL |
| | | | | Mopproregal ARF 2025 L |
| | | - | | Wärmerückgewinnung |
| | | | | 3 Normalkühlzellen |
| | | - | | 1 Tiefkühlzelle |
| | | - | | keine EC-Ventilatoren |
| + | | | | normales Baguette |

Lastgang Monatsmittelwerte:

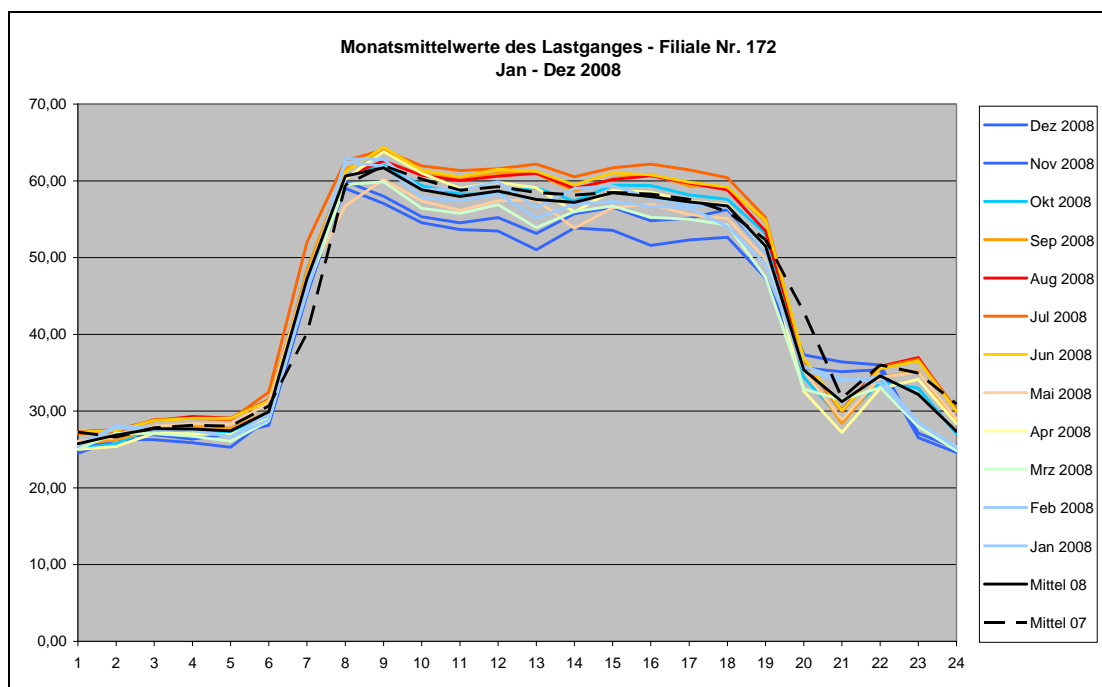


Abbildung 6: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 172

Lastgang kälteste Woche:

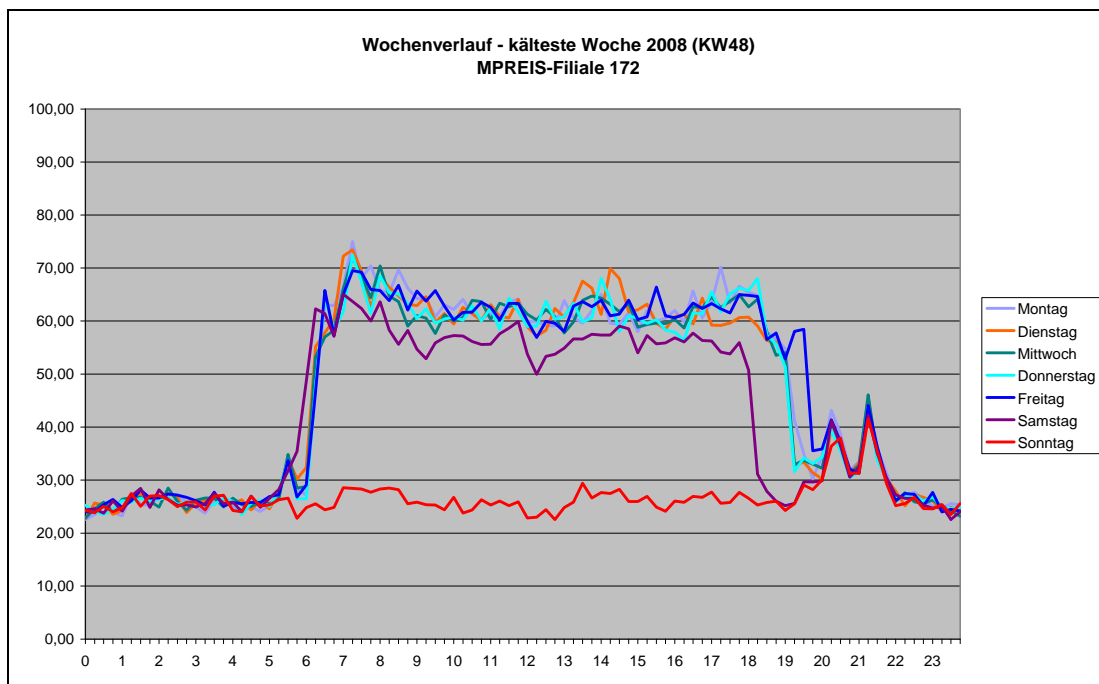


Abbildung 7: Lastgang Wochenverlauf KW48 - Filiale Nr. 172

Lastgang heißeste Woche:

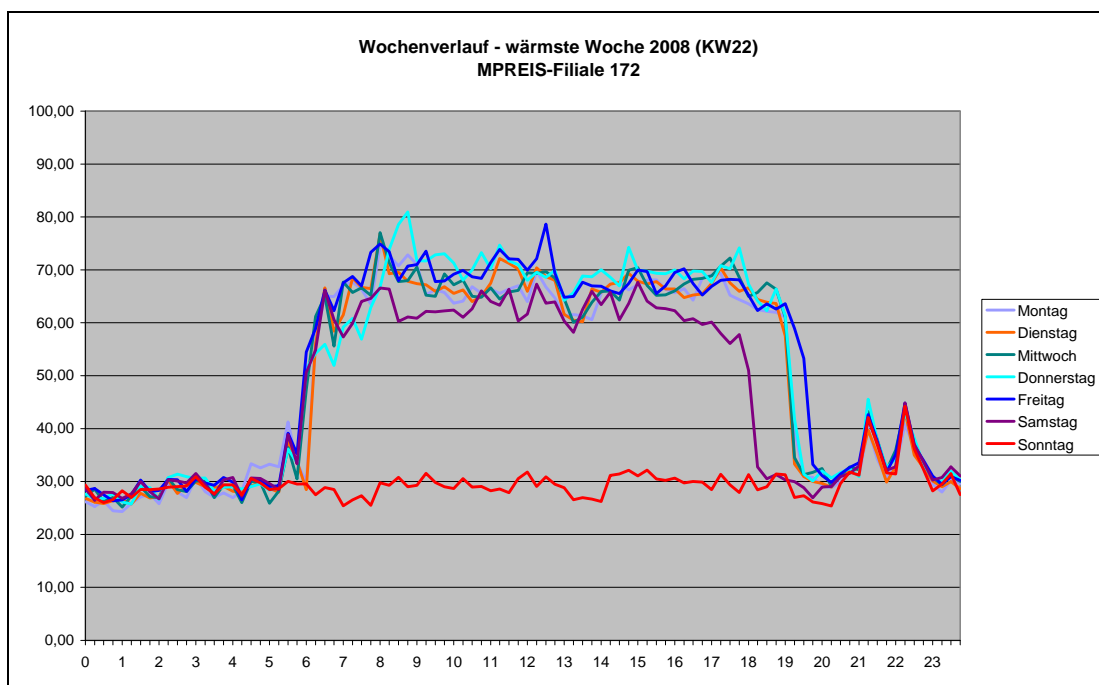


Abbildung 8: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 172

3.2.4.2 Filiale Nr. 023

Charakteristik:

- Verbundgebäude (neue Filiale), städtische Lage
- Mittlere Marktgröße (800 - 1.000 m² Verkaufsfläche)
- Spezifischer Strombedarf: 434 kWh/m²a
- Heizsystem: Fußbodenheizung (Erdgas)

Beurteilung der kältetechnischen Anlagen:

- Durchschnittliche Gesamtenergieeffizienz der Anlagen (BJ 2007):

gesamt **7+** **8-**

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| + | + | | | ECO TEV light |
| | | - | | Axialkondensator in Tiefgarage (Verschmutzung) |
| + | | | | Fleischregal 7,50 Methos 84.750 A4 L |
| | | - | - | Mopproregal 13,75 + Getränkeregal 6,25 20 lfm + 5 lfm über Schnitt |
| | | - | | sehr lange Theke 21,58 lfm ohne Beleuchtung |
| + | | | | keine Wärmerückgewinnung |
| | | - | | 4 Pluskühlzellen |
| | | - | | eher größeres Baguette betreffend Kühlstellen |
| | | - | - | TK-Insel neu 20 lfm, aber ohne Glasschiebedeckel und mit Handlaufbeleuchtung |
| + | | | | EC-Ventilatoren Kühlregale |
| + | + | | | keine Heiße Theke |

Lastgang Monatsmittelwerte:

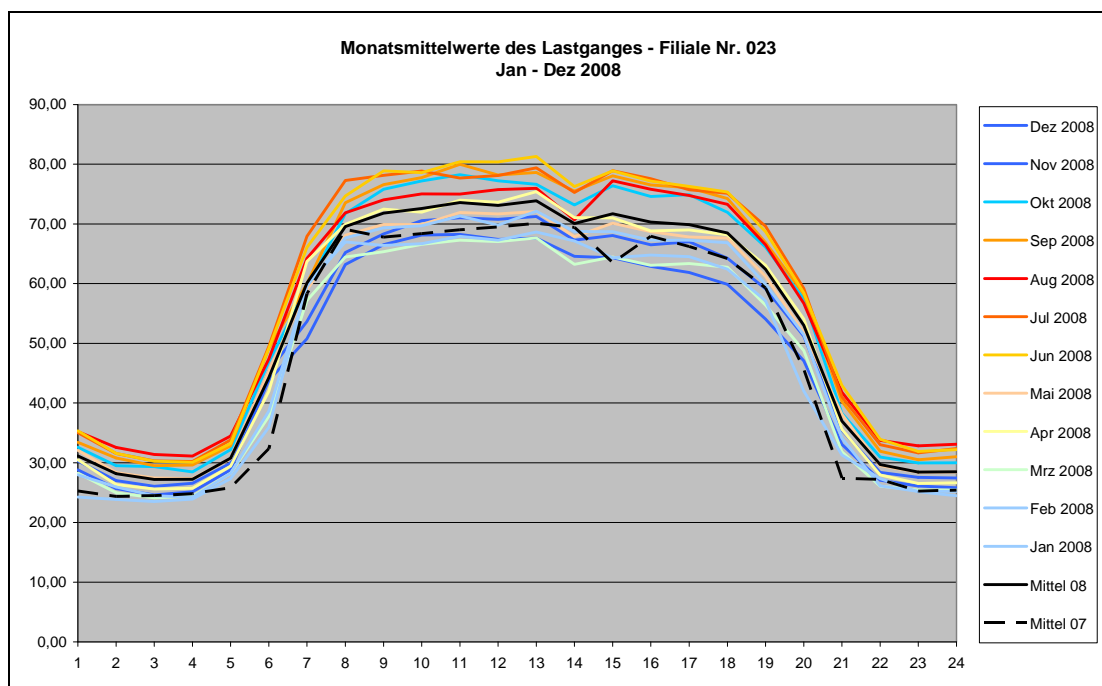


Abbildung 9: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 023

Lastgang kälteste Woche:

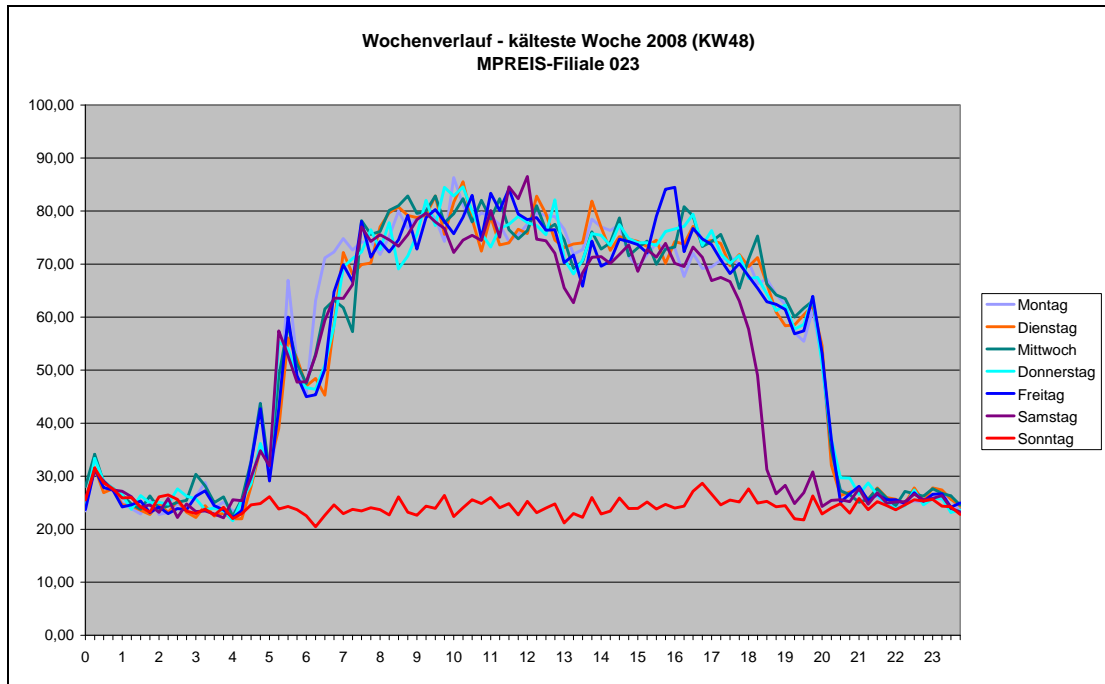


Abbildung 10: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 023

Lastgang heißeste Woche:

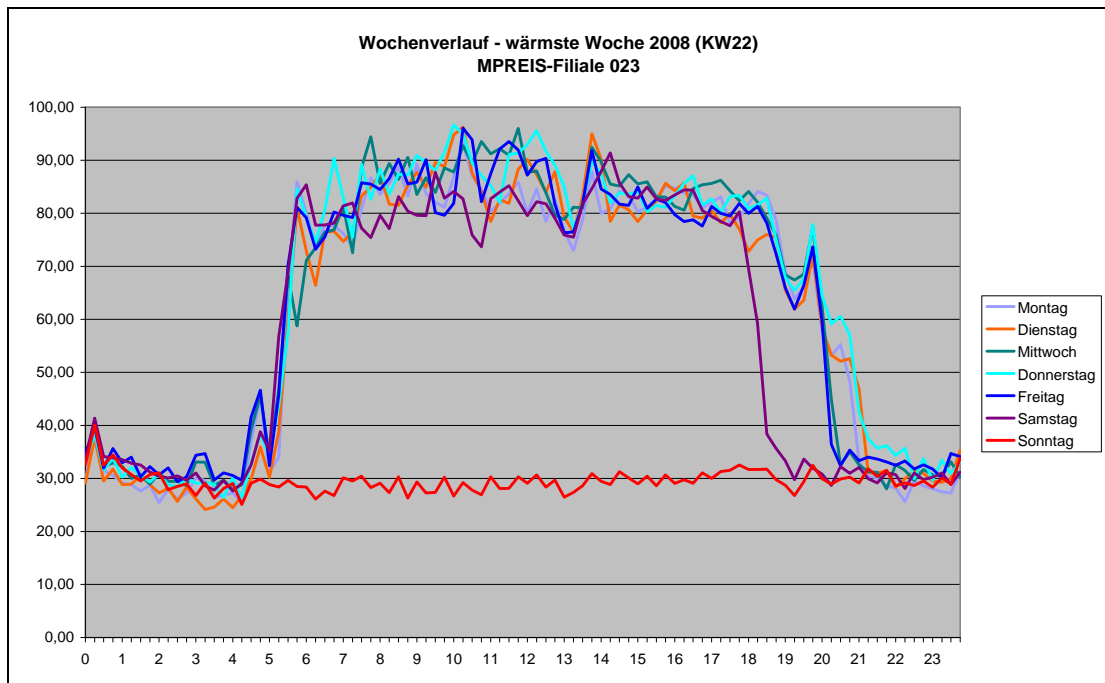


Abbildung 11: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 023

3.2.4.3 Filiale Nr. 084

Charakteristik:

- Altbau, freistehend, ländliche Lage
- Kleinmarkt (< 800 m² Verkaufsfläche)
- Spezifischer Strombedarf: 480 kWh/m²a
- Heizsystem: Fußbodenheizung (Erdgas)

Beurteilung der kältetechnischen Anlagen:

- Niedrige Gesamtenergieeffizienz der Anlagen (BJ 2000)

gesamt **3+** **8-**

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| | | - | - | Fleischregal ART 1046 NL + 04 NL = 8,75 sehr lange und altes Modell |
| | | | | Mopproregal 11,25 ARF 1825 L eher kleiner |
| | | - | - | Heiße Theke |
| | | | | Theke 6,25 eher klein dafür Rückwandkühlregal CRH 0425 RI |
| + | | - | | TK-Insel AIB 1275 M AH GL -> 15 lfm mit GL mit Handlaufbeleuchtung |
| | | - | | 3 Pluskühlzellen |
| | | | | keine EC-Ventilatoren |
| + | | | | Baguette klein |
| + | | | | keine Wärmerückgewinnung |
| | | - | - | Wegen zusätzlicher Aufbau eines stärkeren Verdichters, Vorgabe: „keine Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes“ Aufbau stärkerer Lüfter -> wegen Drehzahlregler -> höhere Kondensationstemperatur |
| | | | | Glasbau -> Markt Innenraumklima? |

Lastgang Monatsmittelwerte:

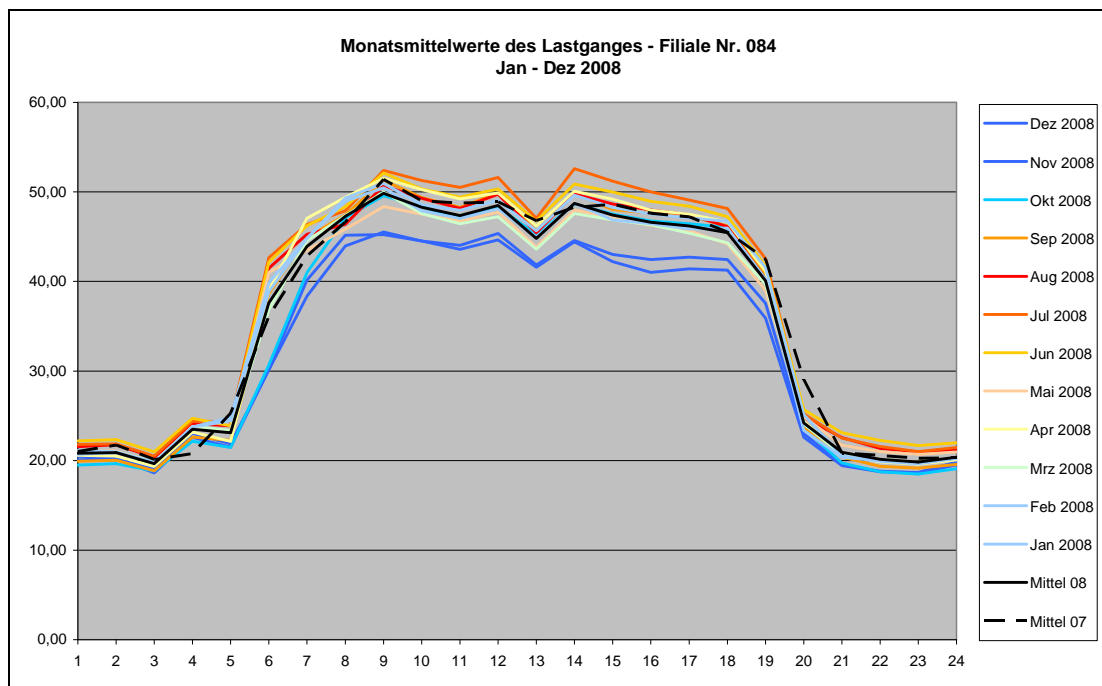


Abbildung 12: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 084

Lastgang kälteste Woche:

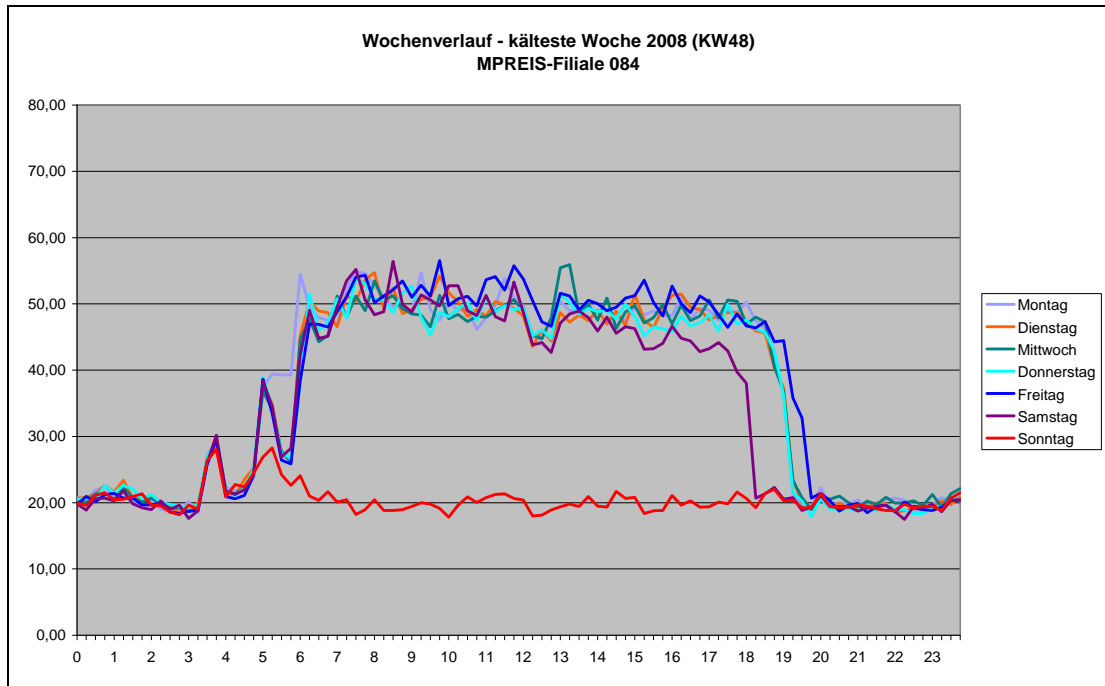


Abbildung 13: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 084

Lastgang heißeste Woche:

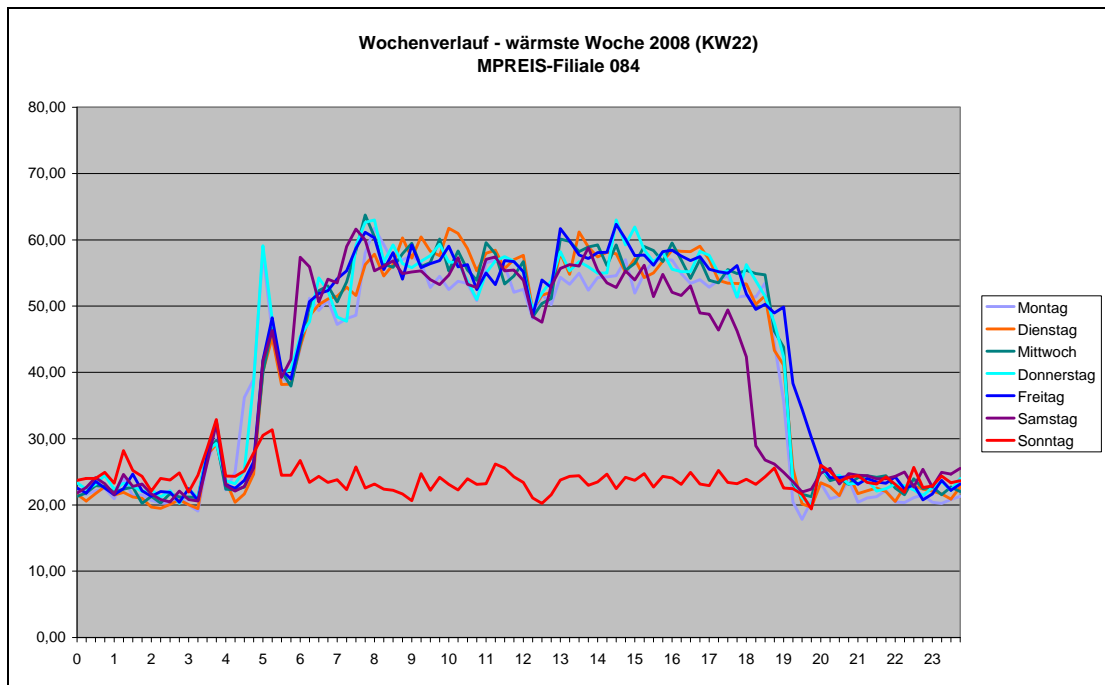


Abbildung 14: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 084

3.2.4.4 Filiale Nr. 083

Charakteristik:

- Altbau, freistehend, ländliche Lage
- Mittlere Marktgröße (800 - 1.000 m² Verkaufsfläche)
- Spezifischer Strombedarf: 481 kWh/m²a
- Heizsystem: Fußbodenheizung (Erdgas)

Beurteilung der kältetechnischen Anlagen:

- Niedrige Gesamtenergieeffizienz der Anlagen (BJ 2000)

gesamt **3+** **9-**

| | | | |
|---|--|-----|--|
| | | | Besonderheiten TK-Insel mit GL |
| | | - | Theke mit Beleuchtung |
| | | - - | Heiße Theke |
| | | - - | Fleisch SB 8,75 ART 46 |
| | | - | Keine EC-Ventile |
| | | - | Mopro 15 lfm ARF 25 L |
| + | | | AIB 3275 M GL = 20 lfm mit Handlaufbeleuchtung |
| | | | ca. 12,5 lfm ABT 48 A7 |
| | | - | Markt Tiefkühlzelle |
| + | | | Keine Wärmerückgewinnung |
| | | - | 4 Normalkühlzellen |
| | | | Wärmeeinstrahlung (Marktklima?) |
| + | | | normal Baguette |

Lastgang Monatsmittelwerte:

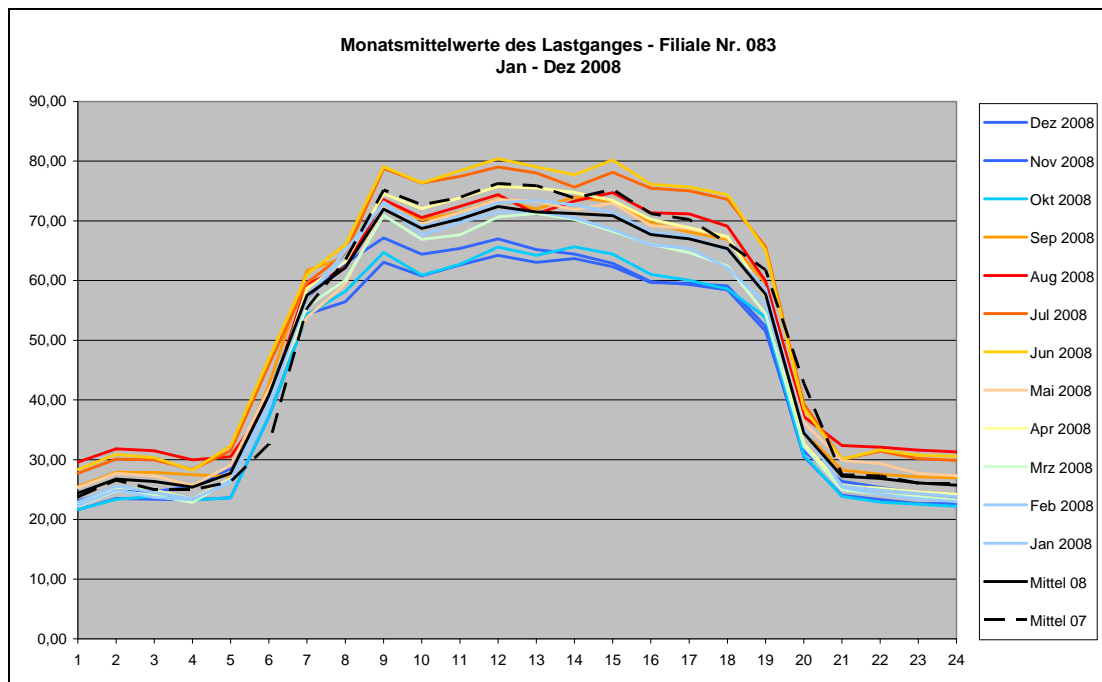


Abbildung 15: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 083

Lastgang kälteste Woche:

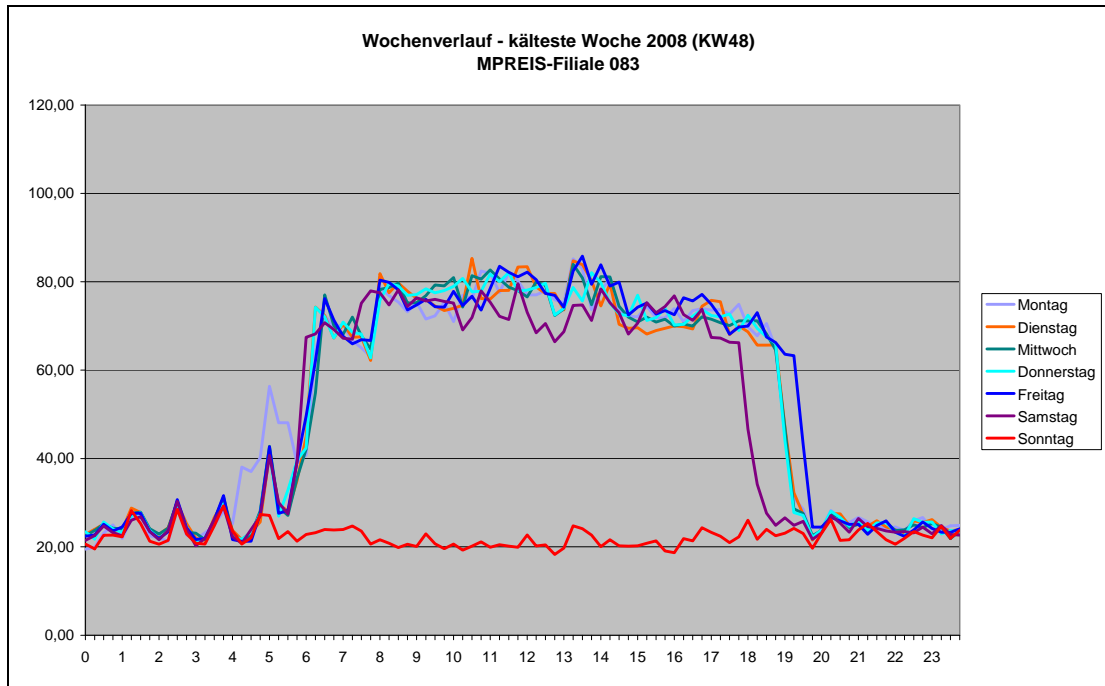


Abbildung 16: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 083

Lastgang heißeste Woche:

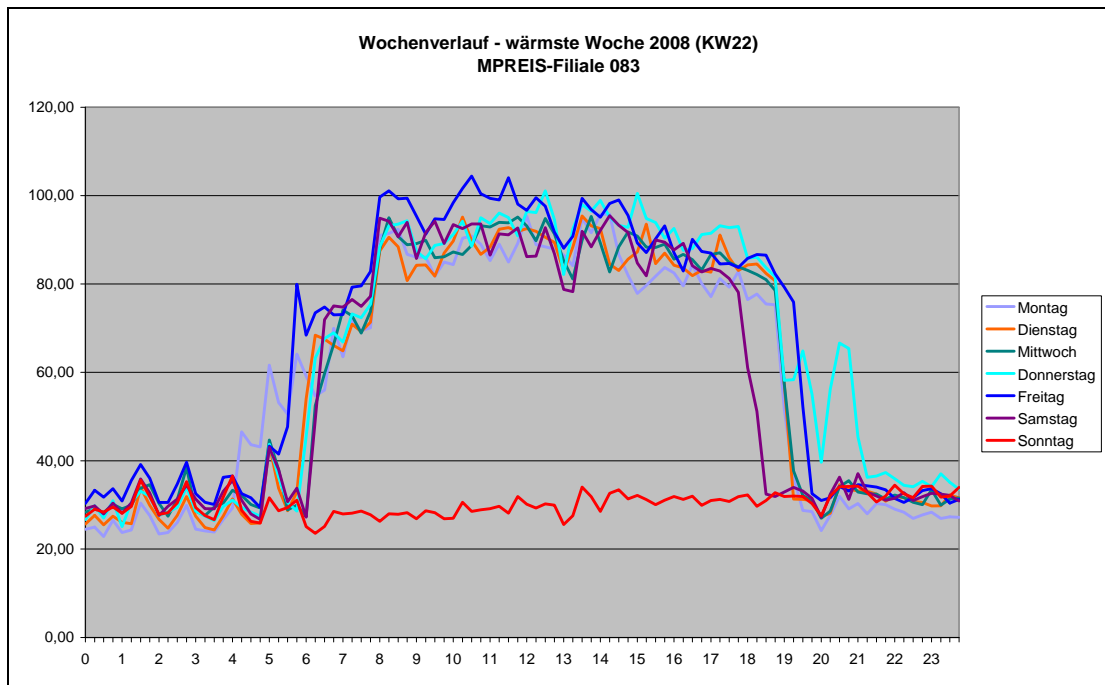


Abbildung 17: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 083

3.2.4.5 Filiale Nr. 024

Charakteristik:

- Verbundgebäude, städtische Lage
- Großmarkt (> 1.000 m² Verkaufsfläche)
- Spezifischer Strombedarf: 530 kWh/m²a
- Heizsystem: Lüftung (Erdgas)

Beurteilung der kältetechnischen Anlagen:

- Niedrige Gesamtenergieeffizienz der Anlagen (BJ 2005)

gesamt **3+** **8-**

| | | | |
|---|---|-----|---|
| | | - | Axialkondensator laut -> leistungsstarke Ventilatoren |
| + | | | keine Wärmerückgewinnung |
| | | - | Maschinenraum im 1.OG |
| | | | kein ECO TEV light |
| | | | keine EC-Ventilatoren |
| | | - | Fleischregal Methos statt 8,75 10 lfm A4 L |
| | | | Mopproregal 15 lfm Monaxis OK |
| | | | Theke 16,25 lfm Carissa eigene Beleuchtung |
| + | + | | keine Heiße Theke |
| | | - | Kühlpulte statt Kühlschränke Feinkost |
| | | - - | TK-Schrank statt TK-Insel -> trotz Folie -> Rahmenheizung erforderlich (Einstellung) + TK-Schränke mit Beleuchtung 15,6 lfm 20 Türen |
| | | - | Markt-Tiefkühlzelle |
| | | | 3 Normalkühlzellen |
| | | - | sehr großes Baquette -> Kälteleistung |

Lastgang Monatsmittelwerte:

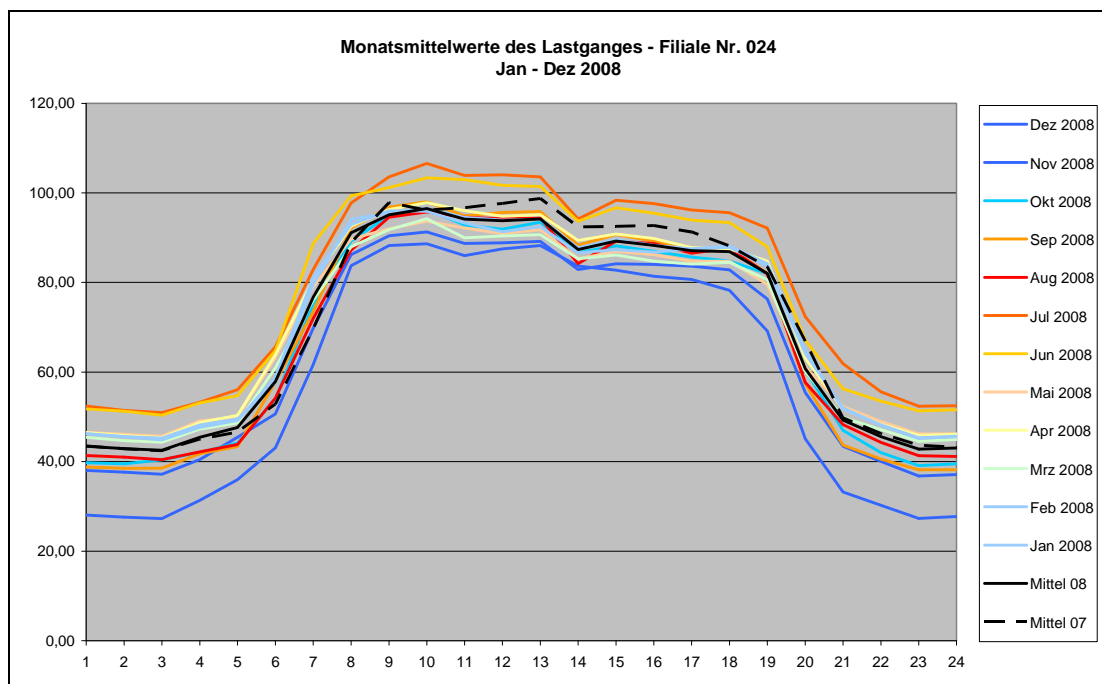


Abbildung 18: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 024

Lastgang kälteste Woche:

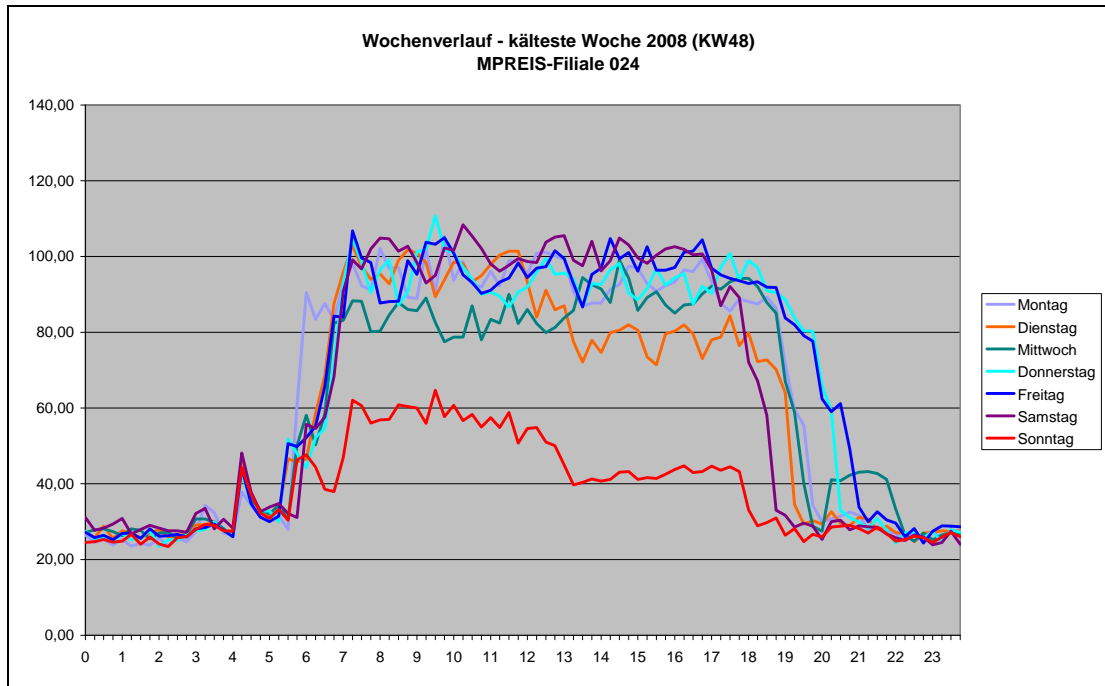


Abbildung 19: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 024

Lastgang heißeste Woche:

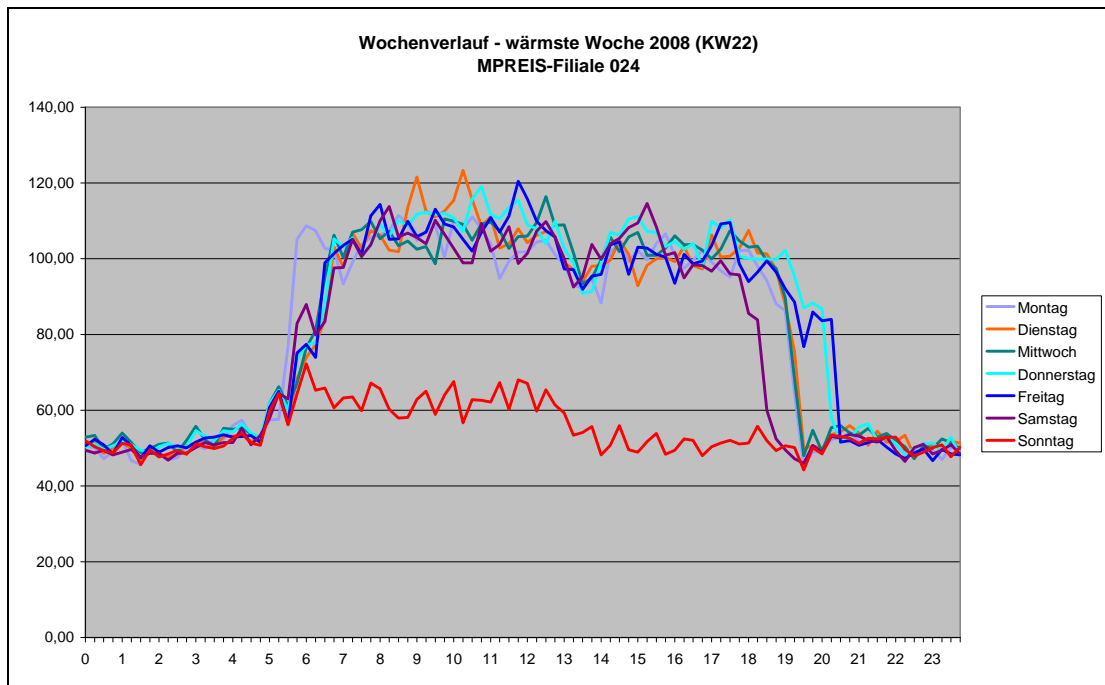


Abbildung 20: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 024

Anmerkung: Durch Lüftungsbetrieb auch am Sonntag untertags erhöhter Energiebedarf!

4 Modellierung Lastverschiebung

4.1 Potenziale für Lastverschiebung in Supermärkten

4.1.1 Grundlagen

Der Strombedarf in den analysierten Supermärkten splittet sich prinzipiell in 3 Hauptkomponenten:

- Kältetechnische Anlagen und deren Peripheriegeräte (Lüfter, Abtaukomponenten etc.)
- Beleuchtung und sonstige Verbraucher (Schneidegeräte, Warmhalteplatten etc.)
- Baguette-Bistros (Backofen, Kaffeemaschinen, „Heiße Theken“, Kühlgeräte etc.)

Bei den Komponenten „Beleuchtung“ und „Baguette“ ist kaum Potenzial für eine Lastverschiebung gegeben, da diese nur über Batteriesysteme realisiert werden könnten. Geringe Einsparmaßnahmen (realistische Abschätzung: 5 bis max. 10 % des bisherigen Strombedarfs) können aber durchaus noch getätigt werden um damit – indirekt – eine Dämpfung der Lastspitzen zu erwirken.

Die kältetechnischen Anlagen sind daher die einzigen Komponenten, die realistischerweise mit einem Einsatz von Kältespeichern für eine Lastverschiebung herangezogen werden können, wobei sich hier besonders der Anteil der Pluskühlung anbietet:

- Die elektrische Energie für die gesamten Kälteanlagen wird zu ca. 70 % für den Pluskühlbereich (+2°C bis + 8°C) benötigt, nur rund 30 % werden für den Tiefkühlbereich (ca. -20°C) benötigt.
- Kältespeicher im Pluskühlbereich sind „Stand der Technik“ und ohne aufwändige Installationen einsetzbar.

4.1.2 Erweiterte Strombedarfsanalyse am Beispiel Filiale Nr. 023

Da nicht bei allen Märkten separate Zähler für die einzelnen Verbraucher installiert sind wurde am Beispiel von Filiale Nr. 023 (welcher einen durchschnittlichen Markt repräsentiert und über entsprechende Sub-Zähler verfügt) eine Näherung des täglichen Lastganges der unterschiedlichen Verbrauchergruppen berechnet.

Daraus ergibt sich folgende Ausgangssituation (= Basisvariante) für die weitere Modellierung der Spitzenlastverschiebung (Datenbasis: Jahresmittelwerte):

Gesamtstrombedarf der Filiale: 1.270 kWh/d ($P_{\max} = 73 \text{ kW}$)

Strombedarf für Kältetechnik: 630 kWh/d (Nacht: 70 %, Tag: 100%)

[davon für Pluskälte (70%): 440 kWh/d]

Strombedarf für Baguette: 280 kWh/d (Lastprofil lt. Einzelnachweis)

Resultierender Strombedarf für Licht: 360 kWh/d (Nacht: 30%, Tag: 100 %)

Die einzelnen Lastgänge sind in nachfolgender Grafik in Form eines Flächendiagramms dargestellt. Im Vergleich dazu ist die gemittelte Spotmarkt-Forward-Curve [SFC] (Datenbasis: EEX-Spotmarktpreis-Kurve 2004-2008) aufgelegt. Aus diesem Diagramm ist ersichtlich dass das typische Lastprofil eines Supermarktes im Wesentlichen der allgemeinen Lastkurve des Strommarktes folgt (mit Ausnahme der frühen Nachtstunden).

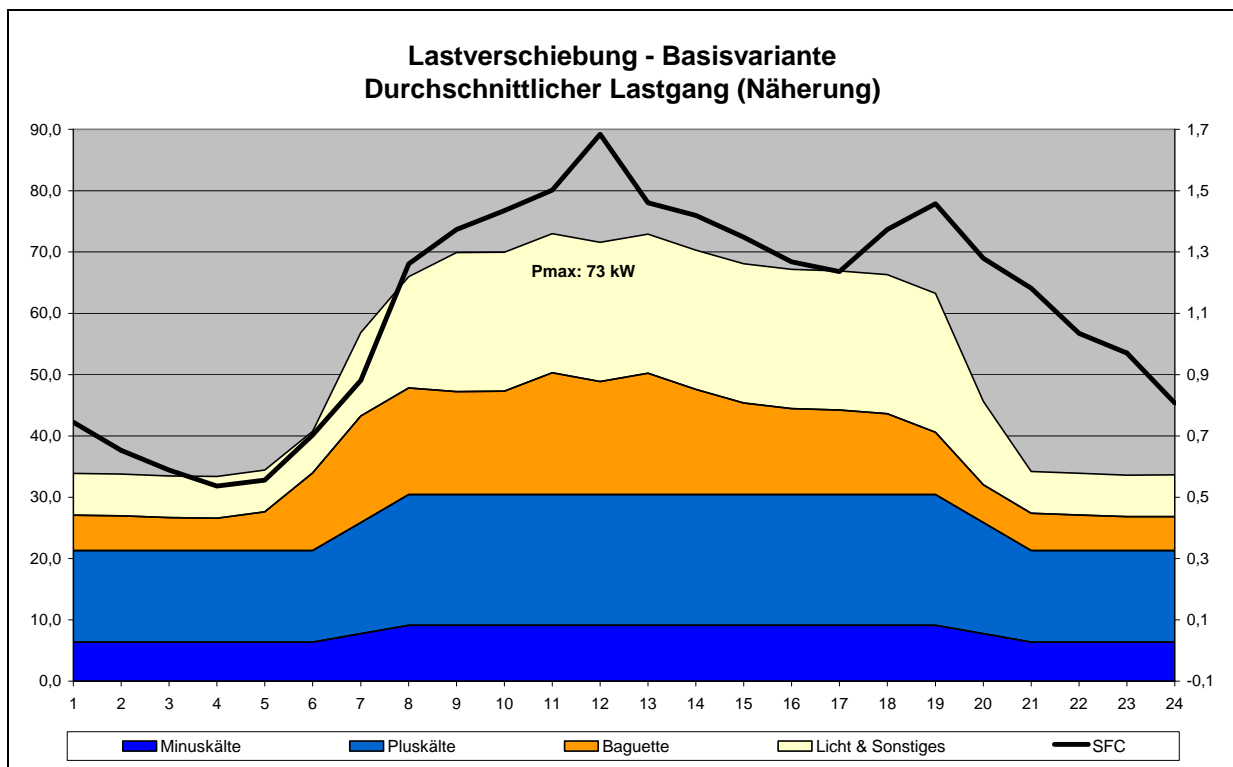


Abbildung 21: Durchschnittlicher Lastgang der Verbrauchergruppen in Filiale Nr. 023

4.1.3 Varianten zur Lastverschiebung

Auf Basis dieses Lastprofils wurden mehrere Varianten der Spitzenstromverschiebung im Bereich des „Strombedarf für Pluskälte“ (SfP) simuliert und auf deren Auswirkungen hin untersucht. Folgende Varianten wurden dabei berechnet:

- Variante 1: Reduktion des SfP während der Spitzenzeiten der SFC (10:00 – 12:00 Uhr / 17:00 – 19:00 Uhr) um 50 % (Variante 1a) bzw. 100 % (Variante 1b)
- Variante 2: Reduktion des SfP während der gesamten Betriebszeit (07:00 – 19:00 Uhr) um 50 % (Variante 2a) bzw. 100 % (Variante 2b)
- Variante 3a: Dynamische Reduktion des SfP gemäß invertierter SFC während des gesamten Tagesverlaufs
- Variante 3b: wie V3a, aber mit optimiertem Lastgang und Lastbegrenzung von 60 kW_{el}

Folgende Effekte der einzelnen Varianten der Spitzenlastverschiebung im Vergleich zur Basisvariante wurden untersucht und sind nachfolgend noch näher beschrieben:

- Auswirkungen auf die Lastgangkurve des Supermarktes [subjektiv]
- Veränderung der maximalen Leistungsaufnahme [P_{\max}]
- Verschiebbarer Strombedarf [kWh_{el}]
- Notwendige Speicherleistung [kW_c] und Speicherkapazität [kWh_c] für einen entsprechenden Kältespeicher

Variante 1a:

Lastgang:

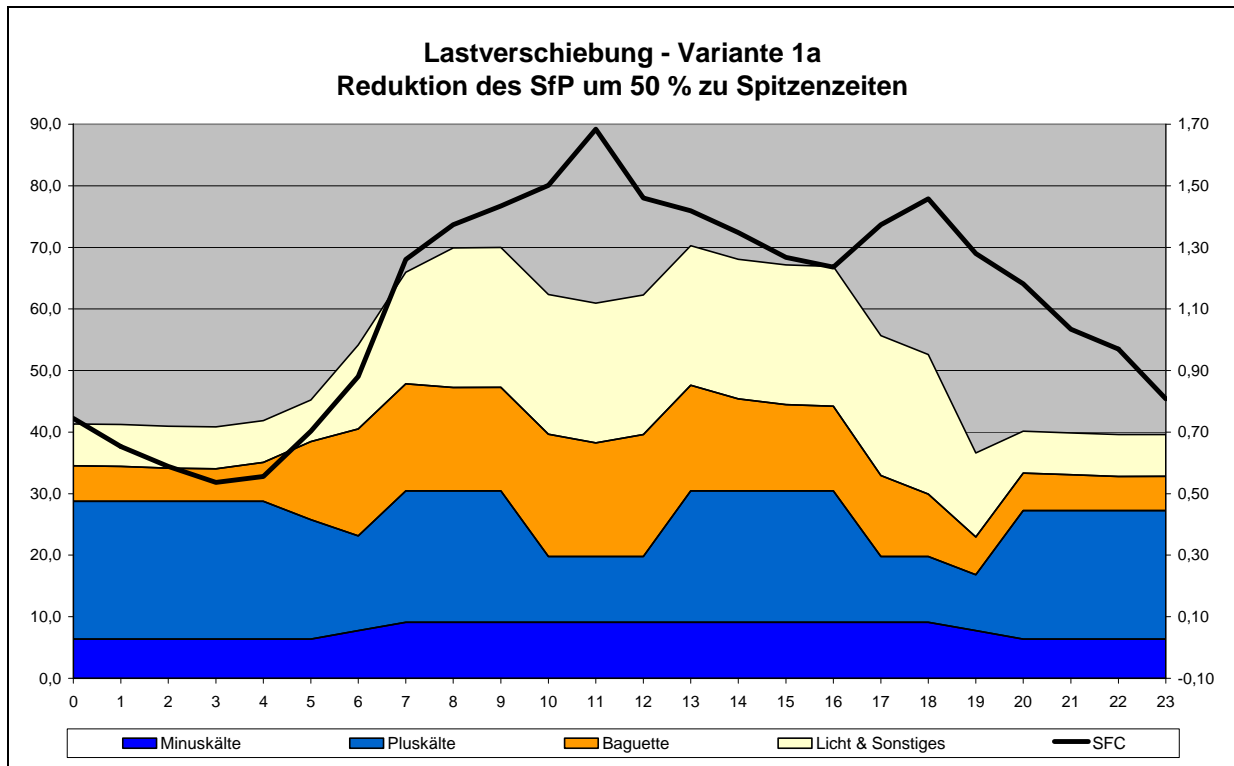


Abbildung 22: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 1a

Eckdaten:

| Variante Nr. 1a | | |
|--|-----|-------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 70 | kW_{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 63 | kWh_{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 25 | kW_{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 75 | $kW_{(c)}$ |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 190 | $kWh_{(c)}$ |

Tabelle 2: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 1a

Variante 1b:

Lastgang:

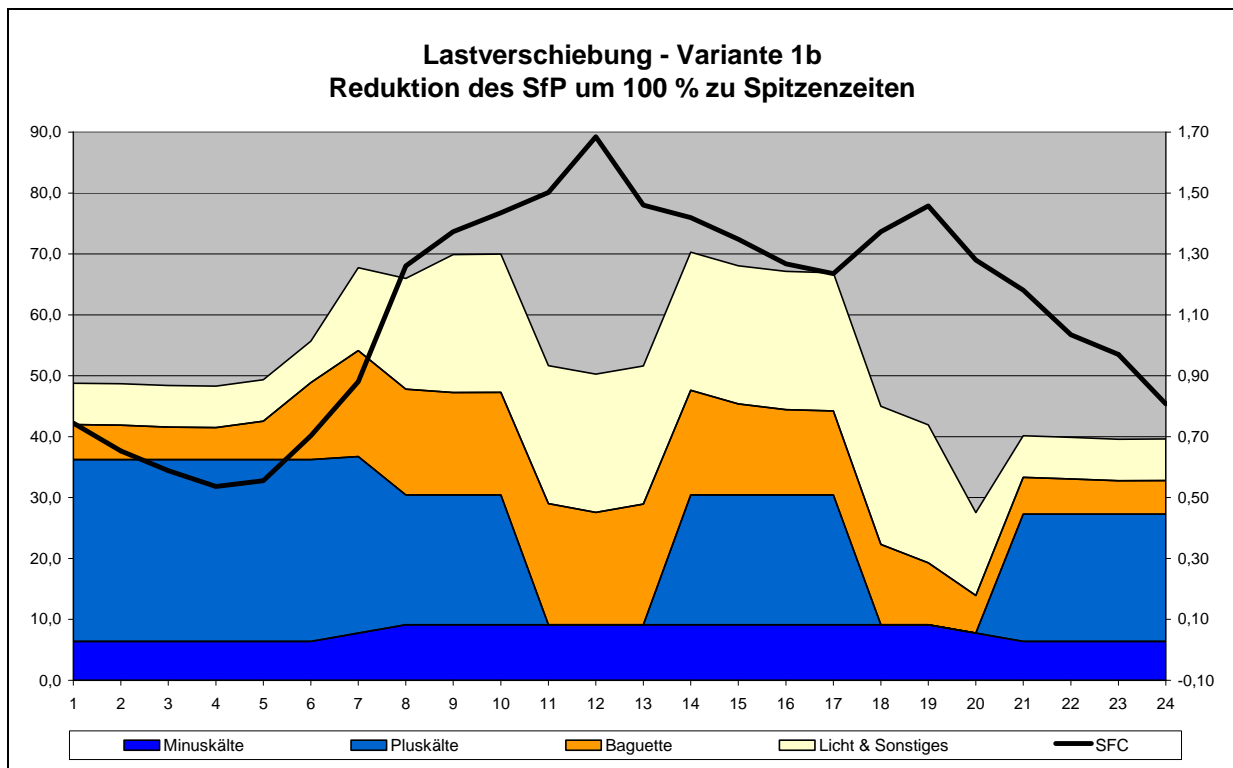


Abbildung 23: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 1b

Eckdaten:

| Variante Nr. 1b | | |
|--|-----|-------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 70 | kW_{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 125 | kWh_{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 25 | kW_{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 75 | $kW_{(c)}$ |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 375 | $kWh_{(c)}$ |

Tabelle 3: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 1b

Variante 2a:

Lastgang:

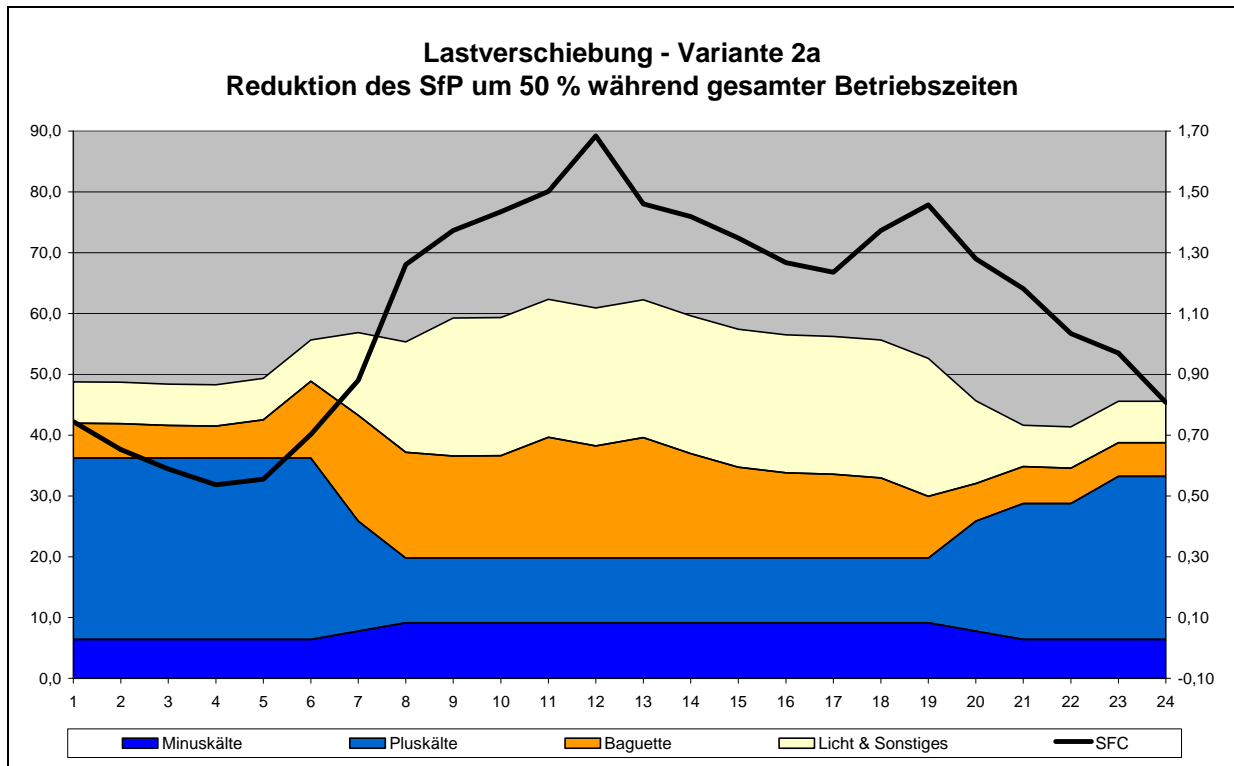


Abbildung 24: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 2a

Eckdaten:

| Variante Nr. 2a | | |
|--|-----|-------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 63 | kW_{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 130 | kWh_{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 15 | kW_{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 45 | $kW_{(c)}$ |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 390 | $kWh_{(c)}$ |

Tabelle 4: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 2a

Variante 2b:

Lastgang:

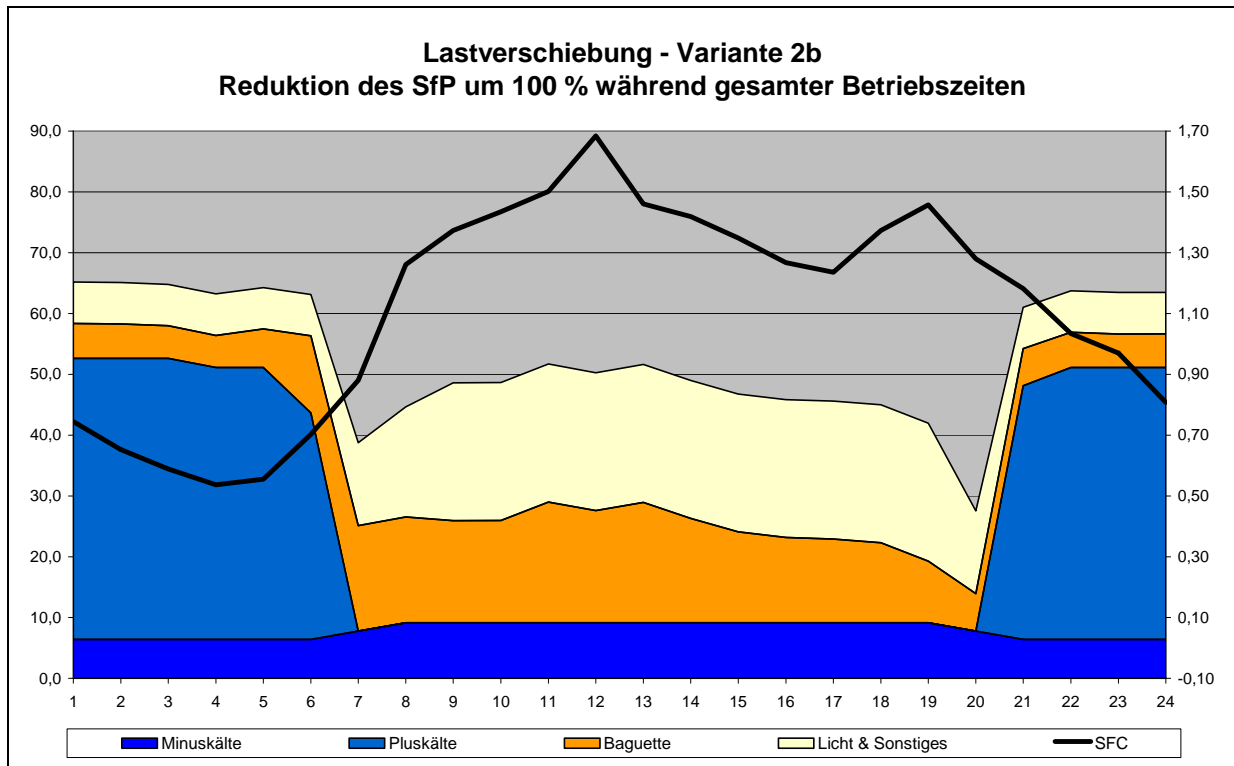


Abbildung 25: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 2b

Eckdaten:

| Variante Nr. 2b | | |
|--|-----|-------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 66 | kW_{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 290 | kWh_{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 35 | kW_{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 105 | $kW_{(c)}$ |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 870 | $kWh_{(c)}$ |

Tabelle 5: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 2b

Variante 3a:

Lastgang:

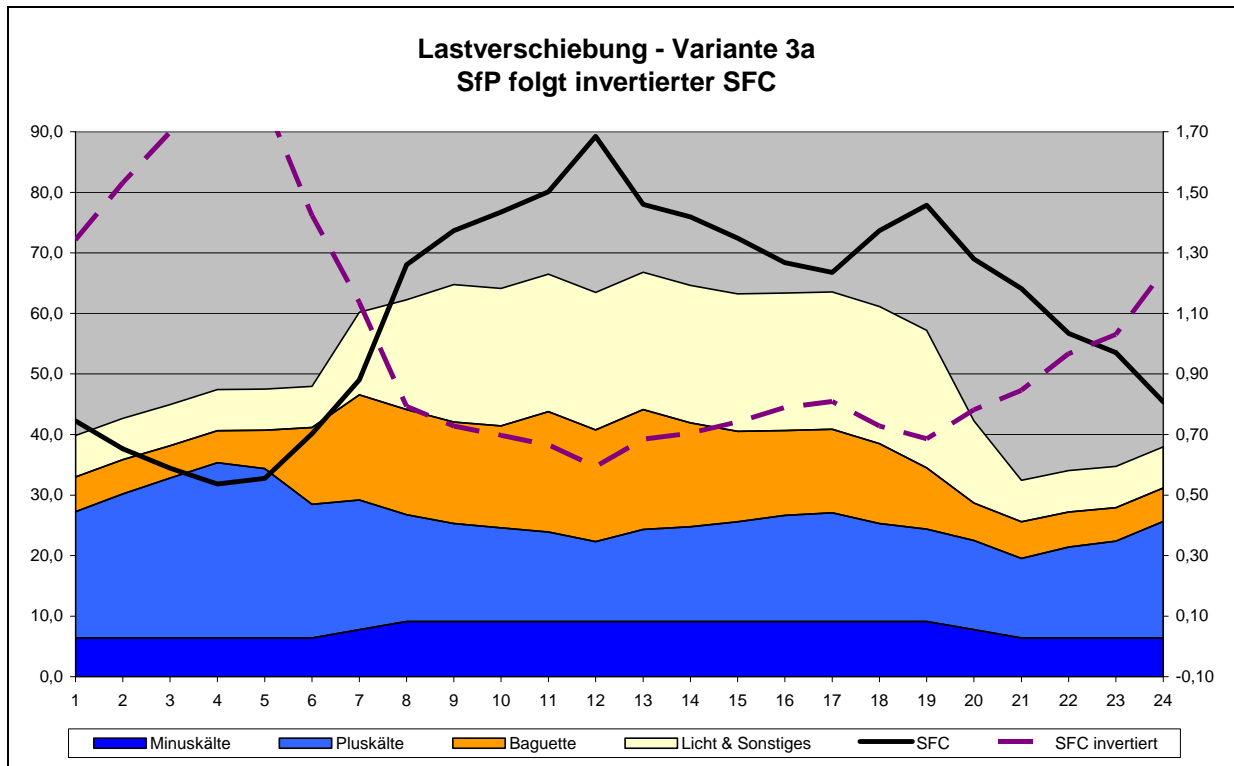


Abbildung 26: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 3a

Eckdaten:

| Variante Nr. 3a | | |
|--|-----|--------------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 67 | kW _{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 70 | kWh _{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 15 | kW _{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 45 | kW _(c) |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 210 | kWh _(c) |

Tabelle 6: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 3a

Variante 3b:

Lastgang:

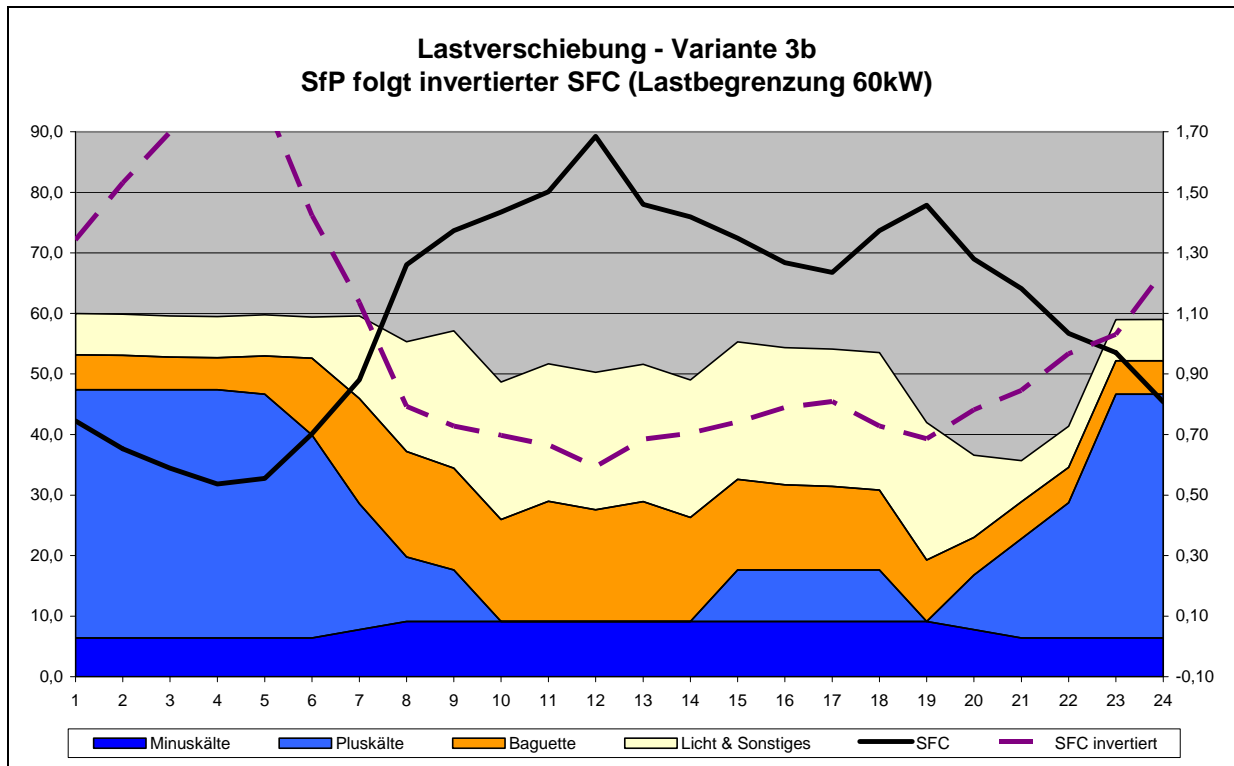


Abbildung 27: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 3b

Eckdaten:

| Variante Nr. 3b | | |
|--|-----|--------------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 60 | kW _{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 215 | kWh _{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 30 | kW _{el} |
| Notwendige Kälteleistung (COP = 3): | 90 | kW _(c) |
| Notwendige Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 645 | kWh _(c) |

Tabelle 7: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 3b

4.1.4 Ergebnisse Lastverschiebungspotenzial

| Variante: | 1a | 1b | 2a | 2b | 3a | 3b | |
|---|-----|-----|-----|------------|-----|-----------|--------------------|
| Maximale Leistungsaufnahme (P_{max}): | 70 | 70 | 63 | 66 | 67 | 60 | kW _{el} |
| Verschiebbarer Strombedarf (pro Tag): | 63 | 125 | 130 | 290 | 70 | 215 | kWh _{el} |
| Maximale verschobene Leistung (P): | 25 | 25 | 15 | 35 | 15 | 30 | kW _{el} |
| Kälteleistung (COP = 3): | 75 | 75 | 45 | 105 | 45 | 90 | kW _(c) |
| Kältespeicherkapazität (COP = 3): | 190 | 375 | 390 | 870 | 210 | 645 | kWh _(c) |

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse der Variantenstudie

Wie in obiger Tabelle ersichtlich bietet Variante 2b das höchste Lastverschiebungspotenzial, wozu aber auch ein entsprechend großer Kältespeicher installiert werden muss. Je nach finanzieller Bewertung des eingesparten Spitzenstroms muss individuell geprüft werden ob die Installation eines derart großen Speichersystems rentabel ist.

Weitere Fragen, die geklärt werden müssen, ist der nicht unerhebliche Platzbedarf eines derartigen Speichers: Für einen Eisspeicher in dieser Größenordnung sind ca. 6 x 2,5 x 2,5 m einzurechnen, ebenso ist eine Masse von rund 20 - 25 Tonnen zu berücksichtigen.

Mit Variante 3b kann ein zusätzlicher Benefit erreicht werden: das Lastverschiebungspotenzial ist zwar um rund 75 kWh pro Tag geringer (durch verschiedene Optimierungsmaßnahmen könnte dieser Wert sicher noch verbessert werden), durch die Lastbegrenzung ist aber die maximale Lastaufnahme mit 60 kW begrenzt. Daraus ergibt sich ein geringeres Lastkontingent welches beim Stromversorger verhandelt werden muss.

Die unterschiedlichen Benefits müssen im Realfall gegenübergestellt werden um ein Optimum der Stromkosten zu erreichen.

4.2 Kältespeicher

4.2.1 Allgemeines

Kältespeicher haben die Aufgabe, die Kälteerzeugung zeitlich vom Kälteverbrauch zu entkoppeln. Um Lastspitzen abzufedern, wird Kälte auf Vorrat produziert und in kürzester Zeit, d.h. mit sehr hohen Leistungen abgerufen.

Weitere Vorteile sind die kleinere Dimensionierung der Kältemaschinen und die gleichzeitige Reduzierung der elektrischen Anschlusskosten.

Neben der möglichen Reduzierung der Lastspitzen und der üblichen Aufladung des Speichers mit billigerem Nachtstrom bietet die Speicherung zusätzlich den Vorteil, dass bei Nachtbetrieb die Außentemperaturen geringer sind, was zu einer niedrigeren Kondensationstemperatur im Verflüssiger führt und die Energieeffizienz zusätzlich erhöht. Dadurch wird der zusätzliche Energieverbrauch, den die indirekte Kühlung gegenüber der direkten verursacht, zumindest teilweise wieder ausgeglichen.

Ein Vorteil kleiner dimensionierter Kälteanlagen ist das geringere Kältemittelvolumen. Da die meisten Kältemittel ein deutliches Ozonabbau- und Treibhausgaspotenzial haben, werden solche Anlagen vom Gesetzgeber reglementiert. Dies bedeutet nicht nur Ausstiegsfristen und Produktionseinschränkungen, sondern auch jährliche Dichtheitsprüfungen.

Kälte kann gespeichert werden durch:

- Sensible Wärme (Temperaturdifferenz) → geringe Bedeutung
- Latente Wärme (Phasenübergangsenthalpie)
- Reaktionswärme (Reaktionsenthalpie) → geringe Bedeutung

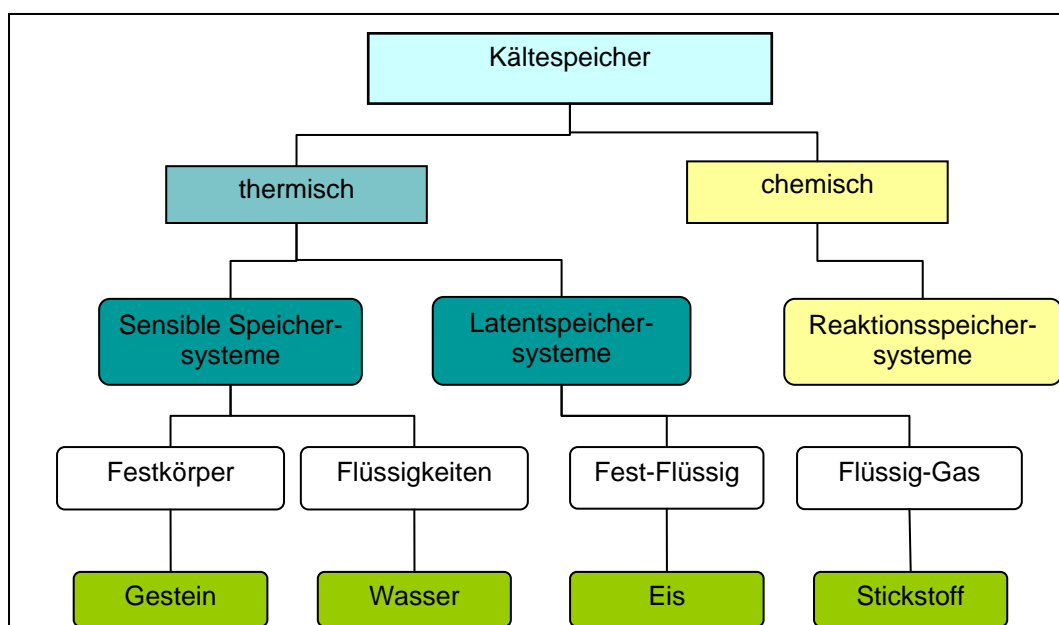


Abbildung 28: Klassifizierung von Kältespeichersystemen

4.2.2 Stand der Technik

Zurzeit sind Mittel- und Tieftemperaturkühlungen in Supermärkten grundsätzlich eher ineffiziente und sehr kostenintensive Prozesse. Die großen Temperaturspreizungen steigern den Energieverbrauch pro kW an Kühlung drastisch.

Thermische Energiespeicheranlagen, die sehr erfolgreich in der gewerblichen Raumklimatisierung angewendet werden, fanden nur wenig Anwendung in der Produktkühlung in Supermärkten. Ein Grund dafür ist, dass die durch die Eiskühlung erreichbaren Temperaturen nicht tief genug für alle Bereiche sind. Dennoch kann die innovative Anwendung von bereits bestehender Technik in Kombination mit neu entwickelten Speichermaterialien ermöglichen dass Supermärkte vom Gebrauch thermischer Energiespeicher profitieren.

Zusätzlich spornen Bedenken bezüglich der Umwelt wegen Kühlmittelverlusten die Integration von indirekten Kühlsystemen in der Planung von Supermärkten an. So ergeben sich weitere Chancen für Einsparungen durch die Installation von Kältereservoirs. Kältespeicherung ist prinzipiell nur bei einer indirekten Kühlung möglich, die in Mitteleuropa derzeit noch zu einem geringeren Anteil Anwendung findet.

Gewerbliche Kältespeicheranlagen mittels Latentwärme sind prinzipiell eher rar, jedoch gibt es zwei mögliche Varianten, die zum Teil bereits auch in anderen Bereichen Anwendung finden:

- seit einigen Jahren gibt es Erfahrungen mit so genanntem Flow-Ice oder Binäreis als Sole in indirekten Kühlsystemen und
- die Anwendung von Eisspeichern, die mit normalem Wasser betrieben werden.

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Eigenschaften und Erfahrungen dieser Systeme:

Binäreissysteme:

| | |
|----------------------|--|
| Zusammensetzung: | Suspension aus feinsten Eiskristallen (<1mm) in einer kontinuierlichen Phase (Wasser + Additiv, z.B. Salz oder Zucker) |
| Besonderheiten: | - bis Eisgehalt von 35% pumpfähig - sehr hohe Kältekapazität (vergleichbar mit FCKW) - Schmelzwärme: 333kJ/kg Eis - Energiedichte 5 bis 7 mal höher als bei Kaltwasser |
| Einsatztemperatur: | 0°C bis ca. 10°C (in Sonderfällen bis -20°C) |
| Speichermöglichkeit: | Eisgehalte bis über 50% |
| Prinzip: | Das Flüssigeis wird in einem von außen gekühlten Hohlzylinder erzeugt. Die an der Außenwand gebildeten Eiskristalle werden mit Hilfe eines Eiskratzers abgeschabt. Anschließend wandert die Eis-Flüssigkeit-Suspension in einen Speicherbehälter und ist |

jederzeit einsetzbar. Der Energieverbrauch dieser Variante liegt deutlich unter dem konventionellen Scherbeneis-Wasser-Gemisch.

Vorteile: Mit einem einfach ausgeführten Kunststoffspeicherbehälter ist die zur Verfügung stehende maximale Kälteleistung deutlich höher als bei konventionellen Kälteanlagen.

In Kombination mit einem Kunststoff-Speicherbehälter kann auf beliebige Lastspitzen und jeden Lastgradienten reagiert werden

Durch die Wahl des Additivs liegt der Gefrierpunkt (ca. $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$) nur unwesentlich unter dem von reinem Wasser

Kälteerzeugung, -speicherung und -verbrauch können räumlich problemlos getrennt werden

Konventionelle Eisspeicher:

Zusammensetzung: Stadt-/Trinkwasser als Speichermedium

Besonderheiten: Wärmetauscher mit besonders großer Übertragungsfläche notwendig

Einsatztemperatur: vorwiegend Plusbereich

Speicherung: mittels Stadt-/Trinkwasser

Prinzip: Die Tanks sind mit Wasser gefüllt, die Energie wird in Form von latenter Kälteenergie des Eises gespeichert.

Die Leistung kann mittels eines optional erhältlichen Lufteintragsystems wesentlich gesteigert werden.

Vorteile: Aufstellung außen oder innen möglich
Niedriger Druckabfall durch sehr kurze Rohrabschnitte
Eisspeicher in beliebiger Größe realisierbar (Modulbauweise)

4.3 Zusätzliche Maßnahmen

Um die Gesamtperformance des Energiesystems „Supermarkt“ und damit die Potenziale für Lastverschiebung zu steigern müssen zusätzliche Maßnahmen gesetzt werden:

- Bewusstseinsbildung zum Thema Betriebskosten von kältetechnischen Anlagen
- Zunehmende Sensibilisierung von Supermarkt-Kunden
- Interaktion der kältetechnischen Anlagen mit der Haustechnik (z.B. Wärmerückgewinnung und Einspeisung ins Heiznetz)
- Überwachung des Energiebedarfs und Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen
- Einsatz neuester Technologien, z.B. Frequenzumrichter, energieeffiziente Abtausysteme, automatische Verdampferabreinigung, Kältespeichersysteme etc.

4.3.1 Betriebskosten kältetechnischer Anlagen

In Zeiten mit steigenden Energiekosten sollten nicht ausschließlich die Investitionskosten Bestandteil einer Investitionsentscheidung sein, da die Betriebskosten mehr und mehr das Gesamtergebnis beeinflussen. Vor allem kältetechnische Anlagen zeigen sehr hohe Unterschiede im Energiebedarf und der Gesamteffizienz – dieser Umstand sollte in der Marketingstrategie von kältetechnischen Vertriebsstrukturen deutlicher zum Ausdruck gebracht werden um einen breiteren Einsatz von hocheffizienten kältetechnischen Anlagen zu erzielen.

Die von MPREIS eingesetzten Kühlanlagen - und -gerätetypen sind das Ergebnis von Vergleichen von Carrier/Linde Kältetechnik und andere Kältetechnikanbieter sowie auch von analysierten Kundenbedürfnissen. Um letzteres zu erfüllen, wurden von Carrier/Linde Kältetechnik Marketingstrategien für ganzheitliche Dienstleistungsangebote entwickelt. Diese verknüpfen Kühlanlagen, Heizungssysteme, Lüftungsanlage und die Haustechnik miteinander. Erfahrungen haben gezeigt, dass nur über umfassende Aufzeichnungen die vorhandenen Einsparpotentiale in Supermärkten genutzt werden können. Verläufe vor und nach gesetzten Maßnahmen werden miteinander verglichen und Optimierungspotentiale abgeleitet.

Dieses hat auch MPREIS erkannt, da über den Lebenszyklus von Kühlgeräten etwa 40% der anfallenden Kosten auf die Investition des Geräts und etwa 60% auf die Stromkosten fallen. D.h. die Preisentwicklung des Stroms wirkt sich unmittelbar auf diejenigen Betriebskostenanteile aus, welche zur Kühlung der Verkaufsprodukte in Supermärkten benötigt werden.

Die im vorliegenden Projekt durchgeführten empirischen Analysen zeigen Anknüpfungspunkte auf, Bedürfnisse der Supermärkte mit innovativen kältetechnischen Möglichkeiten zu verknüpfen. Bewusstseinsbildende Maßnahmen wie Schulungen und Präsentationen wesentlicher Projektergebnisse unterstützen den Optimierungszyklus für ein effektives Zusammenspiel zwischen den wesentlichen Marktakteuren (Supermarkt(kette), Kältetechnikanbieter und Energiedienstleister).

4.3.2 Konsumententrends

Das Hauptinteresse von Supermarktkunden liegt darin, qualitativ hochwertige Produkte zu einem akzeptablen Preis zu erhalten. Aufgrund eines großen Angebots von unterschiedlichen Supermärkten haben die Kunden oft die Qual der Wahl und nicht immer ist ein billiges Angebot das Kriterium für die Wahl eines Supermarktes. Gesteigertes Konsumbewusstsein (vor allem im Bereich "Bioprodukte" und "fair trade") geht einher mit dem Trend zu regionaltypischen Lebensmitteln und Getränken. „Insbesondere regionale Lebensmittel lösen bei KonsumentInnen Phantasien zu bestimmten Traditionen, Menschen und Eigenheiten aus. Der Markt für regionale Lebensmittel wird aufgrund der zunehmenden Internationalisierung und der Ausweitung des Tourismus weiter an Bedeutung gewinnen.“⁴ Intension des vorliegenden Projekts ist es, regionale Stoffströme und Energieversorgung intelligent und imagefördernd miteinander zu verknüpfen.

4.3.3 Effiziente Kühltechnologien

Carrier Kältetechnik konnte den Energiebedarf von Kälteanlagen durch ständige Weiterentwicklungen und Verbesserungsmaßnahmen bereits deutlich senken und befindet sich in diesem Segment in einer innovativen Vorreiterrolle. Als Beispiele seien an dieser Stelle zwei Beispiele genannt:

Die neue ECO-TEV-Systemtechnik, mit der eine Einsparung von ca. 15 % erreicht werden kann: EcoTEV verbindet kostenoptimierte thermostatische Expansionsventile mit den regelungstechnischen Optimierungspotenzialen von elektronischen Expansionsventilen. Zur Senkung der Energiekosten und Erhöhung der Temperaturstabilität ist eine EcoTEV Nachrüstung auch in bestehenden Märkten mit thermostatischen Expansionsventilen möglich.

Die CO₂OLtec Kälteanlagen realisieren ein Kältekonzept, welches einen relevanten Beitrag für die Umwelt ohne die für indirekte Systeme typischen Nachteile leistet. Ausgestattet mit speziellen Verdichtern für direkt expandierendes Kohlendioxid, Plattenwärmeübertragern als Verdampfer („Semi-Flood“), interne Wärmeübertrager zur energetischen Optimierung und in umfangreichen Labortests geprüften Hochdruckkomponenten präsentiert Carrier ein zukunftsweisendes und nachhaltiges Kältekonzept.

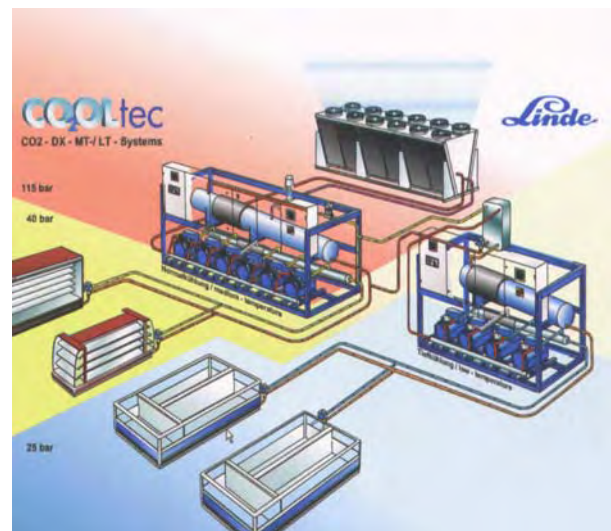


Abbildung 29: Innovatives Kältetechniksystem

⁴ <http://www.hanni-ruetzler.at/docs/176-01-impuls-Auersbach.pdf.pdf>

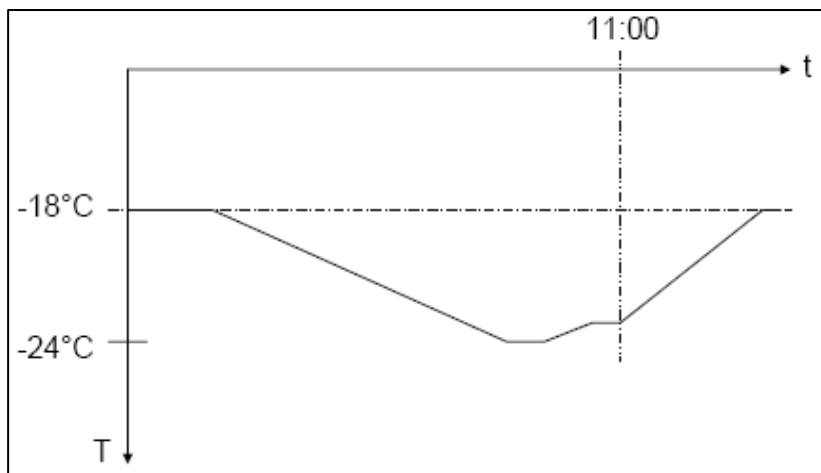
4.3.4 Intelligente Regel- und Steuereinheiten

Um eine höchstmögliche Gesamtenergieeffizienz zu erzielen ist es notwendig alle Energieverbraucher in einer gesamten Regel- und Steuereinheit zusammenzufassen. Mit einer integrierten Steuereinheit ist es möglich

- die Energieeffizienz des “Energiesystem Supermarkt” ganzheitlich zu verbessern
- den Energiebedarf durch Überwachung und kontinuierliche Verbesserungen zu senken
- die Betriebssicherheit der einzelnen Systeme durch eine zentrales Monitoringsystem zu erhöhen und
- die Basis für die Integration eines Supermarktes in ein “Smart Grid” zu schaffen.

4.3.5 Frequenzumrichter

Die Installation eines Frequenzumrichters in die Steuerung der kältetechnischen Erzeugungsanlagen verhindert kurzfristige Lastschwankungen und stellt die Basis für das Lastverschiebungskonzept dar. Frequenzumrichter sind in der Lage die Sollwerte mit sehr kurzer Verzögerungszeit zu adaptieren – in Kombination mit einer intelligenten Steuereinheit ist ein Frequenzumrichter in der Lage



direkt auf das Verhalten des öffentlichen Netzes zu reagieren und die aufgenommene Last von Verbrauchern in Zeiten von Netzhochlasten zu reduzieren. Vor allem in Kombination mit einem Kältespeichersystem können so hohe Lastverschiebungspotenziale ausgeschöpft werden.

Abbildung 30: Lastprofil eines mit Frequenzumrichter ausgestatteten Verbrauchers

4.4 Technisch-organisatorisches Gesamtkonzept

Auf Basis der in den Untersuchungen erzielten Ergebnisse kann das folgende technisch-organisatorische Gesamtkonzept als vielversprechendes Modell für die Lastverschiebung in Supermärkten dargestellt werden:

- Als ersten Schritt muss geprüft werden ob noch Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden sind:
 - Technische Maßnahmen, z.B. die Abdeckung von Kühlmöbeln zur Reduktion von Umgebungsverlusten oder der Austausch von veralteter Kältetechnik, etc.
 - Organisatorische Verbesserungen, z.B. die Bestückung der Kühlmöbel, Lieferintervalle, Schulung von Mitarbeitern. etc. (Details zu organisatorischen Aspekten siehe Kapitel 6.3)
- Vom verbleibenden Gesamtstrombedarf eines Supermarktes kann der Bedarf zur Erzeugung der Pluskälte als Variable herangezogen werden, in die relativ leicht eingegriffen werden kann und somit das höchste Potenzial für eine kosteneffiziente technische Lösung zeigt.
- Um hier nennenswerte Effekte zu erzielen muss der Einsatz eines Kältespeichers in das Konzept integriert werden.
- Als Lastverschiebungsmodell bieten sich unterschiedliche Varianten an, die je nach Einsatzfall auf den optimalen Einsatz hin untersucht werden müssen. Solche Möglichkeiten sind:
 - Lastverschiebung erfolgt entweder statisch über ein definiertes Zeitfenster oder dynamisch nach Netzanforderung (Unterschied liegt in der Komplexität der Steuereinheit und der Möglichkeit einen Frequenzumrichter zu installieren bzw. nachzurüsten)
 - Integration einer Lastbegrenzung zur Senkung der Bezugsleistung, was in Einzelfällen einen zusätzlichen finanziellen Benefit für den Supermarktbetreiber bringen kann.

Letztendlich entscheidet im Einzelfall der erzielbare Vorteil über die Wahl der Maßnahmen – dazu gehört in erster Linie die mögliche Kostenreduktion durch den verminderten Strombezug in Spitzenzeiten. Auf die finanziellen Aspekte wird in den nachfolgenden Kapiteln noch näher eingegangen – die nachfolgende Grafik zeigt das technisch-organisatorische Modell für Lastverschiebung in Supermärkten:

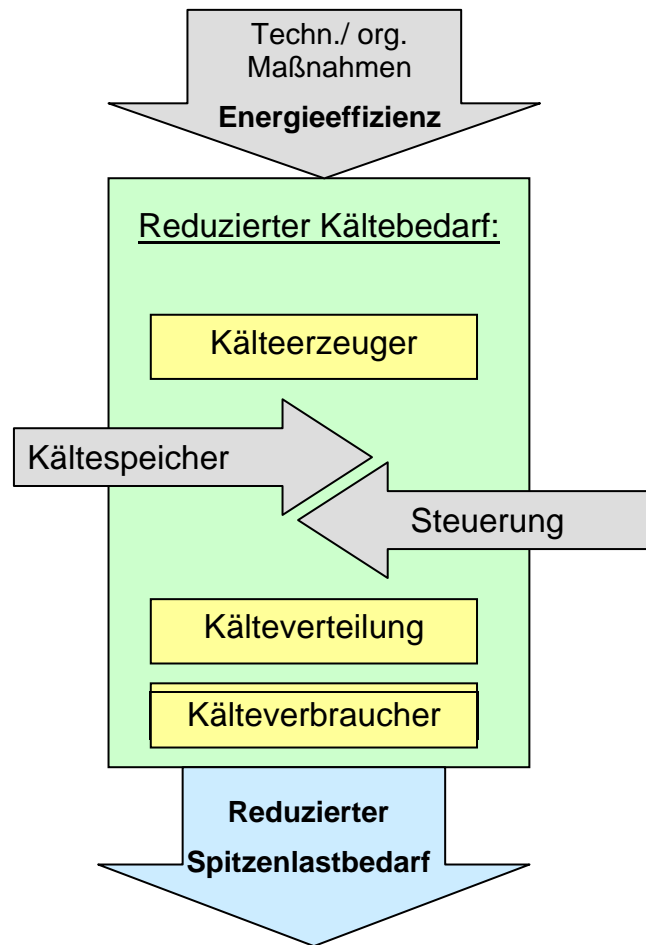


Abbildung 31: Technisch-organisatorisches Modell für Lastverschiebung in Supermärkten

4.5 Wartung der kältetechnischen Anlagen

Zur langfristigen Sicherstellung von Energieeffizienz und Anlagensicherheit ist es notwendig die kältetechnischen Anlagen regelmäßig zu überprüfen und zu warten. Carrier Kältetechnik empfiehlt für die kältetechnischen Anlagen folgende periodisch durchzuführenden Kontrollen bzw. Wartungsarbeiten, die von unterschiedlichen Stellen durchgeführt werden:

| Carrier - Servicetabelle | | täglich | wöchentlich | monatlich | halbjährlich | jährlich | nach Bedarf |
|--------------------------|---|---------|-------------|-----------|--------------|----------|-------------|
| A) | BETRIEBSPERSONAL | | | | | | |
| | Betriebstemperaturen | x | | | | | |
| | Verdichterlaufgeräusche | | x | | | | |
| | besondere Vereisungen am Verdampfer / Kühlzelle | | x | | | | |
| | Verschmutzung der Verdampferlamellenpakete | | x | | | | |
| | Besondere Vereisungen der Kältemittelleitungen | | | x | | | |
| | Isolierung der Kältemittelleitungen | | | x | | | |
| | Verrohrung des Wärmetauschers, Kondensator und Verdampfer visuell auf Dichtheit prüfen | | | x | | | |
| | Reinigung der Kühlmöbel an vom Personal zugänglichen Stellen | | | x | | | x |
| | Ölstand am Schauglas des Verdichters | | x | | | | |
| | Kontrolle FI-Schalter | | | | | x | |
| | Sichtkontrolle des Schaltschranks | | | x | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| B) | FACHPERSONAL (vom Betreiber zu veranlassen) | | | | | | |
| | Überprüfung der Kälteanlage lt. Kälteanlagenverordnung | | | | | x | |
| | Kältemaschinenöltest, in Abhängigkeit davon Ölwechsel | | | | | x | |
| | Überprüfung des Schaltschranks, Nachziehen sämtlicher Klemmen | | | | | x | |
| | Abgleich der Temperaturfühler und Sensoren | | | | | x | |
| | Kältemittelsammler visuelle Prüfung, Kontrolle der Kältemittelanschlüsse | | | | | x | |
| | Überprüfung der Anlage auf Dichtheit lt. 842. Verordnung | | | | x | | |
| | Überprüfung nach Druckgeräteüberwachungsverordnung Abhängig von der Anlagenart (Kleingewerbeanlage) | | | | | x | |
| C) | Autorisierte Stelle (TÜV) (vom Betreiber zu veranlassen) | | | | | | |
| | Überprüfung Kältemittelsammler lt. DGÜW-V siehe Punkt G01-1.1 | | | | | | x |

Tabelle 9: Periodisch durchzuführende Wartungsarbeiten an kältetechnischen Anlagen

Bei eventuell auftretenden Störungen ist gemäß einem definierten Ablaufplan (wer verständigt wen im Falle welches Fehlers?) vorzugehen.

5 Lastverschiebung am Beispiel eines Supermarktes

5.1 Maßnahmen zur Energieeffizienz durch den Marktbetreiber

Als erste Maßnahme für eine Reduktion der Spitzenlast wird empfohlen, den jeweiligen Supermarkt hinsichtlich seiner Energieeffizienz kritisch zu beleuchten und entsprechen zu gestalten. Folgende Punkte können hierbei durch den Marktbetreiber durchgeführt werden:

- Durch entsprechende Architekturgestaltung und zeitgemäßer Haustechnikplanung können optimale Umgebungsbedingungen sowohl im Markt als auch für die Kälteanlagen Außenverflüssigung geschaffen werden, z.B. durch Sonnenschutzeinrichtungen, eine geeignete Lage für den Standort des Axialkondensators, etc.
- Im Bereich der Kühlmöbel ist Zugluft zu vermeiden (Unterbrechung des Luftschleiers)
- Die Kühlwarenbeschickung kann durch angepasste Zeitpunktsteuerung optimiert werden (wichtig: Schulung des Marktpersonales ist unumgänglich, da die Art der Beschickung einen sehr großen Einfluss auf den Energieverbrauch der Kühlmöbel hat!)
- Den Einsatz von steckerfertigen Kühlmöbeln ist in vertretbarem Ausmaß zu halten
- Durch (externe) Beauftragung einer gründlichen zeitgemäßen Instandhaltung inkl. regelmäßiger Reinigungsintervalle der Kühlmöbel und Verflüssiger in Verbindung mit einer permanenten Beobachtung durch Mitarbeiter können hohe Einsparpotenziale genutzt werden
- Abdeckungen sind fachgerecht zu verwenden bzw. nach Möglichkeit nachzurüsten
- „Stille Stromfresser“ sollten erfasst und unnötiger Dauerbetrieb vermieden werden (z.B. Folienschweißgeräte, Warmhaltegeräte etc.)

5.2 Maßnahmen zur Energieeffizienz durch die Kältetechnik

Als nächster Schritt wird der durch die vorangegangenen Maßnahmen reduzierte Energiebedarf für die Kältetechnik hinsichtlich seiner Potenziale für eine Verschiebung der Spitzenlast untersucht. Der Einsatz eines Kältespeichers ist notwendig um einen Teil des Energiebedarfs für die Bereitstellung der Pluskälte während der Nachtstunden speichern zu können.

- Carrier Kältetechnik als Marktführer sowohl bei der Errichtung als auch im Servicebereich in der Lebensmittel-Gewerbekältetechnik bietet laufend neue innovative Lösungen bei Kühlmöbelausführungen und in der Kältetechnik samt optimierte Steuer und Regelsysteme speziell zum Thema Spitzenlastoptimierung.

- Die Einbindung einer Latent- Kältespeicheranlage in die Kälteanlage des Marktes ist im angedachten Fall notwendig - Carrier Kältetechnik hat auch auf diesem Gebiet umfangreiche positive Erfahrungen.
- Die Funktion durch Einbindung einer Latent- Kältespeicheranlage für diese Demonstrationsanlage wird im Anschluß ausführlich dargestellt.

Wichtige Anmerkung:

Nach eingehender Prüfung wird die Verwendung von gekühlter und tiefgekühlter Ware als Energiespeicher abgelehnt, da die Temperatortoleranzen gemäß der Lebensmittelnormen zu eng sind als dass dies genutzt werden kann. Durch zusätzliches Herunterkühlen und Erwärmen wird die Ware noch mehr belastet und eine nicht vertretbare Qualitätsminderung erreicht.

5.3 Nachrüstung einer Latent-Kältespeicheranlage

In das bestehende Kältekonzept der Beispielfiliale wird eine Latentspeicheranlage (Kugelspeicher bei 0°C) mit 1900 Liter Inhalt und einer Speicherkapazität von 68 kWh integriert:

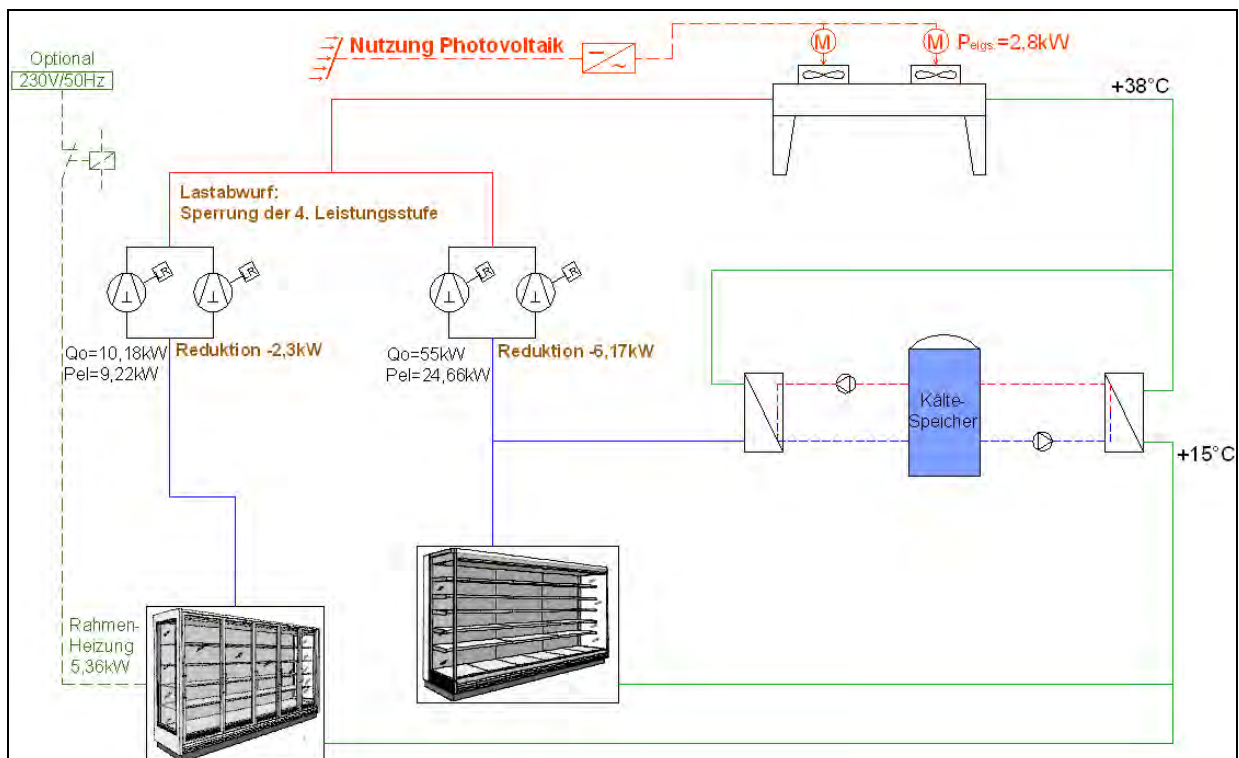


Abbildung 32: Einbindung eines Latentkältespeichers in ein bestehendes Kältekonzept der Firma Carrier Kältetechnik GmbH

Durch die Integration des Speichers ergeben sich folgende Veränderungen im Betrieb der Kälteanlage:

5.3.1 Lastverhalten und Strommehrverbrauch für den Ladevorgang

Der Kältespeicher wird während der Nachtstunden durch die bestehende Plusverbundanlage geladen. Damit können mehrere positive Effekte genutzt bzw. erzielt werden:

- Die Kühlstellen haben während der Nacht einen geringeren Kältebedarf als unter Tags; die dadurch entstehende nächtliche Kälteleistungs-Überkapazität der Kälteanlage kann also für die Ladung des Speichers genutzt werden ohne dass ein zusätzliches Kälteaggregat installiert werden muss.
- In diesem Fall kann eine Ladekälteleistung von 13,75 kW (ca. 21 % der Gesamtkälteleistung) mit einer Ladedauer von durchschnittliche 5h zur Ladung genutzt werden.

Zudem erfolgt der Betrieb der Kälteanlage durch die energetisch günstigen Nachtbetriebsstunden mit einer wesentlich höheren Leistungszahl (2,88 statt 2,23), bedingt durch die um ca. 10 K niedrigere Kondensationstemperatur und die um 2 K höhere Verdampfungstemperatur während der Nachtstunden.

Während des Ladevorganges ergibt sich bei der bestehenden Kälteanlage mit integriertem Kältespeicher folgender Mehrverbrauch für den Ladevorgang während der Nachtstunden:

Plusverbundanteil: $P_{el} + 4,770 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = + 23,85 \text{ kWh}$

Ladepumpe: $P_{el} + 0,208 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = + 1,04 \text{ kWh}$

Axialkondensatorlüfteranteil: $P_{el} + 0,294 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = + 1,47 \text{ kWh}$

Gesamt $P_{el} + 4,978 \text{ kW} = + 26,36 \text{ kWh/Betriebstag}$

- Unter Berücksichtigung von thermischen Verlusten ergibt das einen nächtlichen Mehrverbrauch von rund **29 kWh**.
- In der Nacht erhöht sich auch der derzeitige Stromverbrauchsspitzenwert um **ca. 5 kW** (Der Axialkondensatorlüfterbetrieb wirkt sich nur durch längere Laufzeiten auf den Stromverbrauch und nicht auf eine Leistungserhöhung aus).

5.3.2 Lastverhalten und Stromverbrauchseinsparung für den Entladeprozess

Die während der Nacht gespeicherte Latentkältekapazität wird energetisch am sinnvollsten für die Kältemittel-Flüssigkeitsunterkühlung der Plus- und Minusverbundanlage genutzt:

- Durch die damit verbundene Kälteleistungserhöhung kann auch bei einer maximalen Außentemperatur von +32°C die elektrische Leistung der Verbundanlagen um 25 % im Nutzungszeitraum reduziert werden.
- So kann durch Anforderung eines Lastabwurfsignales, z.B. von einer bauseitigen Energiemanagementeinrichtung, die 4. Leistungsstufe der Verbundanlagen gesperrt werden und somit eine Stromspitzenleistungsreduktion erzielt werden (bei Neuanlagen mit FU-Regelung durch Begrenzung der Drehfrequenz).

Flüssigkeitsunterkühlerleistung im Plusverbund: 16,0 kW

Flüssigkeitsunterkühlerleistung im Minusverbund: 3,4 kW

Gesamt: 19,4 kW

- Bei einer Latentkältekapazität von 68 kWh ergibt sich eine mögliche Nutzungsdauer zur Spitzenlastoptimierung von 3,5 h/Tag bei einer maximalen Außentemperatur von +32 °C
- Im Jahresmittel kann von einer Nutzungsdauer in der Größenordnung von **4 h/Tag** ausgegangen werden.

Berechnung des Mehrstromverbrauchs der Entladepumpe:

Entladepumpe $P_{el} +0,208 \text{ kW} \times 4 \text{ h}$ = +0,83 kWh

Berechnung des Minderstromverbrauchs durch die Entladung:

Plusverbundanteil $P_{el} - 5,40 \text{ kW} \times 4 \text{ h}$ = - 21,60 kWh

Minusverbundanteil $P_{el} - 2,01 \text{ kW} \times 4 \text{ h}$ = - 8,04 kWh

Gesamt $P_{el} - 8,262 \text{ kW}$ = - 28,81 kWh/Betriebstag

- Unter Berücksichtigung von thermischen Verlusten ergibt das eine Reduktion des Strombedarfs unter Tags von **rund 26 kWh**.
- Unter Tags reduziert sich der derzeitige Stromspitzenwert um ca. **8 kW**
- Wegen der thermischen Trägheit des Gesamtsystems sollte ein Entladeintervall mindestens 30 Minuten dauern, d.h. es sind maximal 8 Entladeintervalle zu je 30 Minuten pro Tag möglich.
- Je länger die Entladeintervalle (d.h. je geringer die Anzahl der Entladeintervalle) desto effizienter arbeitet das Gesamtsystem.

5.3.3 Auswirkungen auf den Lastgang

Je nach Aufwändigkeit des Steuersystems und vor allem den Kriterien für die Entladeanweisung (z.B. kurzfristige Kriterien wie Hochtarif-Lastabwurf oder Netzüberlastung oder langfristig geplante Steuerintervalle zu „üblichen“ Hochtarifzeiten) können die Entladezyklen unterschiedlich dargestellt werden. Nachfolgend sind zwei Beispiele für die Beeinflussung des Lastganges durch die unterschiedlichen Entladezyklen dargestellt (Der Ladezyklus findet unabhängig vom Entlademodus täglich in der Zeit von 0:00 bis 5:00 Uhr statt):

Basis-Lastprofil (Näherung) mit Spotmarkt-Forward-Curve:

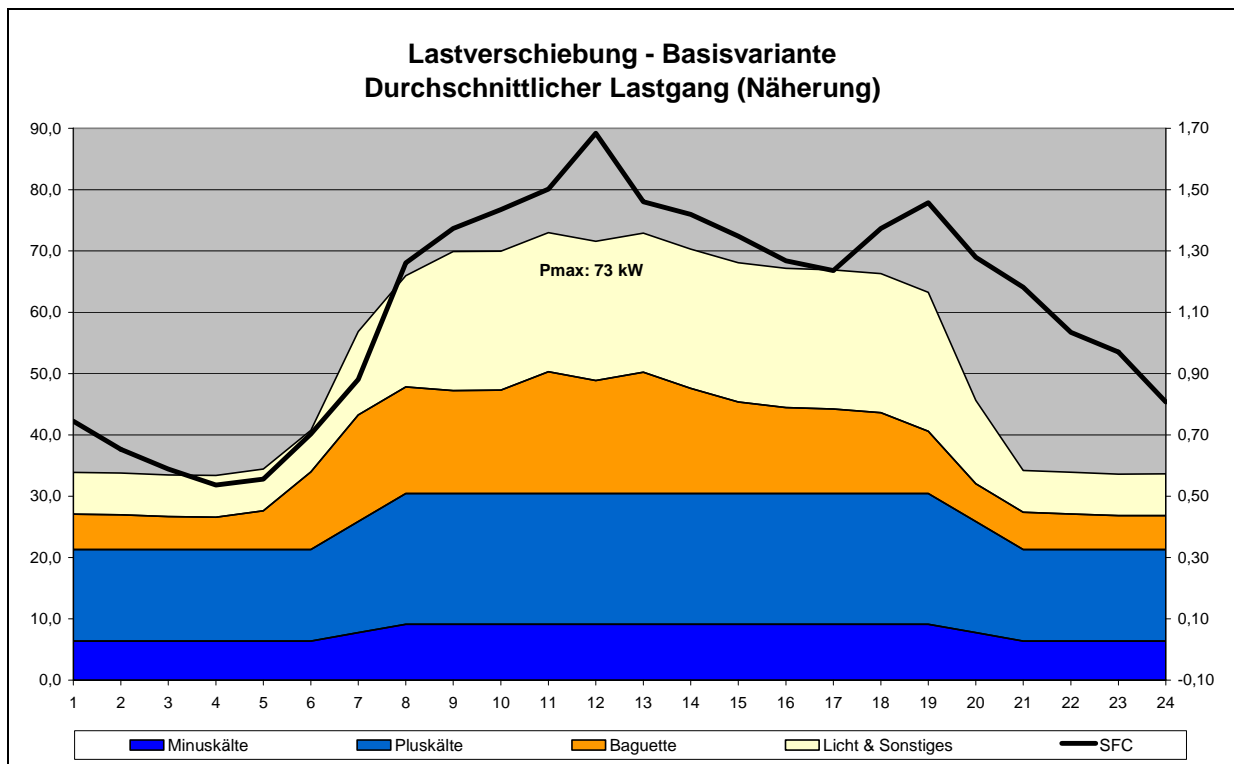


Abbildung 33: Basis-Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale (Näherung)

Szenario 1: Durchgängiger Entladezyklus:

- Entladung 1 x 4 Stunden zwischen 09:00 und 13:00 Uhr
- Verbrauchsspitze der Filiale wird von 73 auf 70 kW gesenkt (evtl. finanzieller Vorteil bei Kosten für Energiebereitstellung – kann in diesem Falle noch weiter optimiert werden!)

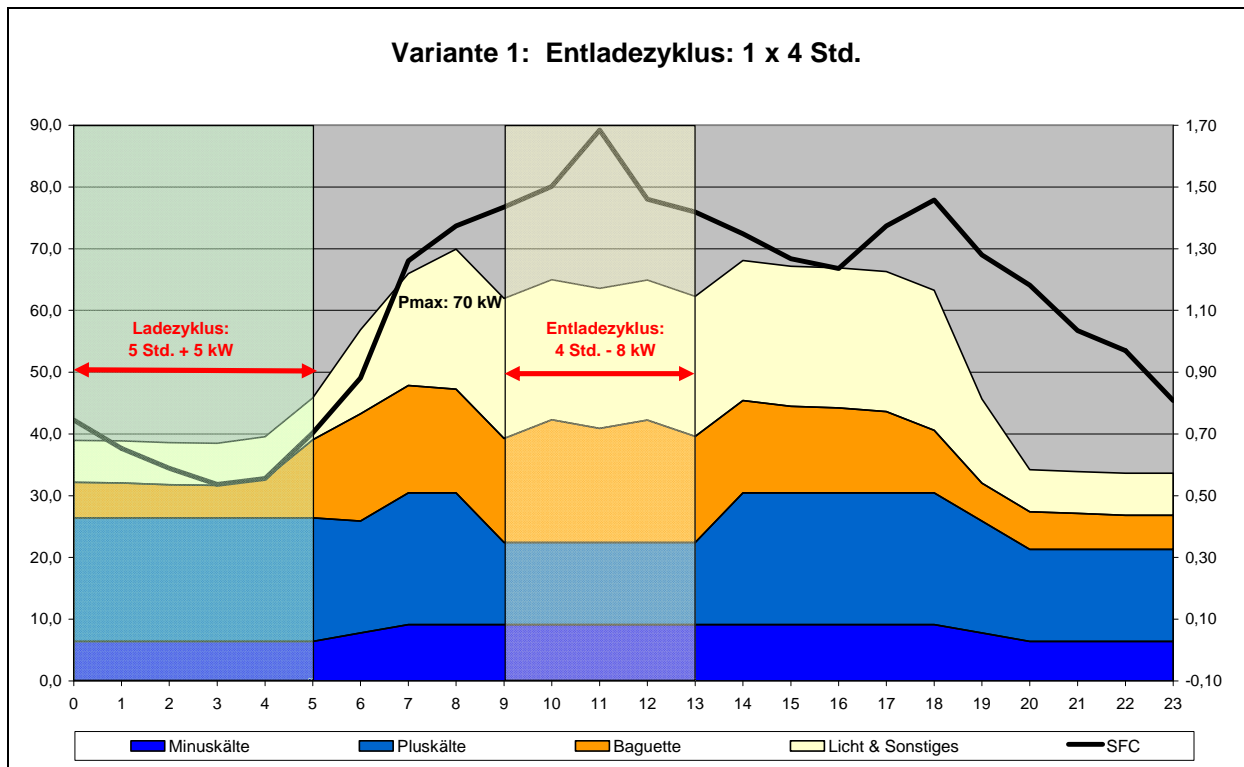


Abbildung 34: Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale - Szenario 1

Szenario 2: Gestaffelter Entladezyklus:

- Entladung 4 x 1 Stunden zu unterschiedlichen Zeiten
- Flexible Reaktion auf kurzfristige Tarifbegünstigungen am Spotmarkt möglich

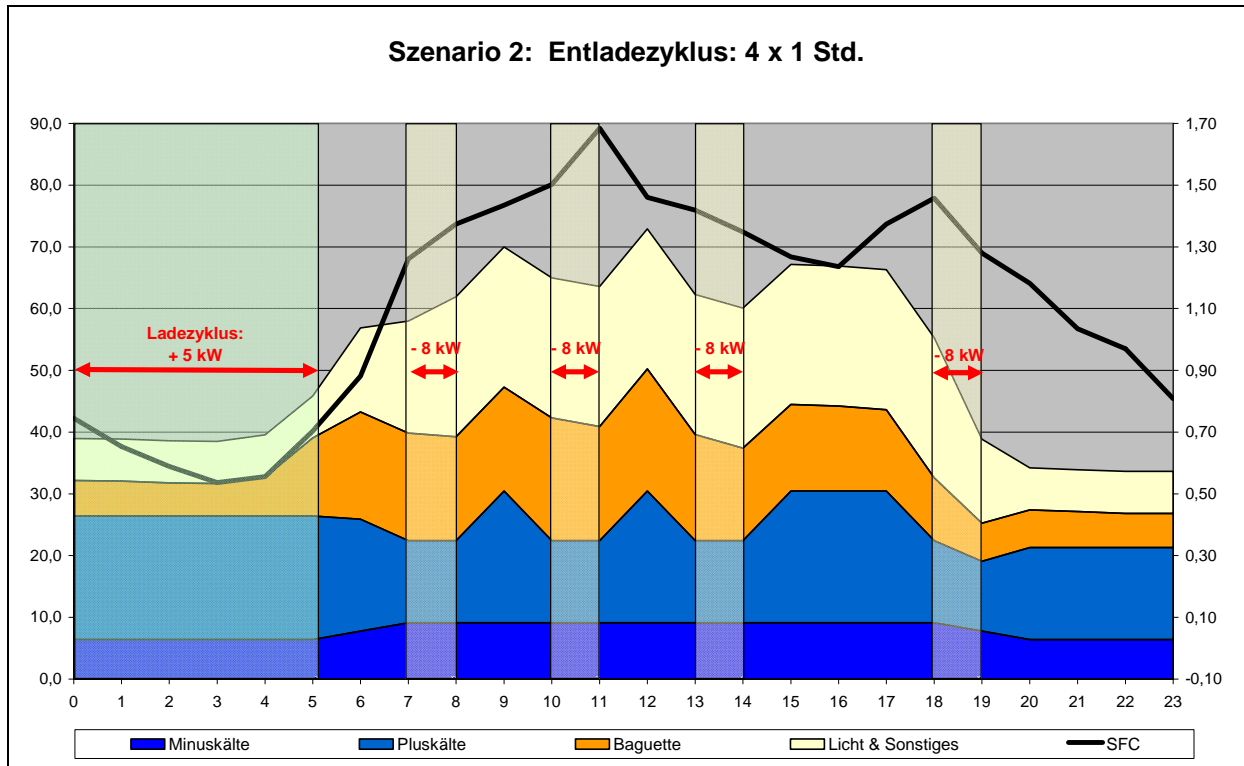


Abbildung 35: Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale - Szenario 2

5.3.4 Finanzielle Betrachtung

Um die Auswirkungen einer Spitzenlastverschiebung auch finanziell darzustellen wurde oben dargestelltes Beispiel anhand angenommener Bonuszahlungen berechnet; Aufgrund eines fehlenden realen Bonussystems wurden für eine erste Darstellung folgende Annahmen getroffen:

Y1 ... eventueller Bonus EVU durch Verlagerung der Leistung in die Nacht z.B. 0,1 €/ kW je h

Y2 ... eventueller Bonus EVU durch Reduktion der Leistung bei Tag z.B. 0,2 €/ kW je h

X1... Gültiger Nachtstromtarif: 0,10 €/kWh (beim jeweiligen EVU zu hinterfragen)

X2... maximaler Stromtarif bei Tagesspitzen: 0,75 €/kWh (abhängig von Real-Price-Modell)

tL ... Ladezeit (im angeführten Beispiel: 5 h)

tE ... Endladezeit (im angeführten Beispiel: 4 h)

1.) Ladung in der Nacht:

$$+ x \text{ kW Mehrleistung} * -Y1 * tL \quad \rightarrow \quad + 5 \text{ kW} * - 0,1 \text{ €/h} \times 5 \text{ h} = - 2,5 \text{ €/Tag}$$

$$+ y \text{ kWh Mehrbedarf pro Betriebstag} * X1 \quad \rightarrow \quad + 29 \text{ kWh} * 0,10 \text{ €/kWh} = + 2,9 \text{ €/Tag}$$

→ Mehrkosten Nachtladung: +0,4 €/ Tag

2.) Entladung bei Tag:

$$- x \text{ kW Minderleistung} * Y2 * tE \quad \rightarrow \quad - 8 \text{ kW} \times 0,2 \text{ €/h} \times 4 \text{ h} = - 6,4 \text{ €/ Tag}$$

$$- y \text{ kWh Minderleistung pro Betriebstag} * X2 \quad \rightarrow \quad - 26 \text{ kWh} * 0,75 \text{ €/kWh} = - 19,5 \text{ €/ Tag}$$

→ Minderkosten Entladung: ca. -25,9 €/Betriebstag

Die Gesamtstromkostenreduktion bei realen Stromleistungs- und Verbrauchswerten beträgt mit den angenommenen Tarifen ca. 25,5 €/Tag

- Mit dem Einsatz einer wie oben vorgestellten Latentspeicheranlage sind unter den angenommenen Bedingungen Einsparungen von ca. 9.300 € möglich.
- Die Investitionskosten für diese Latentspeicheranlage inkl. kältetechnischer und elektrischer Einbindung samt Regelung zur Verarbeitung des bauseitigen Lastabwurfsignals beträgt für die Nachrüstung bei der betrachteten MPREIS-Filiale ca. 23.000 € netto.
- Bei einer gleichartigen Neuinstallation, bei der eine kälteleistungsreduzierte Kälteanlage von Beginn vorgesehen werden kann, betragen die Kosten ca. 19.000 € netto.
- Die Amortisationszeit für die Latentspeicheranlage beträgt unter den angenommenen Bedingungen rund 2 – 4 Jahre (je nach Zusatzinstallationen, Höhe der Kapitalkosten etc.).

5.4 Wirtschaftliche Betrachtung

Die Wirtschaftlichkeit des vorgestellten Spitzenlast-Modells ist stark abhängig von den erzielbaren Erlösen (z.B. durch Bonus-Modelle) oder Einsparungen durch eine mögliche Lastbegrenzung oder bei erhöhten Spitzenlasttarifen. Da es derzeit noch kein vergleichbares Bonus-Modell gibt und auch Real-Time-Pricing in Österreich noch nicht implementiert wurde können hierzu keine definitiven Aussagen getroffen werden.

Um aber eine Prognose darstellen zu können, ab welchem Bonustarif sich die Einbindung eines Kältespeichers wirtschaftlich darstellen lässt wurden die im obigen Beispiel angesetzten Tarife variiert und die wirtschaftlichen Ergebnisse anhand der Kapitalwertmethode miteinander verglichen (Kapitalwert nach 3 bzw. 5 Jahren, kalkuliert mit und ohne Kapitalkosten). Dabei wurden folgende wirtschaftliche Grundlagen angenommen:

| | |
|---------------------------|---|
| Investitionskosten: | € 23.000,- |
| Kreditkonditionen: | Laufzeit: 3 Jahre / Zinssatz: 5% |
| Sonstige laufende Kosten: | 3 % der Investitionssumme pro Jahr (zusätzliche Wartung, Versicherung u.ä.) |
| Höhe der Boni: | Lastbonus Nacht: 0,1 €/kW Lastbonus Tag: 0,2 €/kW Bezugsbonus Tag: 0,75 €/kWh |

Da es sich beim Lastprofil im vorgestellten Beispiel um einen Jahresmittelwert handelt wird auch für die Berechnung ein volles Jahr (365 Tage) herangezogen, obwohl im Realfall meist nur die ca. 300 Ladenöffnungstage pro Jahr für eine Spitzenlastverschiebung relevant sind (siehe Wochenlastprofile in Kapitel 3.2.4).

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Abhängigkeit des Kapitalwertes nach 3 bzw. 5 Jahren (mit und ohne Kapitalkosten) gegenüber den verschiedenen Bonushöhen.

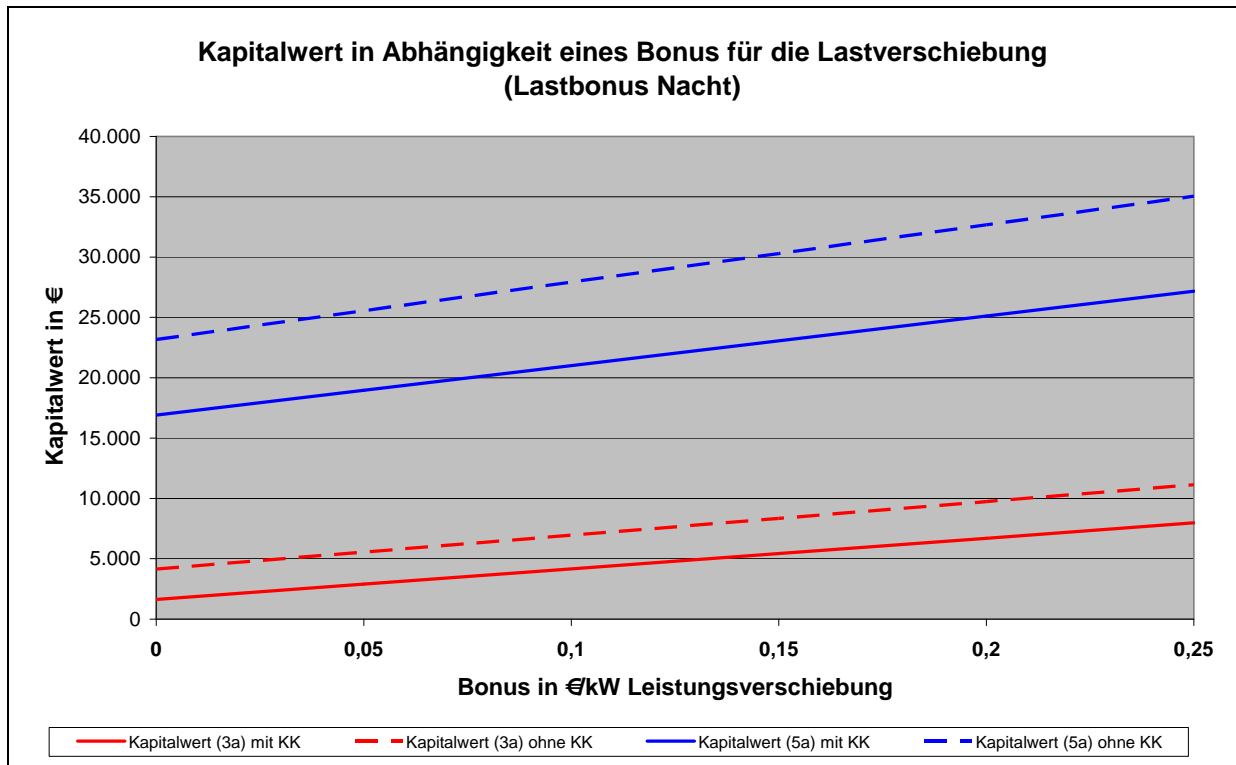


Abbildung 36: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Lastbonus Nacht“

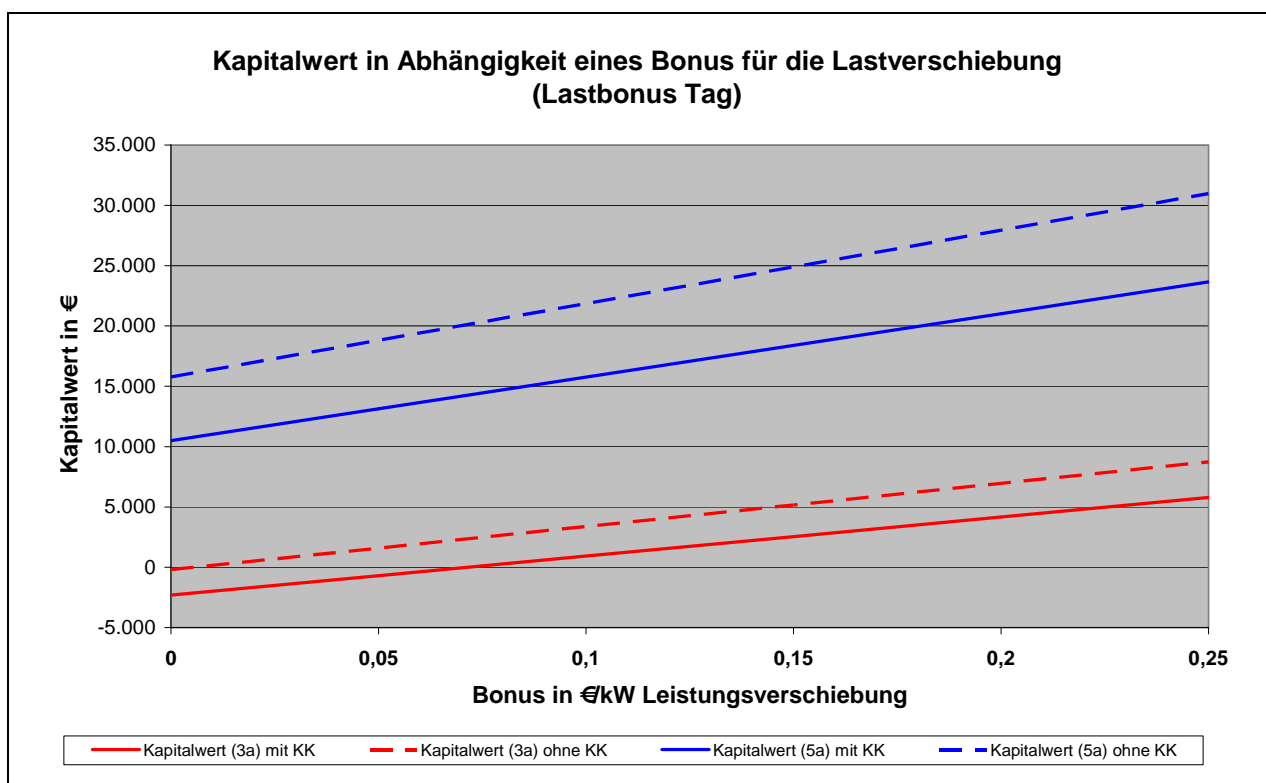


Abbildung 37: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Lastbonus Tag“

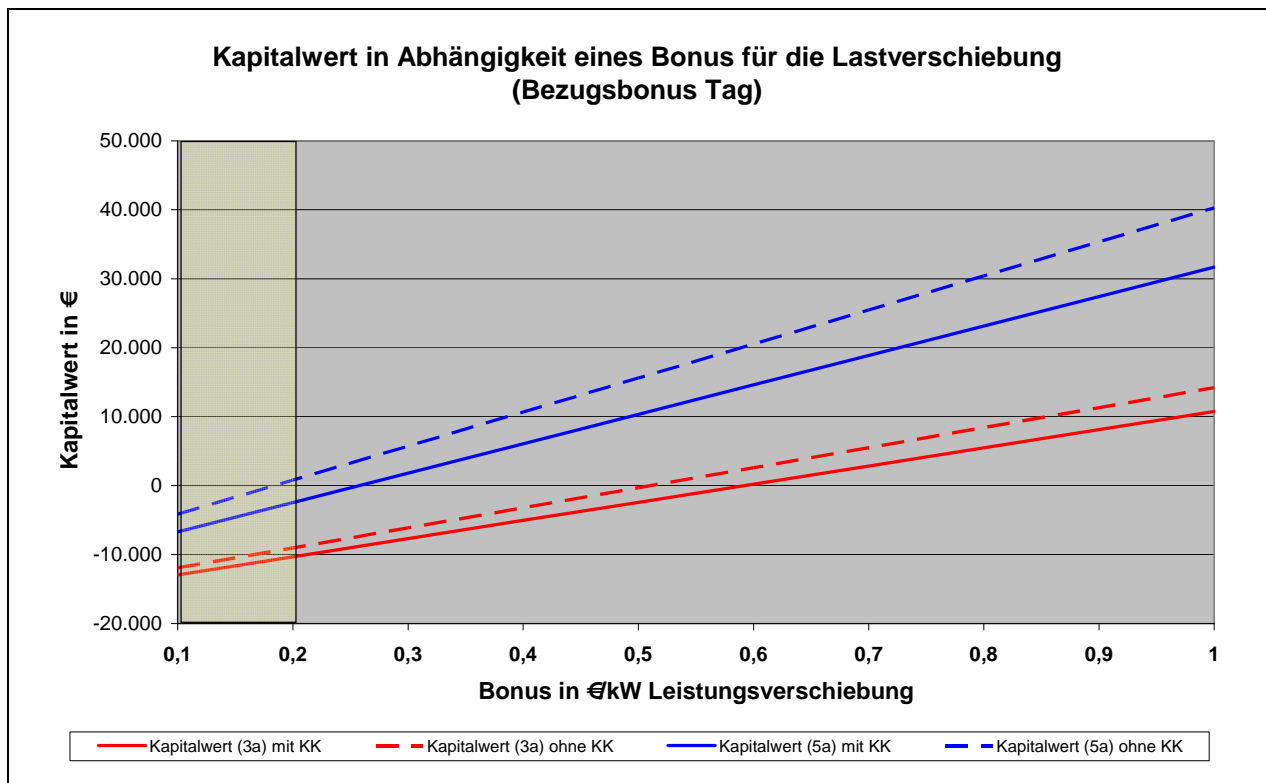


Abbildung 38: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Bezugsbonus Tag“

Ausgehend von den Untersuchungen zu den finanziellen Rahmenbedingungen in Kapitel 7 sind bei der derzeitigen Marktsituation Vergütungen im Bereich von 5 €ct/kWh möglich. Dies zeigt dass eine wirtschaftliche Umsetzung auf Basis rein monetärer Kriterien unter den herrschenden Rahmenbedingungen derzeit nicht möglich ist.

Ausschlaggebend für eine wirtschaftliche Umsetzung ist also eine attraktive Vergütung für den reduzierten Bezugsstrom während der Hochlastzeiten. Wie in Abbildung 38 ersichtlich kann bereits eine Vergütung von 0,25 bis 0,30 € pro kWh den Kapitalwert nach 5 Jahren in den positiven Bereich bringen (der gelb hinterlegte Bereich markiert die derzeit üblichen Stromtarife zwischen 0,1 und 0,2 € pro kWh).

5.5 Weitere Optionen zur Spitzenleistungsreduktion

5.5.1 Lastabwurf der Kühlmöbel-Rahmenheizungen

- Die elektrische Gesamtleistung der Kühlmöbel-Rahmenheizungen beträgt 5,36 kW
- Für ca. 10 - 15 Minuten / h könnten durch Verarbeitung eines bauseitigen Lastabwurfimpulses die Rahmenheizungen der Kühlmöbel abgeschaltet werden.
- Dies könnte entweder unabhängig oder aber in Verbindung mit der Kältespeicheranlage genutzt werden, um beispielsweise am Beginn der Entladephase die elektrische Spitzenleistung zu reduzieren bis infolge der thermischen Trägheit die Kältemittel-flüssigkeitsunterkühlung durch die Entladung des Kältespeichers vollständig im System wirkt.

5.5.2 Permanente Nutzung der Kältemittel-Flüssigkeitsunterkühlung

- Beste Effizienz bei Neuanlagen bzw. bei bestehenden Kälteanlagen mit Verdichter-FU- Regelung
- Bei Nachrüstung von Verdichter FU - Regelungen in der vorgestellten MPREIS-Filiale:
 - Statt über maximal 4 Stunden während des Tages eine permanente Nutzung der Kältespeicheranlage z.B. über 12 Stunden
 - Dadurch könnte die Kälteanlage statt mit 8 kW Spitzenleistungsreduktion in diesem Fall mit ca. 2,33 kW weniger Spitzenleistung dauerhaft während des gesamten Tages betrieben werden.

5.5.3 Nutzung von Photovoltaik für die Versorgung der Axialkondensatorlüftermotoren

- Axiallüfterkondensator sind meist am Dach oder einer anderen Stelle im Freien installiert und oft der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt. Es besteht die Möglichkeit diese Geräte beispielsweise bei einer horizontalen Luftführung mit einer Art „Flugdach“ aus Photovoltaikmodulen zu überdecken, die aber die Zu- bzw. Abluft nicht behindern.
- Da die Sonneneinstrahlung mit der erforderlichen Axialkondensatorlüfterleistung über die Außenluftansaugtemperatur meistens im direkten Zusammenhang steht, könnte dieser Effekt speziell im Sommer am wirkungsvollsten zur Reduktion des Spitzenstromzukaufes genutzt werden.
- Die maximale elektrische Leistung aller 4 Axialkondensatorlüfter an der Beispielfiliale beträgt 2,8 kW, was bei idealer Ausrichtung der Photovoltaikmodule zu einem Jahresertrag von rund 2.800 kWh führen würde.
- Der Einsatz von Erneuerbaren Energien hängt in erster Linie von der lokalen verfügbaren Erneuerbaren Ressourcen ab, die zur Reduzierung des Energieverbrauchs dienen.

6 Organisatorische Aspekte

6.1 Erhebung der organisatorischen Aspekte

Die Erhebung der organisatorischen Aspekte erfolgte mittels Interviews, die mit einem Produktentwickler von Kühlanlagen (Fa. Carrier Kältetechnik - vormals Linde Kältetechnik – den laut Eigenaussagen in Österreich führenden Hersteller von Kühlgeräten) sowie mit dem Handelsunternehmen MPREIS durchgeführt wurden.

Das Handelsunternehmen MPREIS betreibt 156 Lebensmittelmärkte und 133 BAGUETTE – Bistros bzw. – Cafes (Stand: Ende 2008). Etwa 4.000 Mitarbeiter beschäftigt das Unternehmen, von denen etwa die Hälfte teilzeitbeschäftigt ist. Ca. 150 Mitarbeiter nehmen in den Märkten Lehrstellen wahr. Der Frauenanteil liegt bei etwa 84%.

Um den organisatorischen Aspekte empirisch zu untersuchen, wurden bei MPREIS sowohl Experteninterviews mit dem regionalen Management als auch überwiegend qualitative Befragungen in einigen ausgewählten Filialen durchgeführt. Das Hauptaugenmerk dieser Interviews lag darin:

- den Stellenwert der Dienstleistung Energie innerhalb des Unternehmens und innerhalb der Filialen zu determinieren bzw. einzuordnen,
- die organisatorischen Voraussetzungen für eine Veränderung des Verbraucherverhaltens zu spezifizieren und Empfehlungen abzuleiten und
- kundenspezifische Bedürfnisse und Umsetzungs- und Verbreitungsstrategien dieser Maßnahmen und Bedürfnisse zu erarbeiten.

6.2 Methodische Vorgehensweise

Der Ablauf der Interviews wurde in drei Phasen eingeteilt; Diese Phasen bauen aufeinander auf. Das heißt das Feedback aus der Expertenbefragung der Produkentwickler der Fa. Carrier Kältetechnik ist zum Teil in die Befragung des regionalen Managements von MPREIS bzw. in die Erstellung der jeweiligen Interviewleitfäden eingeflossen. Beide Feedbacks werden wiederum zur Erstellung des Leitfragebogens für die MPREIS – Filialen genutzt.

Methodisch werden die organisatorischen Aspekte in den nachfolgend dargestellten Untersuchungsschritten detailliert analysiert:

6.2.1 Experteninterviews

Die qualitative Marktforschung ist eine der am häufigsten angewendeten Methoden zur Ermittlung von Motiven und Einstellungen. Ein Beispiel für diese Methode sind Experteninterviews. In vorliegendem Projekt wird das Praxiswissen der Kühlgerätspezialisten der Fa. Carrier Kälte-

technik und das Handlungswissen des regionalen Managements von MPREIS zur Erstellung des Interviewleitfadens und zur Einordnung der Handlungsmöglichkeiten genutzt.

6.2.2 Quantitative und qualitative Interviews in ausgewählten MPREIS - Filialen

Um mit den befragten Personen die einzelnen Themenblöcke intensiver besprechen zu können wurden qualitative Interviews mit quantitativen Inhalten in 16 ausgewählten MPREIS – Filialen durchgeführt. Da in dieser Befragung besonders die Einstellungen und Motive der Befragten von Bedeutung sind wird diese Art von Marktforschung gewählt. Die Interviews fanden alle direkt in den Filialen statt. Diese Vorgangsweise hat den Vorteil dass die Befragten in ihrer gewohnten Umgebung und direkt neben den interessierenden Objekten befragt werden konnten und auch der Zeitaufwand für die MPREIS-Mitarbeiter so gering wie möglich gehalten werden konnte. Der für die Interviews eingesetzte Leitfaden enthält offene Fragen zu mehreren Themenblöcken:

- Allgemeine Informationen / Daten zur MPREIS-Filiale
- Energetische Aspekte / Technische Ausrüstung der Filialen
- Organisatorische Abläufe im Handel
- Organisatorische Abläufe bei technischen Anlagen
- Schulungen
- Verbesserungsvorschläge der Mitarbeiter

6.1.3 Diskussion der Interviewergebnisse

Neben der Zielsetzung der Interviewfragen wurde die Verständlichkeit der technischen Fragestellungen mit der Unternehmensleitung von MPREIS diskutiert. Aus den Diskussionen mit dem regionalen Management wurden die spezifischen Fragestellungen des Leitfadens für die Filialinterviews abgeleitet. Die Ergebnisse der Befragung sind im Kapitel 6.3 gruppiert und synthetisiert dargestellt.

Das Feedback aus den Filialbefragungen sowie eine weiterführende Diskussionen mit dem regionalen Management von MPREIS und den Kühlgerätspezialisten der Fa. Carrier Kältetechnik führten zu Anknüpfungspunkten und Handlungsempfehlungen, die in Kapitel 6.5 näher beschrieben sind.

6.3 Projektrelevante Ergebnisse der Interviews

Zwischen Juli 2008 und März 2009 sind Interviews der oben angeführten Unternehmen und deren Angestellte in 3 Phasen durchgeführt worden, deren Ergebnisse nachfolgend im Detail dargestellt sind.

6.3.1 Projektrelevante Resultate der Experteninterviews

In der ersten Phase wurde ein Vertreter der Produktentwickler, ein **Kühlgerätspezialist der Fa. Carrier Kältetechnik** befragt. Die relevanten Ergebnisse des Interviews können wie folgt zusammen gefasst werden:

- Bis 2007 gab es einen Instandhaltungsvertrag zwischen Carrier (vormals Linde) Kältetechnik und MPREIS, welcher aus Kostengründen nicht weiter verlängert sondern an eine andere Firma vergeben wurde.
- Carrier Kältetechnik bietet Fernüberwachungssysteme an, die Produktpalette reicht von Störungsmeldungen bis hin zur Komplettüberwachung der Kühl-, Kälte- und Heizungssysteme. Es gibt zu allen von Carrier Kältetechnik vertriebenen Geräten und Anlagen Schnittstellen an welche die Fernüberwachungssysteme angeschlossen werden können.
- MPREIS hat vor etwa 10 Jahren aus Kostengründen den Betrieb eines Fernüberwachungssystems eingestellt. Mit zunehmenden Strompreisen kann eine Fernüberwachung für Supermärkte aber wieder relevante Vorteile bringen. Zur Diskussion steht regelmäßig die Wirtschaftlichkeit einer Gesamtausrüstung gegenüber einem punktuellen Einsatz in einzelnen Filialen.
- Die Lebensmittelpolizei begnügt sich mit händischen Temperaturlaufzeichnungen, welche von den Supermärkten in der Regel selbst durchgeführt werden. Dabei geben die Supermärkte die manuell oder automatisch erhobenen Temperaturwerte der Waren gemäß der Kälteanlagenverordnung an, während Carrier Kältetechnik sich bei der automatischen Überwachung der Temperatur auf die Aufbewahrungstemperatur fokussiert. Bei der Überschreitung von Temperaturschwellwerten wird in der Regel eine Störmeldung an die dafür zuständige Supermarktstelle geschickt. Diese beauftragt dann den Filialbetreuer, Servicefirmen oder auch Carrier Kältetechnik mit der Schadensbehebung. Das Carrier Kältetechnik Regel- und Überwachungssystem (UNISystem) basiert auf Internetkommunikation und wird speziell Supermärkten angeboten.
- Die Adressaten der von Carrier Kältetechnik angebotenen Schulungen sind hauptsächlich Filialbetreuer, aber auch – wenn auch in geringerer Zahl - Filialleiter und Angestellte. Den Fokus der Schulungen bilden unter anderem die Beschickung der Kühlgeräte, deren Reinigung (Tauwasserproblematik) und der Reinigung der Axiallüfterkondensatoren. Letzterer ist insofern energiekritisch, als jede Abweichung von der normierten Optimaltemperatur zu in etwa linear verlaufenden Stromverlusten

(Delta °C -> - 1%) führt. Die Reinigung des Axiallüfterkondensators z.B. zu Zeiten erhöhter Staubentwicklung in Blüten - oder Bauperioden wird entweder dem betreuenden Personal empfohlen oder selbst durch Carrier Kältetechnik durchgeführt. Weiters sollte die Zuluft- und Abluftführung zum Axiallüfterkondensator nicht blockiert werden. Es gibt Erfahrungswerte im Hause Carrier Kältetechnik, die belegen, dass sich die Stromkosten ohne Wartung des Axialkondensators nahezu verdoppeln können.

- Der Entwicklung für die einzelnen Kühlmöbel liegen sowohl vorhergehende Produktpräsentationen seitens Carrier Kältetechnik, als auch dezidiert geäußerte Kundenwünsche, zugrunde. Eine neu konzipierte Kühltheke soll letzterem entsprechen und ab Herbst 2009 dem Markt zugeführt werden.
- 95% der Inselanlagen sind 2 m breit, MPREIS nutzte bisher 1,50 m breite Anlagen. Da sich die Weiterentwicklung bei diesen schmälere Varianten nicht mehr lohnt, werden die 2 m Anlagen intensiv beworben.

In der zweiten Phase wurde ein **Experteninterview mit einem Projektvertreter der Unternehmensleitung von MPREIS** durchgeführt. Dabei konnten folgende projektrelevante Ergebnisse erlangt werden:

- Die Präsentation des Sortiments im Ladenbau spiegelt den täglichen Lebensmittelbedarf eines Kunden wieder. So beginnt der Sortimentsaufbau beispielsweise mit Frühstücksgüter und endet mit Tiefkühlprodukten die die Kunden gerne abends schnell zubereiten. Besonders bei den Tiefkühlprodukten ist die lückenlose und schnelle Beschickung der Kühlmöbel wichtig. Insgesamt gibt es etwa 10.000 Artikel im Sortiment.
- Nach spezieller Genehmigung des Landeshauptmannes kann in Wintertourismusorten auch eine Sonntagsöffnung vorgenommen werden, z.B. hat die Filiale am Hauptbahnhof in Innsbruck während des gesamten Jahres auch am Sonntag geöffnet. Der Großteil der MPREIS - Filialen ist mit BAGUETTE – Bistros bzw. - Cafes kombiniert.
- MPREIS hat sich 2004 per Managementbeschluss zum Einsatz offener Tiefkühlinseln entschlossen, da die bis dahin genutzten Glasschiebedeckel zu Verkaufsverlusten führten. Neue rahmenlose Glaselemente könnten einerseits die Waren für den Kunden ansprechend präsentieren, andererseits aber auch Energieverluste minimieren. In einem für MPREIS kostenlosen Versuch soll nun der Einsatz dieser neuer Gerätetypen getestet werden.
- Die Kühlmöbel verbleiben in der Regel so lange in der Filiale bis ein Austausch aus technischer oder wirtschaftlicher Sicht notwendig ist, sich z.B. eine Reparatur nicht mehr rentiert. Bei der Wahl des Lieferanten wird vor allem darauf Rücksicht genommen, welcher Lieferant den Tausch am schnellsten vornehmen kann.
- In den ersten beiden Jahren nach der Installation einer Neuanlage wird die Wartung der Geräte von jener Firma durchgeführt, die mit der Installation der Anlagen betraut wurde. Nach diesen beiden Jahren wird eine öffentliche Ausschreibung über einen Vollwartungsvertrag vorgenommen. In diesem Wartungsvertrag sind Wartungsintervalle

le und Einsatzregelungen festgelegt. Es wird eine Generalwartung einmal pro Jahr vorgenommen. Bei Störungen wird der Alarm von der MPREIS - Zentrale an die Wartungsfirma weitergeleitet. Die Firma entscheidet anschließend selbstständig wann und wie dringend dieser Fehler behoben werden muss.

6.3.2 Interviewergebnisse der ausgewählten MPREIS - Filialen

In enger Kooperation mit der Unternehmensleitung von MPREIS wurden 16 Filialen (oder rund 10% der Lebensmittelmärkte) für die Interviews ausgewählt (siehe auch Beschreibung der Filialen in Kapitel 3.2.).

Die selektierten Filialen decken die Bandbreite an Supermarkttypen des MPREIS in Bezug auf folgende Attribute ab:

| MPREIS - Supermarkttypen in Bezug auf... | Von den 16 Filialen sind... | | |
|--|-----------------------------|----|---|
| • Größe (Klein, Mittel, Groß): | 5 | 6 | 5 |
| • Baujahr (Alt / Neu): | 6 | 10 | |
| • Verkaufsfläche (Klein / Groß) | 7 | 9 | |
| • Lagerfläche (Klein / Groß) | 10 | 6 | |
| • Städtische / ländliche Lage | 7 | 9 | |
| • Freistehendes Gebäude / Verbundgebäude | 9 | 7 | |

Tabelle 10: Quantitative Kurzbeschreibung der ausgewählten MPREIS-Supermärkte

Die etwa ein- bis eineinhalbstündigen Interviews mit den Filialleitern und Mitarbeitern fanden im Januar 2009 in den Supermärkten statt. Aus dem Feedback der Interviewten sind energie-relevante Verbesserungsvorschläge abgeleitet worden, die in nachfolgenden Boxen dargestellt sind.

- ***Können Sie uns bitte Ihren typischen Tagesablauf beschreiben?***

Die Öffnungszeiten sind recht ähnlich: Montag bis Freitag von 7.00 - 8.00 bis 19.00 -20.00 und Samstag von 7.30 - 8.00 bis 17.00 - 18.00. Die Frühschicht arbeitet vor der Supermarktöffnung und dauert bis zum frühen Nachmittag. Die Nachmittagschicht beginnt am späten Vormittag und endet abhängig von den Schließzeiten. Die Zeitfenster der Warenlieferungen sind durch die Unternehmensleitung vorgegeben und in den Filialen unterschiedlich organisiert.

Entsprechend den Öffnungszeiten ergeben sich unterschiedliche Verbrauchsganglinien für den Strom verursacht hauptsächlich durch die Umschaltung von der Nacht- auf die Tagesbeleuchtung. Teilweise wird eine zeitliche Lieferanpassung der Kühlwaren empfohlen, da diese mit den Stoßzeiten kollidiert. Zusammen mit dem Bistro und Bäckereigeschäft wird für Winterperioden in einigen Filialen eine spätere Öffnungszeit empfohlen. Es werden Abschattungselemente für den Sommer dort vorgeschlagen, wo Glasarchitektur vorherrscht. Es wird empfohlen, Aktionen mit den Bestellungen optimal abzustimmen. Eigeninteresse einiger Filialleiter für das Thema Energie könnte Vorbildwirkung für Andere haben.

- ***Können Sie uns bitte Ihr Kühlsystem (Kühlräume, -geräte, Tiefkühlung), dessen Handhabung und Abtauzeiten beschreiben?***

Die eingesetzten Geräte und Kühlräume sind zum Großteil Produkte der Fa. Carrier + Linde Kältetechnik GmbH. Wenige Anlagen wurden von der Fa. York geliefert. Bei den Kühlmöbeln werden nach Ladenschluss Rouleaus automatisch oder manuell runtergelassen. Die Tiefkühltruhen sind teilweise offen oder mit Schiebedeckeln ausgerüstet. Die Kühlsysteme und ihre Anordnung sind von der Zentrale vorgegeben. Alle Anlagen werden regelmäßig aus hygienischen Gründen gereinigt. Die Abtauungen der Kühlgeräte erfolgt unterschiedlich, meistens zweimal täglich. Die zur Verfügung stehenden Kühlräume sind teilweise ausreichend und teilweise zu kleinvolumig dimensioniert.

Abdeckungen der Tiefkühltruhen können auf Eingaben des Filialleiters bestellt werden. Es gab bisher keine Beschwerden von Kunden, und die Türen/Deckel werden anweisungsfrei geöffnet und geschlossen. Die regulären Abtauungen der Kühlgeräte und ihr Zweck sollte in Schulungen transferiert werden, da es auch schon Beschwerden von Kunden gab. Eine genügende Anzahl und Volumina von Kühlräumen ermöglicht ein strukturiertes Verräumen der Kühlwaren. Da erfahrungsgemäß 60% der Kühlgerätekosten dem Energieverbrauch zugeordnet werden können, wird empfohlen, den Einsatz neuwertiger Geräte wirtschaftlich detailliert zu analysieren.

- **Wie oft beschicken Sie die Kühlmöbel pro Tag?**

Die Beschickung erfolgt gemäß den Anweisungen auf den Regalleisten von oben nach unten bei den Regalen bzw. in die vorgegebene Richtung bei den Truhen. Von den Warencontainern werden die Produkte via Einkaufswagen auf die Kühlgeräte verteilt. Nach der Erstbeschickung erfolgt das Nachfüllen bedarfsgerecht. Abhängig von den Volumina der Kühlräume erfolgt die Beschickung entweder direkt nach der Lieferung oder über den Tag verteilt. Das Beschicken erfolgt in der Regel nach der Lieferung, da die Liefertermine bekannt sind und der Alltag danach geplant wird. Es kann vorkommen, dass zur Zeit der Lieferung kein Mitarbeiter verfügbar ist, deshalb gibt es in einigen Filialen sogenannte Kühlzellen, wo die Ware zwischengelagert werden kann.

Um eine Erwärmung der gelieferten Kühlprodukte zu verhindern werden unterschiedliche Vorgangsweisen gewählt: i) Die Beschickung findet möglichst nicht zu Verkaufsstoßzeiten statt. ii) Es wird darauf geachtet, dass Kühlritzen nicht durch Produkte verstellt und in Vitri- nen bzw. Truhen die markierten Höchstgrenzen nicht überschritten werden. iii) Eine Mitar- beiterin ist primär für die Beschickung der Tiefkühlwaren zuständig. iv) Das Kühlsystem soll- te jedem Mitarbeiter erklärt werden, damit das Verständnis für die Beschickungsrichtlinien verstärkt wird.

- **Wie oft und durch wen werden die Geräte gewartet?**

Die Wartung wird von der MPREIS-Zentrale geregelt und organisiert. Eine externe Wartungs- firma ist von der Zentrale beauftragt die jährliche Wartung vorzunehmen. In manchen Filialen werden unterschiedliche Wartungen und Überprüfungen (z.B. Kältetechnik, Aufzüge, Arbeitsinspektorat etc.) an einem Tag zusammengelegt. Da davon ausgegangen wird, dass der Supermarkt zu den Öffnungszeiten zugänglich ist, werden die Wartungsbesuche aber üb- licherweise nicht angekündigt. Kommt es zu einem außerplanmäßig notwendigen Wartungs- oder Reparatursinsatz, wird dieser je nach Art und Dringlichkeit des Störfalles auch unverzüg- lich (binnen einer Stunde) durch die mit dem Service beauftragte Firma durchgeführt. Den Filialleitern ist zum Großteil nicht bekannt, welche Wartungsaufgaben die Wartungsfirma hat. Somit kann auch keine Kontrolle der Arbeitsleistung durchgeführt werden.

Eine klare Abstimmung der mit der Wartung einhergehenden Gerätereinigung ermöglicht einerseits einen hygienischen wie auch vereisungsfreieren Betrieb der Kühlgeräte. Letzteres reduziert nicht nur den Stromverbrauch, sondern wird als verkaufsfördernd deklariert.

- ***Können Sie uns bitte Ihre Produktentwicklungswünsche beschreiben?***

Allgemeine Empfehlungen beinhalten eine „praktische“ Beschickung wie auch die Berücksichtigung der Erreichbarkeit mancher Produkte durch den Kunden (Hochregale).

Gewünscht werden: i) Abdeckungen für die Kühltruhen um Eisbildung zu verhindern und Truhenware gepflegter ausschauen zu lassen, ii) von hinten beschickbare Kühlregale einzusetzen und iii) Kühlregale weniger hoch zu gestalten. iv) Einige Filialen verfügen über Lagerkapazität direkt in der Feinkostabteilung. Das hat den Vorteil, dass die Ware direkt vor Ort ist und keine Kühlkettenunterbrechung beim Nachholen erfolgt. Auch für die Präsentation gegenüber der Kunden können diese Lagervitrinen genutzt werden. Die Kunden sehen somit wie die Ware aufbewahrt wird. Die Produktentwicklung von Kühlgeräten sollte die Reinigungsarbeiten im laufenden Betrieb mitberücksichtigen. In Filialen mit zu großen Kühlkapazitäten wird empfohlen, Kühlgeräte an andere Filialen mit geringer Kühlkapazität zu transferieren.

- ***Können Sie uns bitte Ihr Heizsystem und dessen Verantwortlichen beschreiben?***

Automatisch gesteuerte Fußbodenheizungen sind vorherrschend. Es gibt in der Regel Nachtabsenkungen und Sommer- / Winterbetrieb. Bei im Verbund befindlichen Filialen ist der Hausmeister der Gebäudeverwaltung für das Heizsystem verantwortlich.

Ähnlich wie bei dem Monitoring des Stromverbrauchs wäre eine Fernauslese des Heizenergieverbrauchs für eventuelle nachträgliche Wärmedämmungsmaßnahmen sinnvoll. Teilweise reicht die Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage für den Wärmebedarf nicht aus und es wird mit Gas nachgeheizt. Das Feedback aus dem dezentralen Bestellwesen über den Energieverbrauch wird empfohlen, da dieser - mit Ausnahme der Ölbestellung bei ölbeheizten Filialen - wenig transparent ist.

- ***Können Sie uns bitte Schulungsangebote und -ablauf beschreiben?***

Schulungsangebote sind vielfältig, betreffen aber keine energierelevanten Themenstellungen. Es ist generell ein sehr geringes Bewusstsein gegenüber Energie in den Filialen vorhanden.

Es wird empfohlen, Filialbetreuer auf energierelevante Themenstellungen und Herausforderungen einzuschulen und diese dann als Multiplikatoren zur Hebung des Energiebewusstseins in den Ihnen zugeordneten Supermärkten zu nutzen.

6.4 Weiterführende Diskussionen

Die qualitative Erhebung in 16 MPREIS-Filialen in Tirol brachte interessante Ergebnisse und daraus resultierende Ansatzpunkte. So konnte durch die Befragung von insgesamt 28 Personen (16 Filialleiter und 12 Mitarbeiter) ein **breites Spektrum an Betriebsbereichen bzw. Betriebsgepflogenheiten** näher betrachtet werden. Beginnend mit Fragen zu einem typischen Tagesablauf, zu den Kühlsystemen und deren Beschickung und Wartung bis hin zur näheren Betrachtung der Heizsysteme sowie spezifischen Produktentwicklungswünschen reichte die Befragungspalette.

Besonders interessant war die Struktur der befragten Personen: Die Filialleiter schienen zum Großteil besser informiert als die Mitarbeiter, was auf die intensive Filialleiter-Fokussierung bei den Schulungen zurückzuführen sein könnte. Von der korrekten Liftbenutzung, dem Gebrauch der Waagen in der Feinkost bis hin zur optimalen Handhabung der Kühlgeräte reicht die Bandbreite der Filialleiter-Schulungen bei Filial-Neueröffnungen. Die Mitarbeiter selbst werden je nach Einsatzgebiet intensiv geschult – besonders auffällig hierbei ist, dass jedoch (noch) **keine Schulungen bezüglich Energieeinsparung/Energieeffizienz** abgehalten werden. Die Mitarbeiter sehen das Thema Energie somit generell nicht als äußerst dringlich oder gar wichtig für den Tagesablauf in den Filialen.

Nicht unterschätzt werden sollte jedoch das persönliche Interesse aller Mitarbeiter, zum Thema Energieeinsparung/Energieeffizienz welches in Österreich durch die zurzeit vorherrschende Medienpräsenz durchaus stetig genährt wird.

Die **Ausstattung und Anzahl der Kühlmöbel**, (zum Großteil Carrier bzw. Linde Kältetechnik-Geräte) **variiert in den Filialen** abhängig von Platzangebot und Kühlmöbel-Ausführung. Die Anordnung der Geräte bzw. der Umfang an Kühlmöbel wird von der Zentrale ohne Einbezug der Filialleiter vorgegeben. Auf die hygienische Reinigung und verlässliche Handhabung wird sowohl von Seiten der Filialbetreuer als auch der Mitarbeiter hohen Wert gelegt. Die Tiefkühltruhen und -schränke sind zum Teil mit Deckeln und Schiebetüren ausgestattet um auch hier einen geringen Energieverbrauch erzielen zu können.



Abbildung 39: Beispiele für energieeffiziente Kühlmöbel in MPREIS-Filialen

Mit Hilfe sogenannter Beschickungsgrenzen an den Kühlgeräten soll es den Mitarbeitern leicht gemacht werden die optimale Produktmenge in jedes Kühlmöbel einschichten zu können. Produkte die über dieses Zeichen ragen werden jedoch nicht mehr optimal gekühlt; Eine optimale Zirkulation der Kälte Luft kann somit nicht 100%ig gewährleistet werden.



Abbildung 40: Beschickungsgrenzen an unterschiedlichen Kühlmöbeln

Sollte trotz der jährlichen Wartungen ein Störfall auftreten, können die Filialleiter bzw. Mitarbeiter einen sogenannten „Hotline-Eintrag“ (MPREIS-internes Kommunikationsmedium via Intranet) setzen, welcher die Zentrale alarmiert. Diese ruft umgehend einen Notdienst der das Problem schnellstmöglich behebt.

Bezüglich des Heizsystems weiß der Großteil der Filialleiter darüber Bescheid welches System in der Filiale installiert ist. In 100% der besichtigten Filialen sind diese Systeme vollautomatisch gesteuert, wodurch für die Betreuer keine Kontrollaufgaben entstehen. Lediglich in einem Fall war die Filialleiterin damit beauftragt selbst bei Bedarf Heizöl zu bestellen. Bei Filialen in Verbundgebäuden obliegt die Kontrolle der Heizungsanlagen meist den Hauswarten vor Ort.

Die Frage nach **Produktentwicklungswünschen** wurde in den meisten Fällen mit dem Anliegen **nach praktischer Kühlmöbelgestaltung** beantwortet. Die Höhe der Kühlmöbel und somit die Erreichbarkeit der Produkte in den obersten Regalplätzen stellt oft nicht nur für die Mitarbeiter, sondern auch für die Kunden ein Problem dar. Auch die praktische Beschickung und eine sichere Konstruktion der Möbel waren Anliegen der befragten Personen.

Die **Erstellung einer Energiebuchhaltung** ist bei MPREIS gerade in Vorbereitung. Das Ziel dieser Buchhaltung ist die Vergleichbarkeit der Filialen im Bezug auf verschiedenste Kennzahlen. Dabei werden Kennzahlen wie Gesamtenergieverbrauch (Strom + weitere Energie) und Energieverbrauch je m² herangezogen und berücksichtigt.

Bisher erfolgt die Temperaturüberwachung bei den Kühlmöbeln nicht digital. Die Daten die bei der Temperaturüberwachung erhoben werden, werden nicht weiter im Unternehmen verarbeitet. Sie werden nur zur Kontrolle der Produkte benutzt.

10 % der Gesamtbaukosten nehmen die Kühlgeräte einer Filiale ein. Zurzeit sind die Anschaffungskosten ausschlaggebend für ein Kühlmöbel, in Zukunft sollten jedoch mehr die Betriebskosten in Betracht gezogen werden.

6.5 Umsetzungs- und Verbreitungsstrategien

Diese Umsetzungs- und Verbreitungsstrategien wurden mit Hilfe aller drei Phasen der Interviews (Befragung der Produktentwicklung, Befragung des regionalen Management und Befragung der MPREIS Filialleiter und MPREIS Filialmitarbeiter) erarbeitet.

Tagesablauf

Entsprechend der Öffnungszeiten der Filialen kann der Energiebedarf eingeschränkt oder erweitert werden. Jede weitere Stunde in der die Filialen geöffnet sind, wird mehr Energie verbraucht. Deshalb könnte eine Revision der Öffnungszeiten entsprechend der Nachfragen, vor allem in den ländlichen Filialen, angedacht werden.

Bewusstseinsbildung

Die Mitarbeiter wünschen sich zum Teil mehr Information über das Thema Energie, die Produktentwickler würden gerne ein entsprechendes Angebot an Schulungen anbieten und das regionale Management würde gerne hierzu ein entsprechendes Angebot ermöglichen. Das Thema Bewusstseinsbildung nimmt einen Schwerpunkt in dieser Studie ein.

Eine Maßnahme hierzu kann ein entsprechender Schulungsplan zu diesem Schwerpunkt darstellen. Auch die Einbindung des Themas in die Lehrlingsausbildung und diese als Multiplikator zu benutzen ist anzudenken.

Schulungen – Funktionsweise der Kühlgeräte

Den Mitarbeitern sind die Funktionsweise der Kühlgeräte und damit die Funktion der Beschickungsrichtlinie und die Notwendigkeit des Freihaltens der Lüftungsschlitze nicht immer klar. Durch diese Versäumnisse werden die Leistung und der Energieverbrauch der Kühlgeräte beeinflusst, und unter Umständen kann die Qualität der Lebensmittel leiden.

Eine Schulung zum Thema „Funktionsweise der Kühlgeräte“ würde den Mitarbeitern die Richtlinien und deren Folgen näher bringen und damit könnte die Leistung der Geräte erhöht und der Energieverbrauch gesenkt werden.

Schulung – Abtauen der Geräte

Auch die Abtaufunktion der Kühlgeräte sollte den Mitarbeitern erklärt werden. Da auch Kunden zum Teil mit dieser Funktion konfrontiert werden, sollten die Mitarbeiter hier Ansprechpartner sein und selbst die Funktion kennen und erklären können.

Abdeckung auf den Kühlgeräten

Abdeckungen auf den Kühlgeräten werden von den Kunden problemlos angenommen. Es sollte daher angedacht werden auf allen Kühlgeräten solche Abdeckungen (Schiebetüren, Flügeltüren...) anzubringen.

Die Abdeckungen auf den Kühlgeräten reduzieren bzw. verhindern die Eisbildung an den Geräten und sorgen so für eine gepflegte Präsentation der Ware. Weiters helfen die Abdeckungen gegen Fremdware (Produkte, die Kunden wieder aus ihrem Einkaufswagen aussortieren und willkürlich im Geschäft ablegen – auch in die Kühlmöbel) in den Geräten.

Permanente Abdeckungen auf den Kühlgeräten minimieren auch den Energieverlust unter Tags und reduzieren somit auch den Primärenergieeinsatz zur Bereitstellung der Kälteenergie.

Kühlräume und Mitarbeiter für den Kühl- und Tiefkühlbereich

Um die Kühlkette so kurz wie möglich zu unterbrechen sollten die Tiefkühl- und Kühlprodukte so schnell wie möglich in die vorgesehenen Geräte eingelagert werden. Dazu sind in den Filialen ausreichend Kühlzellen, Kühlräume und auch Personal notwendig. Es wird eine gründliche Schulung des Personals hinsichtlich der Füllhöhen und Kühlgrenzen empfohlen.

Wartung der Geräte

Es sollte eine Abstimmung zwischen den Filialen und der Wartungsfirma stattfinden in der Datum und Uhrzeit der Wartung vereinbart werden. Auch sollten die Filialleiter darüber in Kenntnis gesetzt werden welche Arbeiten die Wartungsfirma ausführt.

Eine Abstimmung zwischen Wartungs- und Reinigungsarbeiten wäre damit ebenfalls möglich. Diese würde den Mitarbeitern in den Filialen ermöglichen eine Komplettreinigung mit einem Techniker der Wartungsfirma durchzuführen. Das Thema Wartung kann unter unterschiedlichen Gesichtspunkten betrachtet werden; in jedem Fall erhöht eine regelmäßige und fachgerechte Wartung die Lebensdauer der Geräte und reduziert auch den Energieverbrauch der Geräte.

Monitoringsystem

Um einen genauen Überblick über den Energieverbrauch der einzelnen Filialen zu erhalten ist ein Monitoringsystem notwendig. Dieses System sollte alle Energieverbräuche, differenziert nach Energieart (Wärme, Strom, Kälte) und eventuell auch nach Verbraucher (Licht, Heizung, Kältetechnik etc.) aufzeichnen und eventuell auch von jeder Filiale abgerufen werden können. Damit könnte ein detailliertes Benchmarking der Filialen durchgeführt werden. Das Thema Energie wird dadurch vom Thema der Zentrale zum Thema der Filiale umgewandelt. Im bestehenden Monitoringsystem sind bisher schon einige Angaben auch in den Filialen ersichtlich, jedoch wurden die Filialleiter nur darauf hingewiesen jedoch fand dazu noch keine Einschulung und Erklärung statt.

Flexiblere Ausstattung

Die Ausstattung der Filialen sollte in Absprache mit dem Filialleiter geplant werden. Die Filialleiter haben ein sehr großes Wissen und jahrelange Erfahrungen gesammelt und sind deshalb Experten in diesem Bereich. Weiters werden von den Filialen für eine einfachere Beschickung der Kühlmöbel so genannte „Rückenbeschicker“ gewünscht – das Problem hierbei sind aber die Arbeitsbedingungen der Mitarbeitern (Kühlraum).

Weiters wären erhöhte Lagerkapazitäten in den Abteilungen wünschenswert. Die Zentrale verfolgt jedoch das Prinzip des „Push – Systems“, was bedeutet dass die Filialen nur eine geringe Menge an Waren direkt vor Ort einlagern sollen und die Filialen bedarfsorientiert von der Zentrale beliefert werden.

Heizsystem

Ebenfalls sollte den Mitarbeitern das Heizsystem der Filiale näher gebracht werden. Eine Einbindung in das Monitoringsystem zur Durchführung eines Heizbedarfvergleichs wäre wünschenswert.

7 Finanzielle Aspekte

Die Thematik Spitzenlastmanagement rückt nicht nur auf Grund neuer Informationstechnologien immer mehr in den Fokus aktueller Forschungsbestrebungen. Auch die Tendenz zu längerfristig steigenden Strompreisen und die zunehmende Integration dezentraler Erzeugungsanlagen mit einem stochastischen Einspeiseprofil lassen erkennen, dass in Zukunft der Verbraucher verstärkt integriert werden muss, um hohe Investitionen in den Netzausbau, Pumpspeicher oder Ähnliches zu umgehen.

Da letztlich nicht die technische Machbarkeit, sondern der monetäre Nutzen über die Umsetzung entscheidet, gilt in diesem Kapitel zu klären, welcher Anreiz speziell für Supermärkte geschaffen werden kann, das Verbrauchsverhalten im Sinne des Projektziels zu beeinflussen.

Es ist auch zu berücksichtigen dass sich Lebensmittelketten auf neue Stromabrechnungssysteme vorbereiten müssen. Derzeit läuft bei fast allen Stromversorgungsunternehmen der Einbau von Lastprofilzählern oder „Smart Metering“-Zählern. Damit können variable Leistungsentgelte in Abhängigkeit der Gesamtnachfrage und der Netzauslastung erhoben werden. Auf diesem Weg kann der Energieversorger das Netz und die vorhandene Kraftwerkinfrastruktur besser ausnutzen. Investitionen für Spitzenlastausbau müssen nicht getätigt oder können zumindest zurückgestellt werden.

7.1 Analyse gültiger Tarifsysteme

Bislang ist die Thematik Demand Response für Energieversorger und Kunden eher Forschungs- als Praxisthema. Im Gegensatz dazu hat der Netzbetreiber ein sehr großes Interesse daran die Lastflüsse im Netz in einem gewissen Rahmen zu halten, da die Alternative Investitionen in den Netzausbau nach sich zieht.

In Österreich gelten derzeit auf Grund der Verbrauchscharakteristik vier Systemnutzungstarife pro Netzebene, wobei in Winter und Sommer, Hochlast und Niederlast unterschieden wird. Weiters schaffen diverse Netzbetreiber durch niedrigere Netztarife für abschaltbare Leistung einen Anreiz, Geräte mit zeitlichen Freiheitsgraden ans Stromnetz zu geben. Dieser Lastabwurf wird vom Netzbetreiber mittels Rundsteuersignal gesteuert.

Im Gegensatz dazu hat der Stromvertrieb kaum Interesse den Kunden zu einer ausgeglichenen Laststruktur zu bewegen. Dies liegt daran, dass die Einkaufskosten pro Kunde/Kundenpool inklusive der diversen Risikozuschläge an den Endkunden weiterverrechnet werden. Der Tarif für Stromkunden kommt also folgendermaßen zustande:

- Analyse des Lastgangs mit Hilfe mathematischer Verfahren. Hier wird der erwartete Lastgang und die Standardabweichung berechnet.
- Dieser Lastgang wird mit der Spotmarkt-Forward-Curve (Erwartung des Spotmarkts) bepreist. Die Standardabweichung fließt mit dem Ausgleichsenergieisiko in den Risikoaufschlag, ebenso wie das Risiko, dass sich der Preis während der Angebotsbindungsfrist ändert.

- Dieser prognostizierte Einkaufspreis wird um die Marge des Vertriebs erweitert und an den Endverbraucher weitergeleitet.
- Kommt es zu einem Vertragsabschluss werden je nach Beschaffungsstrategie Teilmengen über Derivate eingekauft bzw. für einen späteren Einkauf am Spotmarkt offengelassen. Man könnte den offen gelassenen Einkauf einen spekulativen Charakter zuordnen und der Einfachheit halber festlegen, dass die Beschaffungskosten für die Lastgangprognose zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses bekannt sind.
- Weicht die kurzfristige Prognose von der langfristigen Lastprognose ab, werden kurzfristig am Spotmarkt Mengen beschafft. Das Risiko, dass diese Kosten höher liegen, als die Beschaffungskosten zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses, ist im Verkaufspreis beinhaltet.
- Die Abweichung des tatsächlichen Lastgangs vom prognostizierten, ist über die Ausgleichsenergie zu decken. Auch hier tritt ein erhebliches Risiko auf, welches indirekt vom Kunden getragen wird.

Die Auflistung zeigt deutlich dass der Endkonsument alle Risiken trägt, jedoch indirekt. Daher ist das Hauptinteresse des Vertriebs auch nicht die Reduzierung des Risikos, sondern die Überwälzung auf den Endkunden. Auf der anderen Seite wird auch deutlich, dass der Endkonsument auf Grund des Komplettpreises keinen Anreiz hat Lasten zu verlagern und tendenziell nicht dazu beiträgt, dass sich das Risiko des Vertriebs reduziert - eher im Gegenteil. Insofern liegt auf der Hand, dass die Integration des Verbrauchers auf den diversen Ebenen Vorteile für beide Seiten bringen kann. Zudem kann der Verbraucher unter Umständen nicht nur seine eigenen Risiken übernehmen, sondern auch die von anderen Kunden ohne „Freiheitsgrade“, sprich Lastverlagerungspotenzial.

7.2 Tarifmodelle als Anreizsystem

Nach der Erläuterung der aktuellen Situation ergibt sich offensichtlich, dass der Endkunde Risiken zu tragen hat, welcher er bezahlt, bevor er Einfluss darauf nehmen kann. Es ergibt sich also, dass von drei verschiedenen Ansätzen Vorteile für die Strombezugskosten des Konsumenten zu erzielen sind.

1. In erster Linie ist dem Stromverbraucher bewusst zu machen, wie er Lasten mit zeitlichen Freiheitsgraden schalten sollte, indem ihm die Charakteristik des Beschaffungsmarktes erläutert wird. Diese Praktiken werden von Energieberatern bereits umgesetzt und sind bei Großverbrauchern wie Supermärkten eingeführt.
2. In weiterer Folge sind mögliche Investitionen in verlagerbare Lasten zu identifizieren. Im vorliegenden Projekt liegt der Fokus vor allem auf Kältespeicher.
3. Bei der kurzfristigen Disposition zeigt sich, dass durch eine standardisierte Kommunikationsstruktur nicht nur die Grundcharakteristik des Spotmarktes ausgenutzt werden kann, sondern die verlagerbaren Lasten an die Extrema ausgerichtet werden. Hierbei

gilt die Prämisse, dass das zusätzliche Erlöspotenzial zur Referenz „Optimierung der Grundcharakteristik“ die Transaktionskosten rechtfertigt.

4. Eine im vorliegenden Projekt nur theoretische Möglichkeit die Beschaffungskosten weiter zu reduzieren, liegt im Lastabwurf bei extremen Spotpreisen. Dabei wäre vorab eine „Merit-Order-List des Verbrauchs“ zu erstellen, die definiert, ab welchen Preisen gewisse Lasten vom Netz genommen werden. Diese Disposition könnte gegebenenfalls zusätzlich zur Disposition der Speicherlast täglich „day ahead“ erfolgen. Hier werden vor allem die Extrema am Beschaffungsmarkt abgefangen. Es ist angedacht, z.B. die Rahmenheizung der Kühlregale kurzfristig abzuschalten. Ansonsten gilt zu sagen, dass der Grenznutzen in Lebensmittelketten generell schwerer zu definieren ist, als im produzierenden Gewerbe. Somit wurde diese Möglichkeit nicht in Betracht gezogen.
5. Die letzte Möglichkeit zur Integration des Verbrauchers ins Beschaffungsrisiko stellt die Bereitstellung bzw. der Bezug von Ausgleichsenergie dar. Hat der Kunde Möglichkeiten sehr kurzfristig Lasten anzupassen, können Großkunden herangezogen werden, den Energiedienstleister zu unterstützen, Erlöse am Ausgleichsenergiemarkt zu erzielen bzw. hohe Ausgleichsenergiekosten zu vermeiden. Hier liegen ebenso sehr hohe Potenziale, wenn der Kunde kurzfristig auf das Delta⁵ der Regelzone reagieren kann. Der Kern dieser Tarifgestaltung liegt in der kurzfristigen Prognose der Ausgleichsenergiepreise, welche erst am 8. Werktag nach Monatsende für jede Abrechnungsperiode des vergangenen Monats bekannt gegeben werden und der technischen Anbindung der Lasten. In diesem Szenario sind sehr viele Varianten der Einbindung gespeicherter Kälteenergie denkbar. Als Beispiel sei folgende Situation gegeben: Der Wind weht großflächig und die Turbinen fahren mit Volllast. Hierdurch ist das Netz überlastet und der Ausgleichsenergieclearingpreis ist negativ. Das heißt jede kWh, die zuviel im Netz eingespeist wird, wird bestraft. Nun wäre aus Sicht des Vertriebs, dessen Bilanzgruppe überdeckt ist, sinnvoll den Verbrauch z.B. zum Laden der Kältespeicher zu erhöhen. Da er sich Geld dadurch spart, wären sogar Energiekosten von 0 für die Supermärkte denkbar.

Dieses Projekt hat den Fokus vor allem auf die ersten drei Punkte gesetzt. So sind diverse Effizienzmaßnahmen vorgesehen, welche durch Investitionen in Kältespeicher sowohl Einfluss auf die Charakteristik des Basislastgangs als auch auf die Strommengen nehmen werden. Das Return-On-Investment dieser Investitionen ergibt sich aus den Resultaten nachfolgenden Kapitels.

7.3 Finanzielle Auswirkungen

Bewertungen, welche Erlöspotenziale sich durch den Einsatz von Kältespeichern in Lebensmittelketten realisieren lassen, erfolgen nach dem Prinzip der Opportunitätskosten. Insofern kann vernachlässigt werden, welche Beschaffungsstrategie ursprünglich gewählt war: das

⁵ Abweichung zwischen Aufbringung und Verbrauch

Erlöspotenzial wird am Spotmarkt bestimmt. Unabhängig davon ob die Beschaffungspreise des Kunden mit Derivaten abgedeckt ist, oder ob die Strommengen (bzw. Teilmengen) erst am Spotmarkt beschafft werden müssten. Eine mögliche Lastreduktion bedeutet sowohl bei einer „long“-Position, als auch bei einer „short“-Position, dass das Erlöspotenzial („long“) bzw. nicht eintreffende Spotbeschaffungskosten („short“) gleich zu bewerten sind: Der Spotpreis wird mit der Lastreduktion multipliziert. Da es sich hierbei um eine verlagerte Last handelt, gilt dies natürlich genauso umgekehrt, wenn der Speicher geladen wird. Kann der Verbrauch beispielsweise bei einem Spotpreis von 150 €/MWh um 1 MWh reduziert werden, spart sich der Vertrieber den Einkauf dieser Megawattstunde um 150 €, der Verbrauch/Teilverbrauch nicht gedeckt ist („short“). Sind diese Mengen bereits eingekauft, führt die Verbrauchsreduktion zu einer „long“-Position und die Überkapazitäten werden am Spotmarkt zu 150 €/MWh verkauft. In beiden Fällen ist das Potenzial durch die 150 € gegeben, unabhängig davon, ob Strom nicht gekauft werden musste, oder Strom verkauft werden konnte.

Nachdem die technischen Aspekte des Kältespeichers bereits im Kapitel 4.2 ausgeführt sind, werden nachfolgend die wesentlichen Parameter für eine wirtschaftliche Einbindung in mögliche Szenarien aufgelistet:

- Tägliches Laden und Entladen des Kältespeichers
- Ladedauer des Speichers: 5 Stunden / Entladedauer: ca. 4 Stunden
- Wirkungsgrad des Kältespeichers: ~ 89,7%

Szenario 1 – Betriebsstrategie „Spotmarkt“

Der Einsatz des Kältespeichers wird anhand der Grundcharakteristik des Spotmarkts verifiziert. Auf Basis historischer Daten wird hierzu der Betrieb des Speichers untersucht. Aus der Analyse der Spotmarktpreise der Jahre 2004 bis 2008 an der Leipziger Strombörse (EEX) reüssiert die potentielle Betriebsstrategie. Tabelle 11 veranschaulicht diese Grundcharakteristik, indem sie die Mittelwerte der Stundenpreise auf den durchschnittlichen Preis bezieht - diese Berechnung zeigt also die durchschnittlichen Verhältnisse der Stundenpreise auf. Im Januar könnte der Kältespeicher von 02:00-07:00 Uhr geladen werden und von 11:00-12:00 und von 17:00-20:00 Uhr entladen.

| Stunde / Monat | | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 00:00 | 01:00 | 70% | 76% | 74% | 76% | 67% | 73% | 76% | 69% | 78% | 79% | 77% | 77% |
| 01:00 | 02:00 | 62% | 71% | 66% | 65% | 55% | 60% | 65% | 60% | 69% | 69% | 67% | 66% |
| 02:00 | 03:00 | 57% | 67% | 61% | 57% | 48% | 51% | 57% | 53% | 63% | 61% | 61% | 60% |
| 03:00 | 04:00 | 52% | 63% | 59% | 53% | 43% | 45% | 50% | 46% | 56% | 57% | 57% | 54% |
| 04:00 | 05:00 | 52% | 62% | 61% | 55% | 44% | 46% | 48% | 48% | 57% | 59% | 57% | 52% |
| 05:00 | 06:00 | 59% | 70% | 69% | 64% | 53% | 55% | 59% | 61% | 71% | 73% | 70% | 62% |
| 06:00 | 07:00 | 62% | 76% | 76% | 72% | 62% | 68% | 71% | 69% | 89% | 94% | 85% | 66% |
| 07:00 | 08:00 | 96% | 106% | 101% | 92% | 83% | 96% | 96% | 90% | 116% | 132% | 133% | 109% |
| 08:00 | 09:00 | 106% | 113% | 114% | 105% | 97% | 113% | 112% | 101% | 127% | 140% | 146% | 119% |
| 09:00 | 10:00 | 112% | 119% | 119% | 114% | 105% | 126% | 136% | 109% | 132% | 147% | 150% | 127% |
| 10:00 | 11:00 | 117% | 122% | 123% | 121% | 114% | 143% | 155% | 116% | 138% | 151% | 155% | 132% |
| 11:00 | 12:00 | 119% | 126% | 127% | 133% | 134% | 177% | 208% | 129% | 154% | 160% | 162% | 137% |
| 12:00 | 13:00 | 113% | 119% | 117% | 120% | 117% | 140% | 157% | 117% | 136% | 145% | 149% | 133% |
| 13:00 | 14:00 | 108% | 114% | 113% | 110% | 108% | 134% | 145% | 111% | 131% | 138% | 147% | 130% |
| 14:00 | 15:00 | 102% | 107% | 104% | 102% | 100% | 125% | 138% | 106% | 125% | 132% | 141% | 121% |
| 15:00 | 16:00 | 97% | 99% | 96% | 94% | 94% | 113% | 129% | 101% | 119% | 124% | 133% | 117% |
| 16:00 | 17:00 | 102% | 96% | 90% | 87% | 86% | 103% | 117% | 97% | 113% | 118% | 148% | 134% |
| 17:00 | 18:00 | 129% | 109% | 93% | 85% | 84% | 101% | 106% | 96% | 113% | 127% | 226% | 179% |
| 18:00 | 19:00 | 144% | 136% | 121% | 88% | 85% | 99% | 105% | 97% | 116% | 149% | 252% | 171% |
| 19:00 | 20:00 | 117% | 122% | 131% | 89% | 83% | 93% | 99% | 93% | 124% | 163% | 161% | 141% |
| 20:00 | 21:00 | 102% | 109% | 113% | 99% | 85% | 91% | 99% | 98% | 130% | 139% | 128% | 119% |
| 21:00 | 22:00 | 87% | 93% | 95% | 97% | 87% | 88% | 96% | 97% | 111% | 113% | 104% | 99% |
| 22:00 | 23:00 | 87% | 92% | 93% | 91% | 85% | 92% | 99% | 90% | 98% | 100% | 100% | 99% |
| 23:00 | 00:00 | 71% | 77% | 77% | 77% | 71% | 77% | 84% | 76% | 82% | 83% | 82% | 79% |
| Ø LQ | 59% | 56% | 70% | 63% | 59% | 49% | 51% | 56% | 53% | 63% | 64% | 62% | 59% |
| Ø EQ | 142% | 127% | 126% | 125% | 122% | 118% | 149% | 166% | 118% | 140% | 156% | 200% | 157% |

Tabelle 11: Charakteristik der Spotmarktpreise 2004-2008 (EEX) – Verhältnis des Stundenpreises zum Jahresmittel

Die Ladequote (LQ) errechnet sich aus dem arithmetischen Mittel der jeweils fünf günstigsten Spotpreise im Verhältnis zum durchschnittlichen Spotpreis (Base), die Entladequote (EQ) errechnet sich aus dem arithmetischen Mittel der jeweils vier teuersten Spotpreise im Verhältnis zum durchschnittlichen Spotpreis. Diese Verhältnisse fließen in die nachfolgende Formel für das relative Erlöspotenzial:

$$EQ - LQ/\text{Wirkungsgrad} = \text{Ersparnis im Verhältnis zu Base}$$

Während die verlagerte Last durchschnittlich zu 142% des Grundlastpreises eingekauft werden kann, wird Sie nun zu 59% des Base-Preises beschafft, eine Reduktion um 83%. Das

bedeutet dass bei einem Wirkungsgrad von 89,7% die Beschaffungskosten der verlagerten Last um 76,5% reduziert werden, die Beschaffungskosten also nur 23,5% betragen.

| | | |
|----------------|------------|------------------------------------|
| Ø Spotpreis | 60,0 €/MWh | Ø Spot |
| Ø Ladepreis | 39,3 €/MWh | Kosten(L)=Ø Spot*LQ/Wirkungsgrad |
| Ø Entladepreis | 85,2 €/MWh | Entladepreis=Ø Spot*EQ |
| Erlös | 45,9 €/MWh | Erlös=Ø Entladepreis - Ø Ladepreis |

Tabelle 12: Erlösbeispiel – Speicherbewirtschaftung an der Grundcharakteristik des Spotpreises

Bei einem durchschnittlichen Basepreis von 60,0 €/MWh könnte also Strom um 39,3 €/MWh beschafft werden, anstatt um 85,2 €/MWh. Der Erlös beträgt somit 45,9 €/MWh.

Szenario 2 – Betriebsstrategie „Day-ahead“

In Szenario 2 wird der Frage nachgegangen, ob eine tägliche Anpassung der Betriebsstrategie „Day-ahead“ nicht ein höheres Erlöspotenzial in sich bergen könnte. Die hierfür aufzuwendenden Transaktionskosten entsprechen denjenigen eines Pumpspeicherkraftwerk. Hierbei sei davon ausgegangen, vor Spotmarktschluss zwar nicht die exakten Preise zu kennen, jedoch „Day-ahead“ die 5 billigsten und die 4 teuersten Stunden zu kennen. Dies entspricht bis auf Ausnahmefälle der Praxis im internationalen Stromhandel.

| | Verhältnis zu ØSpot |
|---------------------|---------------------|
| Ø Ladevorgang LQ | 55% |
| Ø Entladevorgang EQ | 146% |

Tabelle 13: Erlösbeispiel – Speicherbewirtschaftung „Day-ahead“

Diese Auswertung verdeutlicht, dass sowohl die Beschaffungskosten um 4% des Basepreises reduziert werden können, sowie der exakte Zeitpunkt der Leistungsreduktion weitere 4% des Basepreises die „Erlösspanne“ erweitert.

| | | |
|----------------|------------|------------------------------------|
| Ø Spotpreis | 60,0 €/MWh | Ø Spot |
| Ø Ladepreis | 36,8 €/MWh | Kosten(L)=Ø Spot*LQ/Wirkungsgrad |
| Ø Entladepreis | 87,5 €/MWh | Entladepreis=Ø Spot*EQ |
| Erlös | 50,7 €/MWh | Erlös=Ø Entladepreis - Ø Ladepreis |

Tabelle 14: Erlösbeispiel – Optimierte Speicherbewirtschaftung „Day-ahead“

Somit zeigt sich, dass in diesem Beispiel zusätzlich 50,7 €/MWh „Erlös“ realisiert wird, wenn Day-ahead optimiert wird.

Die Ersparnis im Verhältnis zu Base beträgt also 84,6%, also 8,1% höher als in Szenario 1. Hierbei stellt sich die Frage der kritischen Größe um Day-Ahead zu optimieren. Bei einem

Basepreis von 60 €/MWh und bei Personalkosten von 15 € (30 min Arbeitszeit) pro Tag, müssten täglich etwa 3 MWh verlagert werden, um den Aufwand zu rechtfertigen.

7.4 Umsetzungsstrategien

Bislang wurden die Berechnungen so angestellt, als ob die Interessen der Markakteure gleich sind. In Wirklichkeit sind die Erlöspotenziale zwischen Stromversorger und Stromkunde so zu teilen, dass beide Beteiligten einen Anreiz dazu haben. Da Szenario 1 seitens des Stromlieferanten keinen großen Aufwand darstellt, wäre eine Vergütung von 90% des Erlöses eine denkbare Größenordnung. Bei dem zweiten Szenario sind hingegen zusätzlich Personalkosten zu decken, welche basierend auf Erfahrungen der Vergangenheit pauschal abgerechnet werden.

Die Geschäftsführung des Lebensmittelhandels ist nun gefragt, einen geeigneten Zeitraum zu wählen, welcher die Investitionen versus Erlöse gemäß den Szenarien 1 und 2 rechtfertigt.

8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Gemäß RegioData Research⁶ umfasst der österreichische Lebensmittelhandel ca. 5.400 Supermärkte, welche ähnliche energetische Profile wie die untersuchten MPREIS – Märkte aufweisen. Diese Supermärkte nutzen eine Vielzahl von Energieverbrauchern. Der Fokus des vorliegenden Berichts richtet sich auf die Energieeinsparung und Lastgangverlagerung des dominierenden Stromverbrauchs der eingesetzten Kühlgeräte und -zellen. Der prozentuelle Anteil in den untersuchten Supermärkten macht standortabhängig zwischen 35% - 40% des Endenergieverbrauchs bzw. 55% - 60% der Energiekosten aus.

Auf Basis der im gegenständlichen Projekt erzielten Ergebnisse kann das folgende technisch-organisatorische Gesamtkonzept als vielversprechendes Modell für die Lastverschiebung in Supermärkten dargestellt werden:

- Als ersten Schritt muss geprüft werden ob Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden sind:
 - Technische Maßnahmen, z.B. die Abdeckung von Kühlmöbeln zur Reduktion von Umgebungsverlusten oder der Austausch von veralteter Kältetechnik, etc.
 - Organisatorische Verbesserungen, z.B. die Bestückung der Kühlmöbel, Lieferintervalle, Schulung von Mitarbeitern. etc.
- Vom verbleibenden Gesamtstrombedarf eines Supermarktes kann der Bedarf zur Erzeugung der Pluskälte als Variable herangezogen werden, in die relativ leicht eingegriffen werden kann und somit das höchste Potenzial für eine kosteneffiziente technische Lösung zeigt.
- Um hier nennenswerte Effekte zu erzielen muss der Einsatz eines Kältespeichers in das Konzept integriert werden.
- Als Lastverschiebungsmodell bieten sich unterschiedliche Varianten an, die je nach Einsatzfall auf den optimalen Einsatz hin untersucht werden müssen. Solche Möglichkeiten sind:
 - Lastverschiebung erfolgt entweder statisch über ein definiertes Zeitfenster oder dynamisch nach Netzanforderung (der Unterschied liegt in der Komplexität der Steuereinheit und der Möglichkeit einen Frequenzumrichter zu installieren bzw. nachzurüsten)

⁶ www.regiodata.eu

- Integration einer Lastbegrenzung zur Senkung der Bezugsleistung, was in Einzelfällen einen zusätzlichen finanziellen Benefit für den Supermarktbetreiber bringen kann.

Die nachfolgend dargestellte Zusammenfassung potentieller organisatorischer und technischer Maßnahmen bezieht sich auf eine möglichst einfache Intervention in den laufenden Betrieb. Dabei werden die Maßnahmen nach den dadurch erzielbaren Effekten bewertet und näher definiert:

| Maßnahme | Erzielbare Effekte |
|--|--|
| Energieeffizienz bei den Kühlgeräten & -zellen durch den Marktbetreiber: <ul style="list-style-type: none"> • Sonnenschutzeinrichtungen • Gute Standortwahl & regelmäßige Reinigung der Axialkondensatoren • Vermeidung von Zugluft • Sachgemäße Beschickung • Verwendung von Abdeckungen bei Kühltruhen • Regelmäßige Wartung und Reinigung Summe (inkl. Schulung des Marktpersonals) | Erzielbare Effekte bewertet nach Schulnoten / Einsparpotenziale bzw. Spezifika <ul style="list-style-type: none"> • 2 / Standort- und architekturabhängige Lösung • 1 / Abweichung von der normierten Optimaltemperatur (Delta °C -> - 1%) • 1 / Unterbrechung bzw. Änderung der Luftschleier • 2 / Schulung der Filialleiter & regelmäßiges Monitoring • 2 / Unternehmensbeschluss & Bestellung durch Filialleiter • 3 / Unternehmensbeschluss, Einbeziehung & Kontrolle durch Filialleiter 2 / zw. 3-10% Einsparpotenziale sind möglich |

Tabelle 15: Energieeffizienzmaßnahmen & erzielbare Effekte bei Supermärkten

Weiters werden technische Maßnahmen an den Kühlgeräten und – anlagen diskutiert, die über die übliche Lernkurve von Neuentwicklungen hinausgehend, eine Symbiose aus Energieeinsparung und -speicherung ermöglicht. Intention ist es, eine Vergleichmäßigung der Verbrauchscharakteristik via Lastmanagement und Energiespeicher zu erreichen. Dieses ist wiederum die Basis für gepoolte Stromliefermodelle, welche in Kapitel 7 detailliert beschrieben sind.

| Maßnahme | Erzielbare Effekte |
|--|--|
| <p>Symbiose aus Energieeinsparung und -speicherung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einbindung von Latent - Kältespeicher • Gestaffelte Lade- & Entladezyklen • Lastabwurf der Kühlmöbel-Rahmenheizungen • Permanente Nutzung der Kältemittel-Flüssigkeitsunterkühlung • Nutzung von Photovoltaik für die Versorgung der Axialkondensatorlüftermotoren • Nutzung von Monitoringinstrumenten (Fernmonitoring, Smart Metering etc.) | <p>Erzielbare Effekte bewertet nach Schulnoten / Einspar- bzw. Lastverschiebpotenziale</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 / Standortabhängige Erweiterungslösungen existierender & neuer Kompressoranlagen • 1 / Lastverschiebungspotentiale abhängig von Szenariowahl und Speichermöglichkeit • 2 / Reduktion der Spitzenlast (ca. 5 kW/Kühlmodul) • 3 / Verbesserung der Auslastung, Nutzung für Speicherladung • 2 / Eigenversorgung mit Spitzenstrom v.a. zur Mittagsspitze • 2 / Erfassung der Energieflüsse, Steuerung der Spitzenlastverschiebung |
| <p>Summe (inkl. Schulung des Marktpersonals)</p> | <p>2 / zw. 1 - 5 % Einsparpotenziale & bis zu 20 % Lastverschiebpotenziale sind möglich</p> |

Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung eines potentiellen Lastverschiebungssystems

Der heute erreichte Liberalisierungsgrad in Europa führt zunehmend zu einem marktwirtschaftlich orientierten Strommarkt. Die im Bericht diskutierten neuen Tarifmodelle bilden den Anreiz zur Umsetzung von Lastverschiebungs- und Energieeffizienzmodellen mit entsprechenden Kosteneinsparungen in Lebensmittelketten. Die durch Anreize verbesserte Synchronisierung von Angebot und Nachfrage verringert die Stromkauftrisiken des Lieferanten und führt zu einer engeren Lieferanten - Kundenbeziehung. Dem Kunden werden durch eine angepasste Liefergestaltung Anreize zum Wechsel wie auch zum Verbleiben beim Stromlieferanten gegeben.

8.2 Detailangaben zu den Zielen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“

8.2.1 Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie

Im Sinne des Gesamtzieles der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“, Innovationen anzustoßen und diese in systemfähigen Modellprojekten und Demonstrationsregionen darzustellen, trägt das Projekt „Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten“ zur Erreichung dieses Zieles wie folgt bei:

- Das Thema Energie und Energieeffizienz hat bis dato nur einen geringen Stellenwert in der Betrachtung von Supermärkten eingenommen. Mit der Steigung der Energiekosten einerseits und durch die durchgeführten intensiven Gespräche mit den Supermarktbetreibern und –angestellten konnte eine signifikante Erhöhung des Energiebewusstseins bei MPREIS erzielt werden. Durch die Publikation der Ergebnisse und die Maßnahmen, die MPREIS für weitere Betriebsstrategien aus diesem Projekt ableiten und auch entsprechend vermarkten wird, wird ein Verbreitungseffekt in der gesamten Lebensmittelbranche erfolgen.
- Die Realisierung eines Demonstrationsprojekts zur „Spitzenlastverschiebung in Supermärkten“ wird zurzeit in der Unternehmensleitung von MPREIS diskutiert. Geplant ist es, dieses Konzept in die Machbarkeitsanalyse des nächsten neuen Standorts unter den dort herrschenden Rahmenbedingungen einzubinden. Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt werden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Kältespeichers in einem Neubau durch die geringer zu dimensionierende Kälteerzeugungsanlage und der damit verbundenen reduzierten Anschlussleistungen gegenüber einem konventionellen Kältesystem verglichen.
- Die im vorliegenden Projekt aufgezeigten technischen Lösungen wie Kältespeicher, Steuerungen, Frequenzumrichter, etc. erlauben eine weitflächige Umsetzung eines Spitzenlastverschiebungsmodells bereits zum jetzigen Zeitpunkt. Energiepolitische Maßnahmen wie z.B. der flächendeckende Einsatz von Smart Metering bis 2015 werden zu einer Reformierung der Stromhandels und dem vermehrten Einsatz von Real-Time-Pricing-Modellen führen. Die Symbiose aus dem Einsatz innovativer Technologien und kundenspezifischer Tarifmodelle macht das Modell „Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten“ gleichermaßen für Energieversorger und den Lebensmittelhandel attraktiv.

Das Projekt „Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten“ trägt mit seinen Umsetzungspotentialen von österreichweit 5400 Supermarktfilialen und der erfolgreichen Forschungskooperation zwischen innovativen KMU, Fachhochschule und relevante Industriepartner signifikant zur Verbesserung der Gesamteffizienz des elektrischen Energiesystems bei. Damit leistet es einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Gesamtzieles der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“.

8.2.2 Beitrag zu den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung

Den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung wurde durch dieses Projekt wie folgt Rechnung getragen:

- Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung: Gerade in Supermärkten ist Energie zwar eine wesentliche, aber in der Priorität stark untergeordnete Dienstleistung zur Erfüllung der Unternehmensziele. Durch dieses Projekt bekommt die wirtschaftliche Verfügbarkeit von elektrischer Energie die ihr zukommende Aufmerksamkeit durch die Unternehmensleitung des Lebensmittelhandels.
- Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen: Die wirtschaftliche Nutzung von Erneuerbaren Energieressourcen (z.B. PV-Verkleidung der Axiallüfterkondensatoren und Solarstrom betriebene Kompressoren) wird von den Projektpartnern ATB-Becker und Carrier Kältetechnik weiter verfolgt.
- Effizienzprinzip: Dem Einsatz eines Spitzenlastverschiebungsmodells im Sinne dieses Projektes gehen Überlegungen zur Erhöhung der Energieeffizienz als erster Schritt voraus, um den Gesamtnutzen des Projektes zu erhöhen und somit Investitions- und Betriebskosten einerseits und den Energiebedarf und den damit verbundenen CO₂-Ausstoß andererseits zu reduzieren. Durch die Effizienzsteigerung bzw. kaskadische Nutzung der unterschiedlichen Kältestufen der Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten wird diesem Punkt bereits jetzt Rechnung getragen. Bei Supermärkten, die mit einem Kältespeicher nachgerüstet werden, wird empfohlen die Dimensionierung der Speichersysteme auf die bereits vorhandenen Kälteerzeugungsressourcen während der Nachtstunden auszulegen, um die Installation und den Betrieb zusätzlicher Kälteaggregate zu vermeiden.
- Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit: Bei der Weiterentwicklung von kältetechnischen Anlagen und Produkten wird in jedem Fall auf eine Verwendung von umweltfreundlichen Produkten mit geringem Schädigungspotential und hohem Wiederverwertungsgrad geachtet.
- Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit: Da jeder Supermarkt über energetische und standortspezifische Charakteristika verfügt, werden die Ergebnisse der Untersuchungen und Schlussfolgerungen auf einen typischen „Referenzsupermarkt“ bezogen. Damit haben die Projektergebnisse einerseits die gewünschte Allgemeingültigkeit für die österreichweit 5400 Replikationsstandorte, aber auch die notwendige Flexibilität um an jedem Standort ein optimal eingepasstes System verwirklichen zu können.
- Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge: Dem Prinzip der Fehlertoleranz wird insofern entsprochen, als das Modell „Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten“ eine intelligente Steuerung und Störungsmeldung voraussetzt und ein möglicher Ausfall von Kühlgeräten wie auch dessen Ursache rasch detektiert und behoben werden kann.

- Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität: Die Reduktion von Energiekosten ist ein wesentlicher Beitrag zur Standortsicherung eines Gewerbebetriebes. Durch die Einbindung der Energiemaßnahmen in die Marketingstrategie von MPREIS kann das Image als „regionaler Nahversorger mit nachhaltiger Verantwortung“ weiter gestärkt werden.

8.2.3

8.2.4 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse

Bereits bei der Auswahl der Projektpartner wurde darauf geachtet, dass Vertreter der wesentlichen Zielgruppen aktiv in das Projekt eingebunden und deren Bedürfnisse und Interessen von Beginn an berücksichtigt werden:

- Die MPREIS Warenvertriebs GmbH als Vertreter der Zielgruppe „Supermärkte“ trägt mit ihren Informationen zu Energieverbrauch und der Bereitschaft zu umfangreichen Interviews von Unternehmensleitung, Filialeitung und Supermarktmitarbeitern wesentlich zum Gelingen des Projektes bei. Die Unternehmensphilosophie setzt auf Innovation und wirtschaftlich sinnvolle Investition.
- Die Carrier Kältetechnik Austria GesmbH bringt ihre langjährigen Erfahrungen im Bereich der Kältetechnik und die Interessen eines Anlagenherstellers an energieeffizienten Anlagen ein. Die Firma ist an einer Ausweitung des Servicegeschäfts – wie es das vorliegende Projekt vorsieht - wegen der zu erwartenden besseren Kundenbindung interessiert.
- Mit der Einbindung der oekostrom Vertriebs GmbH werden wesentliche Aspekte des Stromhandels in das Projekt integriert. Dieser Partner liefert wertvolle Informationen über Potentiale im Stromhandel und für „win-win“ ausgelegte Tarifmodelle mit dem Lebensmittelhandel.

Durch die aktive Mitarbeit dieser Zielgruppenvertreter konnte ein abgestimmtes und für alle Beteiligten akzeptables System zur Spitzenlastverschiebung modelliert werden, dessen breiter Einsatz bei entsprechenden Rahmenbedingungen einen wesentlichen Beitrag zur Harmonisierung von Lastgängen und der Bereitstellung von Ausgleichsenergie stellen wird können.

8.3 Schlussfolgerung und Ausblick

8.3.1 Schlussfolgerung

Die Untersuchungen im Projekt „Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten“ haben ergeben dass durch technische und organisatorische Maßnahmen Stromeinsparungen in der Höhe von 3 – 10% möglich und Lastverschiebungspotentiale in der Höhe von bis zu 20% im Lebensmittelhandel vorhanden sind.

Organisatorische Maßnahmen sind meist ohne hohen Kapitaleinsatz und auch bei bestehenden Supermärkten realisierbar. Technische Maßnahmen sind bei bestehenden Märkten mit einer Amortisationszeit von 3 - 5 Jahren dann umsetzbar, wenn sie nicht durch den Platzbedarf für Kältespeicher, durch die Performance kältetechnischer Altanlagen etc. gehindert werden. Bei einer Neuplanung eines Supermarktes liefern die vorgeschlagenen Maßnahmen wesentliche Beiträge zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz bei einer Amortisationszeit von ca. 3 Jahren. Supermärkte werden hierdurch aktive Bestandteile eines zukünftigen „Smart Grid Szenario“.

Das Projektteam plant folgende weitere Tätigkeiten auf Basis des gegenständlichen Projektes:

- Einbindung des Lastverschiebungs-Konzeptes in die Machbarkeitsanalyse des nächsten neuen Standorts einer MPREIS-Filiale unter den dort herrschenden Rahmenbedingungen,
- Entwicklung einer Photovoltaik-Verkleidung für Axiallüfterkondensatoren (v.a. strömungstechnische Aspekte bedürfen einer vertiefenden Untersuchung) sowie
- Vorstellung der Projektergebnisse sowie aktive Teilnahme an Diskussionen mit Stromversorgern zur Neugestaltung von Stromtarifen unter dem Aspekt von „Smart Grid“ und „Smart Metering“

Die hier durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse lassen sich natürlich vor allem auf andere Lebensmittelmärkte, aber auch generell auf Objekte mit einem Bedarf an so genannter „Pluskälteenergie“⁷ übertragen. Im Besonderen seien an dieser Stelle Gebäude mit Klimatisierungsbedarf genannt, z.B. Bürogebäude, Hotels oder Krankenhäuser. Aber auch in Gewerbe und Industrie wird häufig Prozesskälte benötigt, bei deren Erzeugung die Erkenntnisse dieses Projektes eine Verbesserung der Effizienz und eine Harmonisierung des Lastganges bringen können.

Eine Übertragung auf Objekte mit Tiefkühlbedarf ist nur bedingt möglich, da die Speichertechnologie für Tiefkälte noch wesentlichen Entwicklungsbedarf in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht aufweist.

⁷ Kälteenergie über 0° Celsius

8.3.2 Potenzial für ein Demonstrationsprojekt

In Hinblick auf die zukünftigen Real-Time-Pricing-Modelle soll in einem Demonstrationsprojekt gezeigt werden wie sich Supermärkte auf die neuen Stromverrechnungsmodelle vorbereiten können.

Die Realisierung eines Demonstrationsprojekts zur „Spitzenlastverschiebung in Supermärkten“ wird zurzeit in der Unternehmensleitung von MPREIS diskutiert. Geplant ist es, dieses Konzept in die Machbarkeitsanalyse des nächsten neuen Standorts unter den dort herrschenden Rahmenbedingungen einzubinden. Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt werden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Kältespeichers in einem Neubau durch die geringer zu dimensionierende Kälteerzeugungsanlage und der damit verbundenen reduzierten Anschlussleistungen gegenüber einem konventionellen Kältesystem verglichen.

8.3.3 Potenziale für eine großflächige Umsetzung

Das durchschnittliche Potential für eine Lastverschiebung liegt bei ca. 100 bis 150 kWhel pro Tag, bei 300 Ladenöffnungstagen pro Jahr ergibt das ein Lastverschiebungspotential von 30 – 45 MWh/a.

Der österreichische Lebensmittelhandel umfasst ca. 5.400 Supermärkte, welche ähnliche energetische Profile wie die untersuchten MPREIS – Märkte aufweisen. Entscheiden sich 10 % dieser Märkte für die Umsetzung von Lastverschiebungskonzepten, so können damit jährlich rund 20.000 MWh an Spitzenlaststrom hin zu Schwachlastzeiten verschoben werden. Wird dieses Konzept noch auf Gebäude mit Klimatisierungsbedarf übertragen, so kann ein Mehrfaches dieses Potentials genutzt werden.

8.3.4 Empfehlungen für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeit

Obwohl der Strommarkt in einigen europäischen Ländern vollständig geöffnet wurde, wird in der Regel der direkte Kundenmarkt oligopol von einer kleinen Anzahl großer Unternehmen dominiert. Diese vermarkten primär ihre längst abgeschriebenen konventionellen Großtechnologien und das klassische Portfoliomanagement. Das vorliegende Projekt ermöglicht die Marktpositionierung innovativer Stromlieferanten wie die oekostrom AG im Lebensmittelsegment. Die Nutzung des in Kapitel 8.3.3 dargestellten Marktpotentials ist von einer erfolgreichen Realisierung von Demonstrationsprojekten abhängig. Entsprechende Sondierungen fanden innerhalb des Projektzeitraums statt und werden unmittelbar nach der Projektberichtslegung den Unternehmensleitungen zur Beschlussfassung vorgelegt.

In allen Überlegungen für den verstärkten Einsatz von dezentralen Energiequellen in zukünftigen „Smart Grids“ wird festgestellt, dass die Netze in Zukunft verstärkt interaktiv genutzt werden. Das vorliegende Projekt folgt diesem Trend und verlinkt innovative Kommunikationstechnologien mit dem gezielten Einfluss auf das energieeffiziente Nutzverhalten im Lebensmittelsegment. Die empirische Untersuchung der Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf Gebäude mit hohem Klimatisierungsbedarf wie z.B. Shopping- oder Bürozentren wird empfohlen.

Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|--|
| BKA | Betonkernaktivierung |
| DGÜW-VO | Druckgeräteüberwachungsverordnung |
| ECO-TEV | Electronic controlled thermostatic expansion valve |
| EEX | European Energy Exchange |
| EIWOOG | Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz |
| EVU | Elektrizitätsversorgungsunternehmen |
| FCKW | Fluorchlorkohlenwasserstoffe |
| FU | Frequenzumrichter |
| GW-WP | Grundwasser-Wärmepumpe |
| HFKW | Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe |
| IOU | Investor owned utility |
| RTP | Real Time Pricing |
| SFC | Spotmarkt-Forward-Curve |
| SfP | Strombedarf für Pluskälte |
| WRG | Wärmerückgewinnung |
| ZAMG | Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Prinzipskizze Load-shifting..... | 9 |
| Abbildung 2: Kältetechnische Anlagen in einem Supermarkt | 14 |
| Abbildung 3: Kühlregal als Verbundmodell (li), Plug-in-Kühlinsel (re) | 15 |
| Abbildung 4: Einteilung der MPREIS-Filialen nach spezifischem Strombedarf | 18 |
| Abbildung 5: Gemittelte Tageslastgangkurven aller ausgewählten Filialen | 20 |
| Abbildung 6: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 172 | 22 |
| Abbildung 7: Lastgang Wochenverlauf KW48 - Filiale Nr. 172 | 23 |
| Abbildung 8: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 172 | 23 |
| Abbildung 9: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 023 | 24 |
| Abbildung 10: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 023 | 25 |
| Abbildung 11: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 023 | 25 |
| Abbildung 12: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 084 | 26 |
| Abbildung 13: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 084 | 27 |
| Abbildung 14: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 084 | 27 |
| Abbildung 15: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 083 | 28 |
| Abbildung 16: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 083 | 29 |
| Abbildung 17: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 083 | 29 |
| Abbildung 18: Lastgang Monatsmittelwerte Filiale Nr. 024 | 30 |
| Abbildung 19: Lastgang Wochenverlauf KW 48 - Filiale Nr. 024 | 31 |
| Abbildung 20: Lastgang Wochenverlauf KW 22 - Filiale Nr. 024 | 31 |
| Abbildung 21: Durchschnittlicher Lastgang der Verbrauchergruppen in Filiale Nr. 023 | 33 |
| Abbildung 22: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 1a | 35 |
| Abbildung 23: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 1b | 36 |
| Abbildung 24: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 2a | 37 |
| Abbildung 25: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 2b | 38 |
| Abbildung 26: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 3a | 39 |
| Abbildung 27: Lastgang bei Lastverschiebung – Variante 3b | 40 |
| Abbildung 28: Klassifizierung von Kältespeichersystemen | 42 |
| Abbildung 29: Innovatives Kältetechniksystem | 46 |
| Abbildung 30: Lastprofil eines mit Frequenzumrichter ausgestatteten Verbrauchers..... | 47 |
| Abbildung 31: Technisch-organisatorisches Modell für Lastverschiebung in Supermärkten..... | 49 |
| Abbildung 32: Einbindung eines Latentkältespeichers in ein bestehendes Kältekonzept | 52 |
| Abbildung 33: Basis-Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale (Näherung) | 55 |
| Abbildung 34: Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale - Szenario 1 | 56 |
| Abbildung 35: Lastprofil der ausgewählten MPREIS-Filiale - Szenario 2 | 57 |
| Abbildung 36: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Lastbonus Nacht“ | 60 |
| Abbildung 37: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Lastbonus Tag“ | 60 |
| Abbildung 38: Kapitalwert in Abhängigkeit des „Bezugbonus Tag“ | 61 |
| Abbildung 39: Beispiele für energieeffiziente Kühlmöbel in MPREIS-Filialen..... | 71 |
| Abbildung 40: Beschickungsgrenzen an unterschiedlichen Kühlmöbeln..... | 72 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Aufstellung der analysierten MPREIS-Filialen..... | 19 |
| Tabelle 2: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 1a..... | 35 |
| Tabelle 3: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 1b..... | 36 |
| Tabelle 4: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 2a..... | 37 |
| Tabelle 5: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 2b..... | 38 |
| Tabelle 6: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 3a..... | 39 |
| Tabelle 7: Eckdaten zur Lastverschiebung – Variante 3b..... | 40 |
| Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse der Variantenstudie | 41 |
| Tabelle 9: Periodisch durchzuführende Wartungsarbeiten an kältetechnischen Anlagen..... | 50 |
| Tabelle 10: Quantitative Kurzbeschreibung der ausgewählten MPREIS-Supermärkte..... | 67 |
| Tabelle 11: Charakteristik der Spotmarktpreise 2004-2008 (EEX) – Verhältnis des Stundenpreises zum Jahresmittel | 80 |
| Tabelle 12: Erlösbeispiel – Speicherbewirtschaftung an der Grundcharakteristik des Spotpreises | 81 |
| Tabelle 13: Erlösbeispiel – Speicherbewirtschaftung „Day-ahead“ | 81 |
| Tabelle 14: Erlösbeispiel – Optimierte Speicherbewirtschaftung „Day-ahead“ | 81 |
| Tabelle 15: Energieeffizienzmaßnahmen & erzielbare Effekte bei Supermärkten..... | 84 |
| Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung eines potentiellen Lastverschiebungssystems | 85 |

Literatur- und Quellenverzeichnis

Hermes, H.-D.: „Analysen zur Umsetzung rationeller Energieanwendungen in kleinen und mittleren Unternehmen des Kleinverbrauchersektors“ Universität Stuttgart, 2000

Bremer Energiekonsens (Hrsg): „Lebensmittelhandel aktuell – Energiekosten senken, Umwelt schonen“; Bremen 2005

Schlomann, B. et.al.: „Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)“; Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit; Karlsruhe 2004

Ligthart, F.A.T.M.: „Untersuchung zur Möglichkeit einer Abdeckung von Kühl- und Tiefkühlmobiliar“, Petten (NL) 2008

Wirtschaftskammer Österreich: „Energieeffizienz - Branchenfolder für den Lebensmittelhandel“, 2006

Perritsch, M.: „Supermärkte als Energiezentralen“, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 2006

OÖ Energiesparverband (Hrsg.): „Energiekennzahlen und –sparpotenziale im Lebensmittel-Einzelhandel“, 1996

Internetquellen:

www.baufachinformation.de

www.forumenergie.ch

www.baguette.at

www.industrie-energieeffizienz.de

www.bine.info

www.isi.fraunhofer.de

www.carrier-kt.at

www.minergie.ch

www.danfoss.com

www.mpreis.at

www.ecn.nl

www.nachhaltigwirtschaften.at

www.energiekonsens.de

www.nightwind.eu

www.esv.or.at

www.regiodata.eu

www.eex.com

www.wko.at

www.exxa.at

www.zamg.ac.at