



**Dominik Straubinger**

# **Energetische Analyse und Bewertung von Einsparungspotentialen für die Bäckerei Sorger**

Diplomarbeit zur Erlangung  
des akademischen Grades  
Diplom-Ingenieur

F749

Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau  
Energie- und Umwelttechnik

Technische Universität Graz  
Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

eingereicht am  
Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, im April 2013

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .....

.....

(Unterschrift)

## **Danksagung**

Diese Diplomarbeit wurde bei der Bäckerei Sorger verfasst. Für die Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:

Bei Karl-Heinz Knapp und Adolf Benedikt, die mir mit ihrem Wissen, Ratschlägen und Anregungen tatkräftig zur Seite standen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Michael Rabitsch und Alexander Fellner für ihre Mithilfe in der Datenerhebung, sowie allen MitarbeiterInnen, die an der Entstehung dieser Diplomarbeit beteiligt waren.

Weiters möchte ich mich bei meinen Betreuern seitens der TU Graz, Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Premm und Dipl.-Ing. Mario Kleindienst für die engagierte und umfassende Betreuung während der Diplomarbeit bedanken.

Besonderen Dank gilt meinen Eltern, Roswitha Lackner und Engelbert Straubinger, die mir das Studium durch ihre finanzielle Unterstützung erst ermöglichten.

## Kurzfassung

Die Bäckerei Sorger blickt auf über 300 Jahre Tradition zurück. Der Familienbetrieb mit 29 Filialen umfasst die Bereiche Bäckerei, Konditorei, Kaffeehaus und Rösterei. Weil eine Reduktion der Energiekosten direkten Einfluss auf den Unternehmensgewinn hat, gewinnt das Thema ökonomische Energienutzung zunehmend an Bedeutung. Daher entschied sich die Geschäftsleitung zur Vergabe dieser Diplomarbeit, deren Inhalt die Untersuchung der betrieblichen Energiesituation am Produktionsstandort darstellt.

Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen energetischer Verbesserungspotentiale, sowie die Umsetzung ausgewählter Maßnahmen zur Energie(kosten)einsparung. Zur Feststellung der IST Situation wird in der ersten Phase eine energetische Betriebsanalyse für das Kalenderjahr 2012 durchgeführt. Es kommt zu einer Unterteilung des energetischen Prozesses in die Bereiche Energiebezug; Energieumwandlung und -verteilung; Energieverwendung; Energieabgabe und Rückgewinnung. Zur Visualisierung der Ergebnisse und deren Zusammenhänge wird ein Energieflussdiagramm erstellt. In der zweiten Phase erfolgt die Dokumentation der dabei aufgefundenen Schwachstellen in Form eines Schwachstellenkatalogs sowie die Beschreibung von praxisorientierten Ansatzpunkten für Verbesserungen. Eine Bewertung dieser Maßnahmen nach technischem, organisatorischem und finanziellem Aufwand gewährleistet einen nachhaltigen Nutzen für das Unternehmen. In Absprache mit der Geschäftsleitung kommt es in der dritten Phase zur Umsetzung ausgewählter Maßnahmen: Beispielsweise führt die Durchführung eines Projekts zur Beleuchtungsoptimierung zur Einsparung von rund 100.000 kWh pro Jahr. Weiters werden die Energiekosten der Fettbackanlage (Krapfenfertigung) durch eine organisatorische Umstellung auf rund die Hälfte gesenkt.

Der Erfolg der bisher realisierten Interventionen veranlasste die Geschäftsführung der Bäckerei Sorger zur Weiterführung der in dieser Diplomarbeit empfohlenen Maßnahmen. Des Weiteren plant die Geschäftsführung die Einführung eines Energiemanagementsystems.

## **Abstract**

The Sorger family has been operating a bakery business in Graz for more than 300 years. Today, the family business runs 29 shops. The operation of Sorger is divided into the following categories: bakery, pastry, cafe and coffee roasting. Reducing energy costs directly influences profit, therefore using energy economically becomes ever more important. For this reason, the management of Sorger decided to commission this diploma thesis to study the use of energy for their production.

This thesis aims to highlight potential measures for optimizing energy usage, and to implement selected measures to save energy (costs). To record the current situation, an operation analysis focussing on energy for the calendar year 2012 is carried out in the first project phase. For the purposes of this analysis, the energy process is divided into the following sections: energy supply; energy conversion and distribution; energy use; energy loss and recovery. An energy flow chart is used to visualize results and their connections. In the second project phase, the flaws detected in the first phase are documented in a weak points list, and practical suggestions for improvement are described. The suggested measures are evaluated according to the cost and the technical and organisational effort required to realize them. This evaluation ensures that the measures bring long-term benefits for the company. In the third project phase, some measures, selected in accordance with management, are carried out. For example, the lighting optimization project saves approximately 100,000 kWh per year. Another example is the deep frying machine (doughnut production). After an organisational change, the energy costs are now about half of what they used to be.

The realized interventions were so successful that the management of Sorger decided to continue carrying out the measures suggested in this thesis. The management also plans to implement an energy management system.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	ALBIN SORGER "zum Weinrebenbäcker" GmbH & Co KG.....	1
1.2	Produktion in der Eggenberger Allee, Graz.....	2
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	4
1.4	Ausgangssituation.....	5
1.4.1	WIN Öko-Beratung.....	5
1.4.2	EINSTEIN: Thermal Energy Industry Audit .....	6
1.5	Vorgehensweise.....	7
1.5.1	Analyse der IST Situation.....	7
1.5.2	Erkennen und Bewerten von Einsparpotentialen .....	8
1.5.3	Umsetzung ausgewählter Maßnahmen.....	10
2	IST Analyse der betrieblichen Energiesituation .....	11
2.1	Energiebezug .....	13
2.1.1	Elektrische Energie .....	14
2.1.2	Erdgas.....	25
2.1.3	Zusammenfassung Energiebezug.....	30
2.2	Energieumwandlung und -verteilung .....	31
2.2.1	Zentrale Wärmeversorgungsanlagen und Wärmeverteilungsnetze.....	31
2.2.2	Kälteerzeugung .....	50
2.2.3	Drucklufterzeugung .....	65
2.2.4	Zusammenfassung Energieumwandlung und -verteilung .....	71
2.3	Energieumwandlung bei Nutzung.....	72
2.3.1	Prozesswärme .....	72
2.3.2	Prozesskälte.....	84
2.3.3	Heizwärme, Lüftung und Klimatisierung.....	85
2.3.4	Beleuchtung .....	86
2.3.5	Elektrischer Energieverbrauch Kleinverbraucher .....	86
2.4	Energieabgabe und Rückgewinnung.....	87
2.4.1	Wasser.....	87

2.4.2	Kälteanlagen .....	88
2.4.3	Abluft.....	88
2.5	Zusammenfassung der IST Analyse .....	89
2.6	Energieflussdiagramm.....	91
3	Schwachstellenkatalog .....	93
3.1	Kurzfristig behebbare Schwachstellen .....	93
3.2	Mittelfristig behebbare Schwachstellen .....	94
3.3	Langfristig behebbare Schwachstellen.....	95
4	Einsparpotentiale.....	96
4.1	Elektrische Anlagen.....	96
4.1.1	Blindleistungskompensation.....	96
4.1.2	Elektrisches Lastmanagementsystem .....	96
4.1.3	Druckluft.....	97
4.1.4	Beleuchtungsoptimierung.....	100
4.1.5	Photovoltaikanlage.....	100
4.1.6	Bezugsleistungscharakteristik Strom .....	100
4.2	Wärmeprozesse .....	101
4.2.1	Warmwassernetz .....	101
4.2.2	Umstellung auf erdgasbetriebene Fettbackanlage .....	102
4.2.3	Dampfprozesse .....	102
4.2.4	Reduktion der Abgastemperaturen .....	105
4.3	Kälteprozesse .....	106
4.3.1	Kälteerzeugung.....	106
4.3.2	Kälteverwendung .....	107
4.4	Wärmerückgewinnung.....	108
4.4.1	Wiederinbetriebnahme Wärmerückgewinnung.....	108
4.4.2	Zusätzliche Wärmerückgewinnung Hochregallager .....	110
4.4.1	Zusammenfassung Wärmerückgewinnung .....	111
4.5	Organisatorische Maßnahmen .....	111
4.6	Zusammenfassung Einsparpotentiale .....	112

5	Umgesetzte Maßnahmen .....	113
5.1	Reparatur der Blindleistungskompensationsanlage .....	113
5.2	Beleuchtungsoptimierung .....	114
5.3	Umstellung auf erdgasbetriebene Fettbackanlage .....	117
5.4	Schockkühlung von Schwarzbrot .....	117
5.5	Anschaffung eines Scherbeneiserzeugers .....	118
5.6	Falschzirkulation im Warmwassernetz behoben .....	119
5.7	Kosten für Erdgasminderleistung .....	119
5.8	Einführung eines Energiemanagementsystems .....	121
5.9	Zusammenfassung der umgesetzten Maßnahmen .....	122
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	123
7	Literaturverzeichnis .....	125
8	Internetquellenverzeichnis.....	129
9	Abbildungsverzeichnis.....	131
10	Tabellenverzeichnis.....	133
11	Abkürzungsverzeichnis.....	136
	Anhang .....	137



# 1 Einleitung

Die Bäckerei Sorger blickt auf über 300 Jahre Tradition zurück. Der Familienbetrieb mit 29 Filialen umfasst die Bereiche Bäckerei, Konditorei, Kaffeehaus und Rösterei. Der rationelle Energieeinsatz schafft Wettbewerbsvorteile und ist zugleich ein Beitrag zur Entlastung der Umwelt.<sup>1</sup> Daher soll der Hauptstandort der Bäckerei einer energetischen Analyse unterzogen, Verbesserungspotentiale abgeleitet und bewertet, sowie ausgewählte Maßnahmen umgesetzt werden.

## 1.1 ALBIN SORGER "zum Weinrebenbäcker" GmbH & Co KG

Das Unternehmen besteht bereits seit 5 Generationen in Familienbesitz, Geschäftsführer ist Albin Sorger-Domenigg.

Unternehmung	Albin Sorger „Zum Weinrebenbäcker“ GmbH & Co KG
Gründung	1849
Firmensitz	Graz
Gewerbeberechtigung	Bäcker und Konditor sowie Gastgewerbe u. Kleinhandel
Produktionsprogramm	täglich ca. 250 verschiedene Artikel (siehe Abbildung 1)
Produktionsvolumen 2012	Mehlverbrauch 2235 t Mehl (1567 t Weizen, 647 t Roggen, 17 t Dinkel, 2,6 t Gerste, 2,2 t Einkorn)
Produktionsfläche	rund 6.000 m <sup>2</sup>
Backfläche	295,4 m <sup>2</sup>
Vertrieb	eigenes Filialnetz sowie Wiederverkauf (Großhandel)
Beschäftigte (Durchschnitt 2012)	326 Personen (Produktion 110 Personen) 291 Voll- und TeilzeitmitarbeiterInnen, 35 geringfügig Beschäftigte
Umsatz	€ 19,8 Millionen

Tabelle 1: Unternehmensdaten Bäckerei Sorger<sup>2</sup>

Der Anteil der Warengruppen am Gesamtumsatz 2012 ist in Abbildung 1 dargestellt. Den größten Anteil nimmt mit 31 % Gebäck ein (dazu zählen: Semmeln, Kornspitz, Weckerl, Käse-, Salzstangerl) gefolgt von Feinbäckerei (Plundergebäck, Topfen-

<sup>1</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 4

<sup>2</sup> Bäckerei Sorger: Buchhaltung

tascherl, Nusskrone, Krapfen, Donut, Briochegebäck etc.) mit 16 %. Mit 15 % trägt Brot (Schwarzbrot, Weißbrot, Baguette, Osterbrot etc.) zum Umsatz bei.

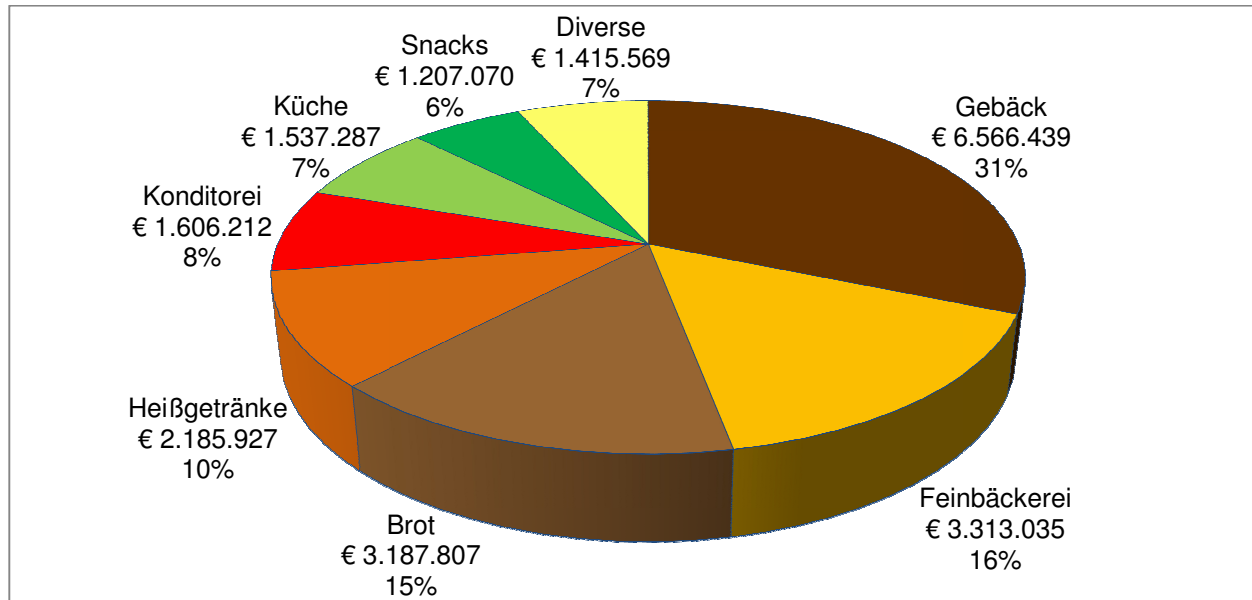


Abbildung 1: Umsatz nach Warengruppe in € und % von Gesamtumsatz<sup>3</sup>

Die Gruppe Heißgetränke (Kaffee, Tee etc.) hält einen Anteil von 7 %. In der Warengruppe „Konditorei“ werden Torten, Schnitten, Blechkuchen etc. zusammengefasst, ihr Anteil beträgt 8 %. Speisen „À la carte“, sowie Mittagsteller und Frühstück werden in „Küche“ erfasst und halten einen Anteil von 7 %. Unter „Snack“ sind gefüllte Weckerl, Bagel, Brötchen etc. vermerkt (6 %). In „Diverse“ sind die Warengruppen „Kalte Getränke“ (Schankgetränke und PET-Flaschen) Eis, Alkohol, Zigaretten sowie Handelsware (Schokoladeei, -hase, -krampus ect., Glücksschweinchen, Qualitätssessig, Milchprodukte) zusammengefasst.

## 1.2 Produktion in der Eggenberger Allee, Graz

Die Produktion der Bäckerei Sorger befindet sich seit 1980 in der Eggenberger Allee 36, 8020 Graz. Davor fand die Produktion am Südtirolerplatz 14, 8010 Graz, statt. Es sind 110 Personen beschäftigt, die Produktionsfläche beträgt rund 6000 m<sup>2</sup>, die gesamte Backfläche der Öfen 295,4 m<sup>2</sup>. In Abbildung 2 ist der Grundriss des Produktionsstandortes dargestellt.

<sup>3</sup> Bäckerei Sorger



Abbildung 2: Layoutplan der Produktion in der Eggenberger Allee 36<sup>4</sup>

Die Maschinenliste der eingezeichneten Anlagen im Erdgeschoß ist in Tabelle 50 im Anhang angegeben. Im Erdgeschoß befindet sich die Bäckerei, wo Gebäck und Brot hergestellt wird, sowie für den Produktionsprozess benötigte Kühl-, Tiefkühl- und Schockkühlräume. Weiters beherbergt das Erdgeschoß den Expedit, die

<sup>4</sup> Vgl. GIS Land Steiermark: Digitaler Atlas Steiermark (2013) und Bäckerei Sorger

betriebsinternen Werkstätten, den Dampfkessel, die Thermoölkessel und die Kistenwaschanlage. Im 1.OG sind Konditorei, Feinbäckerei, Zentralküche, Eiserzeugung, sowie weitere Kühl- und Tiefkühlräume angesiedelt. Ein Teil der dezentralen Kälteanlagen sind im Maschinenraum des 1. OG aufgestellt. Im 2. OG befinden sich das Büro des Qualitätsmanagements und des Einkaufs, das Lager, die Knödelbrottrockenanlage sowie zwei Fettbackanlagen und weitere Kühl-, und Tiefkühlräume. Sämtliche Sozialräume sind im 3. OG untergebracht. Der Heizkessel zur Warmwasserbereitung und Raumheizung, die Kaltwasserosmoseanlage sowie die Druckluftherzeugung befinden sich im Keller.

### **1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen energetischer Verbesserungspotentiale in der Produktion der Bäckerei Sorger sowie die Umsetzung ausgewählter Maßnahmen zur Energieeinsparung. Im ersten Schritt wird eine energetische Betriebsanalyse durchgeführt sowie ein Abbild des Energieflusses im Unternehmen in Form eines Sankey Diagramms erstellt. Die dabei gewonnenen Daten dienen als Basis für die weitere Untersuchung auf Energieeinsparpotentiale. In Absprache mit der Geschäftsleitung werden ausgewählte Maßnahmen umgesetzt sowie die dadurch eingesparte Energiemenge und die Reduktion der Energiekosten berechnet.

#### ***Untersuchte Bereiche***

Die Abgrenzung der untersuchten Bereiche erfolgt auf Basis der Erkenntnisse aus den vorausgegangenen Untersuchungen zum Thema Energieverbrauch und -einsparpotential in der Produktion der Bäckerei Sorger. Es werden jene Bereiche näher analysiert, welche den höchsten Energieverbrauch aufweisen oder das erwartete Einsparpotential laut den vorangegangenen Untersuchungen am Größten erscheint. Diese Bereiche sind:

- Beleuchtung
- Energieumwandlung
  - Kälteerzeugung
  - Druckluftherzeugung
  - Wärmeerzeugung
- Prozesswärme
  - Kistenwaschanlage
  - Knödelbrottrockenanlage

Anlagen die über die aufgezählten Bereiche hinaus gehen, finden im der weiteren Arbeit keine Berücksichtigung.

## **1.4 Ausgangssituation**

Am Standort Eggenberger Allee werden Backwaren hergestellt sowie ein Cafe und eine Kaffeerösterei betrieben. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird die Produktion der Bäckerei Sorger auf Energieeinsparpotentiale untersucht. Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Energiekosten unter Berücksichtigung umweltrelevanter und ökonomischer Aspekte werden beschrieben, und ausgewählte Maßnahmen umgesetzt.

In den vergangenen Jahren wurden in der Produktion der Bäckerei Sorger bereits zwei Untersuchungen durchgeführt (WIN Öko-Beratung, bzw. EINSTEIN: Thermal Energy Industry Audit), die sich mit dem Thema Energieeinsparmöglichkeiten beschäftigt haben. Diese werden kurz beschrieben, die Daten aus diesen Untersuchungen werden in der weiteren Arbeit berücksichtigt.

### **1.4.1 WIN Öko-Beratung**

Im Rahmen des WIN Förderprogrammes wurde im Juni 2009 der Bäckereibetrieb auf Energieeinsparpotentiale untersucht. Konsulent war Ing. Rudolf Großbauer von der Grazer Energieagentur GmbH. Untersuchte Bereiche:<sup>5</sup>

- Wärmeverbraucher - Backöfen, Warmwasserbereitung
- Elektrischer Energieverbraucher im Bereich Kälte, Druckluft und Beleuchtung

Als Datenbasis wurde der Stromverbrauch der Jahre 2006 bis 2008 sowie der Gasverbrauch 2008 herangezogen. Es wurden Einsparpotentiale gefunden und Empfehlungen zu folgenden Bereichen abgegeben:<sup>6</sup>

- Elektrische Anlagen (Produktion)
- Beleuchtung
- Warmwasserbereitung
- Wärmeerzeugung
- Abwärmenutzung Druckluft und Backöfen
- Organisatorische Maßnahmen

---

<sup>5</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 9

<sup>6</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 5-8

### 1.4.2 EINSTEIN: Thermal Energy Industry Audit

Im Rahmen eines europaweiten Projektes führten DI Jürgen Fluch und DI Matthäus Hubmann von der AEE INTEC ein Energie-Schnell-Audit durch, mit dem Ziel Energieeinsparpotentiale zu erkennen. Als Datenbasis dienten Referenzdaten und Informationen aus dem Jahr 2011.

Ziele des Audits:<sup>7</sup>

- Darstellung des IST-Zustandes
- Berechnung des Energieverbrauchs (gesamt und auf Prozesse aufgeteilt)
- Darstellung des Potentials von Wärmerückgewinnung (WRG)
- Mögliche Änderungen in der Energieversorgung

Notwendige Abschätzungen/Annahmen:<sup>8</sup>

Der Energiebedarf der Kältekompressoren wurde durch Vergleich und Anpassung an Benchmarkzahlen vergleichbarer Bäckereien ermittelt. Die Aufteilung des Erdgasverbrauchs erfolgte über Betriebsstunden, Erfahrungswerte und Einschätzungen.

Ergebnis dieser Untersuchung war eine Aufteilung des Endenergiebedarfs für thermische Zwecke nach Anlagen, sowie der Nutzwärme und -kälte nach Anlagen und nach Temperaturen und Betriebsstunden. Darauf aufbauend wurden Alternativvorschläge zur Wärmeversorgung abgegeben und bewertet.

---

<sup>7</sup> Vgl. Fluch/Hubmann (2012), S. 5

<sup>8</sup> Vgl. Fluch/Hubmann (2012), S. 6

## 1.5 Vorgehensweise

Das Vorgehen dieser Diplomarbeit lässt sich in 3 Phasen aufteilen:

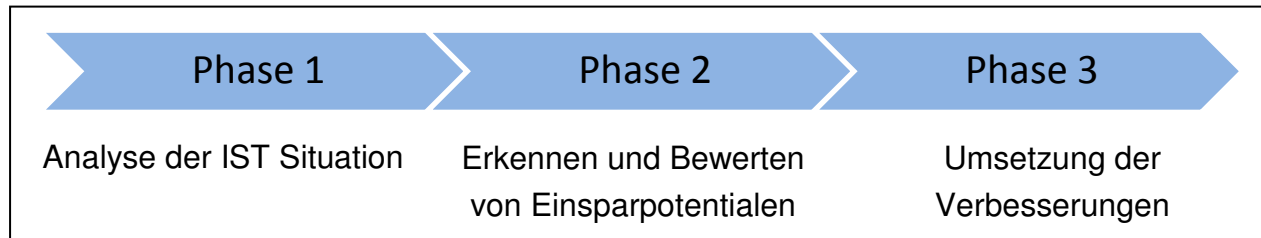


Abbildung 3: Ablauf der Diplomarbeit<sup>9</sup>

### 1.5.1 Analyse der IST Situation

Die detaillierte energetische Bestandsaufnahme stellt eine wesentliche Grundlage sämtlicher Aktivitäten des Energiemanagements dar und bildet somit die Voraussetzung für folgende weiterführende Schritte:<sup>10</sup>

- Strategisch orientierte Energieplanung
- Operativ orientierte Energiebedarfsplanung
- Energieflusssteuerung und -kontrolle
- Ableiten von Verbesserungsansätzen

Im Zuge der energetischen Betriebsanalyse stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:<sup>11</sup>

- Welche Energieträger werden in welcher Menge in einem bestimmten Zeitraum dem Betrieb zugeführt?
- Wie hat sich der Energieeinsatz in der Vergangenheit entwickelt?
- Welche Faktoren haben diese Entwicklung bestimmt bzw. beeinflusst?
- Wie sieht der Tages-, Wochen-, Monats-, und Jahresgang des Leistungsbedarfs der Energieträger aus, und wodurch wird dieser Gang beeinflusst?
- Wie hoch sind die auftretenden Lastspitzen? Treten, nach Höhe und Zeitpunkt, zufällige oder typische Spitzen auf?
- Welche Energieumwandlungsanlagen werden im Betrieb eingesetzt? Wie ist ihr technischer Zustand, ihr energetisches Betriebsverhalten, wie das Benutzerverhalten an diesen Anlagen?

<sup>9</sup> Vgl. Premm (2009), S. 7

<sup>10</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 61

<sup>11</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 61f.

- Welche Struktur und welchen Zustand weist das innerbetriebliche Energieverteilungsnetz auf? Welche Übertragungsverluste treten auf?
- Welche energieverbrauchenden Anlagen werden im Betrieb eingesetzt? Wie ist ihr technischer Zustand, ihr energetisches Betriebsverhalten, wie das Benutzerverhalten? Welche Anlagen sind für den Gesamtenergieeinsatz und den Leistungsgang bestimmend?
- In welcher Form und Menge verlässt die zugeführte Energie den Betriebsbereich?
- Welche Energiemengen werden zu welchem Zweck zurückgewonnen?

Ebenso von Bedeutung für den Betrieb einer Anlage ist das Verhalten beim Anfahren und nach dem Abschalten, wo zunächst ein Teil der zugeführten Energie in der Anlage gespeichert beziehungsweise nach dem Abschalten wieder entnommen werden kann. Diese Kenntnis ist zur Beurteilung der durch Abschalten der Anlagen erzielbaren Energieeinsparungen sowie zur Entscheidung über mögliche Abschaltungen zum Zwecke der Lastspitzenbegrenzung unerlässlich.

Zur Erfassung der IST Situation werden folgende Unterlagen benötigt:<sup>12</sup>

- Alle relevanten Energielieferverträge, Rechnungen über Einkauf der Energien, möglichst aus mehreren Abrechnungsperioden
- Technische Daten der Energieinfrastruktur
- Baupläne, Installations- und Leitungspläne
- Stoff- und Energieflussschemata
- Vorhandene Messdatenerfassung und -auswertung
- Angaben zur Entsorgung, z.B. angefallene bzw. abgegebene Produktionsrückstände
- Behördliche Auflagen zu einzelnen Anlagen oder -teilen
- Art und Menge der Emissionen
- Messprotokolle und Emissionsberichte

### **1.5.2 Erkennen und Bewerten von Einsparpotentialen**

Nach der Erfassung und Auswertung der für die Analyse relevanten Daten wird der IST Zustand mit Hilfe eines Energieflussdiagramms dargestellt. Schwachstellen und Mängel werden beschrieben und dokumentieren, Ansatzpunkte für Verbesserungspotentiale aufgezeigt. Spezifische Kenngrößen werden ermittelt und in die Analyse einbezogen, weiters wird ein Benchmark-Vergleich mit branchengleichen Betrieben, welche eine ähnliche Unternehmensgröße aufweisen, durchgeführt. Die Möglichkeiten

---

<sup>12</sup> Vgl. VDI 3922 (1998), S. 9



zur Behebung der ermittelten Schwachstellen werden in fünf unten angeführten Maßnahmen eingeteilt, wobei der Aufwand zur Umsetzung in der Regel in der angegebenen Reihenfolge steigt.<sup>13</sup> Alle genannten Beispiele sind in der Bäckerei Sorger umsetzbar.

1. Vermeiden unnötigen Energieverbrauchs durch:
  - Verminderung unnötigen Leerlaufs von Maschinen und Anlagen
  - Vermeidung unnötiger Aufheiz- und Abkühlvorgänge
2. Senken des spezifischen Energieverbrauchs  
z.B.: Einsatz von T5 oder LED Beleuchtungstechnik anstatt konventioneller Vorschaltgeräten (KVG) für Leuchtstoffröhren
3. Verbesserung der Wirkungs- und Nutzungsgrade
  - Optimieren und damit möglichst hohe Auslastung der Produktionsanlagen
  - Gute Regeleinrichtungen
  - Reduktion der Verteilungsverluste
  - Sorgfältige Instandhaltung
  - Prüfung möglicher Kopplung von Kraft- und Wärmeproduktion
  - Einsatz optimal geeigneter Energieträgerz.B.: Substitution von Brennstoffen, lastabhängige Drehzahlregelung, Brennwertnutzung
4. Energierückgewinnung
  - Wärmerückgewinnung mit folgender Priorität:
    - Nutzung im selben Prozess
    - Betriebsinterne Nutzung
    - Abwärmekopplung und -lieferung an Dritte
  - Energetische Nutzung von Reststoffen
  - Energierückgewinnung bei Entspannungz.B.: Luftvorwärmung, Rücklaufanhebung, Heizungsunterstützung
5. Nutzung regenerativer Energiequellen  
z.B.: Solare Brauchwassererwärmung oder Photovoltaikanlage

Durch kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der IST Analyse, wird ein Schwachstellenkatalog erstellt. Dieser stellt die Grundlage für konkrete Empfehlungen zur Behebung der identifizierten Schwachstellen dar.

---

<sup>13</sup> Vgl. VDI 3922 (1998), S. 12f.

Es werden Vorschläge zur organisatorischen und technischen Optimierung der Energienutzung entwickelt und soweit untersucht, dass eine Beurteilung und hinreichend abgesicherte Entscheidung über umzusetzende Maßnahmen getroffen werden kann.

### **1.5.3 Umsetzung ausgewählter Maßnahmen**

Es gibt immer mehrere Wege um Ziele zu erreichen und Maßnahmen zu realisieren. Es ist jedoch als Regelfall zu betrachten, dass es in der Praxis Hemmnisse gibt, die einer erfolgreichen Umsetzung im Wege stehen. Daher ist es notwendig sich mit möglichen Widerständen und Hemmnissen a priori - und nicht erst bei deren Auftreten - auseinanderzusetzen. Widerstände und Hemmnisse müssen erkannt und bewusst analysiert werden, damit gezielte Maßnahmen zur Vermeidung, oder zumindest Abschwächung ihrer Auswirkungen gesetzt werden können. Bei Nicht-Beachtung können aussichtsreiche Vorhaben von vornherein zum Scheitern verurteilt sein. Mögliche Ursachen für solche Widerstände können in folgende Ursachenfelder eingeteilt werden:<sup>14</sup>

- Technische Barrieren
  - Mangelhafte Information über technische Möglichkeiten am Markt
  - Fehlendes betriebsinternes Know-how
- Ökonomische Barrieren
  - Geforderte Amortisationszeiten werden überschritten
  - Fehlender notwendiger Kapitalbedarf
- Rechtliche Barrieren
  - Nichteinhaltung von Normen und gesetzlichen Auflagen
  - Bürokratischer Aufwand
- Organisatorische Barrieren
  - Fehlende Erfahrung mit Projektmanagement
  - Mangelnde Personalkapazitäten
- Soziopsychische Barrieren
  - Ängste vor Veränderungen
  - Gewohnheiten
  - Ablehnung von energiesparenden Maßnahmen

---

<sup>14</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 199f.

## 2 IST Analyse der betrieblichen Energiesituation

Unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung und der saisonalen Schwankungen des Energieverbrauchs, werden die unter 1.5.1 angeführten Fragestellungen behandelt und, soweit es die gesammelten Daten zulassen, mit möglichst hoher Genauigkeit und Aussagekraft beantwortet.

Im Rahmen der IST Analyse werden folgende Systemgrenzen erstellt:

### Zeitlich:

Der Betrachtungszeitraum der IST Analyse ist das Kalenderjahr 2012. Zum Erkennen von Entwicklungen und Trends im Energieverbrauch wurden die Daten von elektrischer Energie und Erdgas der Jahre 2010 bis 2012 berücksichtigt.

### Räumlich:

Es wird die Produktion der Bäckerei Sorger in der Eggenberger Allee 36, 8020 Graz, betrachtet.

### Gliederung

Zur Erfassung der betrieblichen Energiesituation wird die IST Analyse in folgende Teilbereiche unterteilt:<sup>15</sup>

- Energiebezug  
Es wird die Menge und der zeitliche Verlauf des Verbrauchs von elektrischer Energie und Erdgas sowie der Preis erfasst.
- Energieumwandlung und Energieverteilung  
In diesem Abschnitt werden jene Anlagen beschrieben, welche dem Betrieb zugeführte Energieträger, in nachfolgenden Prozessen benötigten Energieträger umwandeln, verteilen oder speichern, das sind:

---

<sup>15</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 37

- Heizkessel
  - Thermoölkessel
  - Dampfkessel
  - Kälteerzeugung
  - Druckluftherzeugung
- 
- Energieverwendung  

Die Energieverwendung bzw. Energieumwandlung bei der Nutzung stellt das Ende der jeweiligen energetischen Umwandlungskette dar und dient zur Erstellung der nachgefragten Energiedienstleistung.
  
  - Energieabgabe und Energierückgewinnung  

Die nach der Energieverwendung verbleibende Abfallenergie geht entweder im Zuge der Energieentsorgung über die Systemgrenzen verloren oder sie wird über zusätzliche Einrichtungen einer weiteren Verwertung zugeführt.

## 2.1 Energiebezug

In diesem Abschnitt werden sämtliche für die energetische Betriebsanalyse relevanten Basisdaten der Jahre 2010 bis 2012 gesammelt, analysiert und dokumentiert. Die Informationen wurden dabei aus folgenden Quellen bezogen:

- Interne und externe Aufzeichnungen
- Vorangegangene Untersuchungen („WIN Öko-Beratung“ und „Energy Audit Summary Report“)
- Informationen von zuständigen MitarbeiterInnen
- Kurzzeitmessungen

Im betrachteten Zeitraum wurden zur Energieversorgung, der Produktion der Bäckerei Sorger elektrische Energie und Erdgas bezogen. In Abbildung 4 ist die monatliche Entwicklung des Energieverbrauchs dargestellt, die Schwankungen sind sowohl saisonal- als auch auftragsbedingt. Im Jahr 2012 war der durchschnittliche Stromverbrauch pro Monat ca. 170.000 kWh, der Erdgasverbrauch 381.000 kWh.

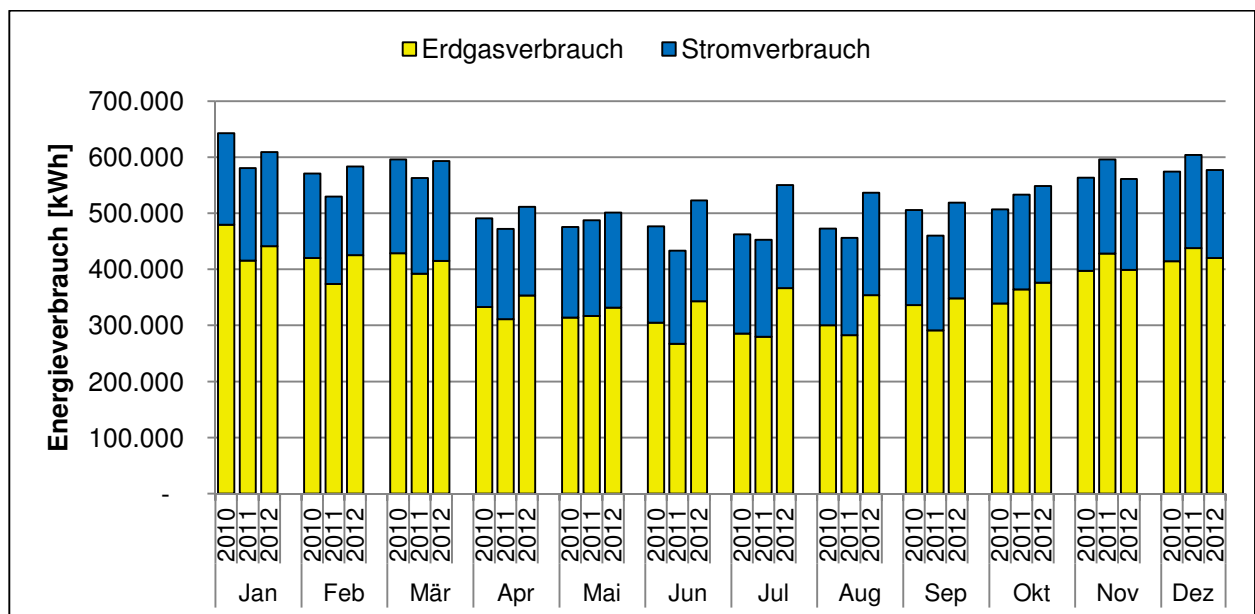


Abbildung 4: Monatlicher Energieverbrauch 2010 bis 2012

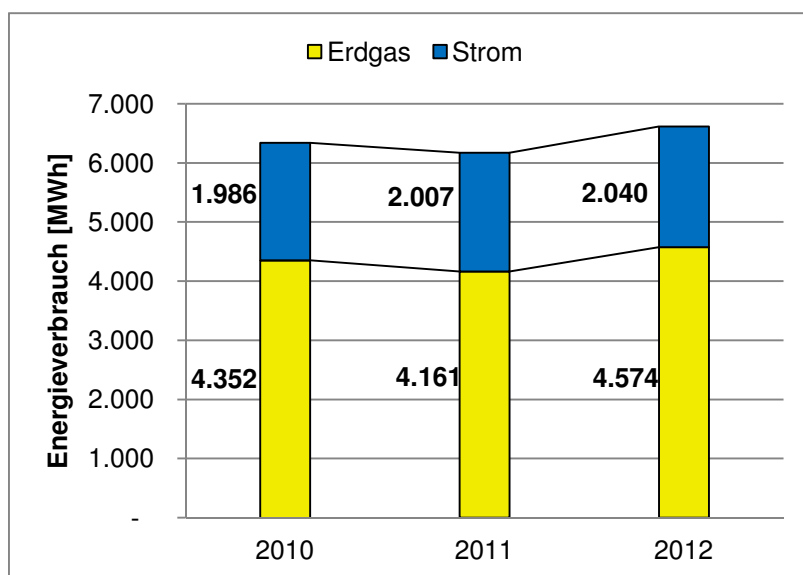


Abbildung 5: Jährlicher Energieverbrauch 2010 bis 2012<sup>16</sup>

Im Vergleich zum Energieverbrauch 2011 ist der Erdgasverbrauch 2012 (+ 9,03 %) stärker als der Stromverbrauch (+ 1,62 %) angestiegen.

### 2.1.1 Elektrische Energie

Elektrische Energie wird größtenteils in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Kälteerzeugung
- Elektrisch beheizte Fettbackanlage
- Druckluftherzeugung
- Beleuchtung

Die gesamten Kosten für den Bezug von elektrischer Energie setzen sich aus Netztarif, Energiepreis sowie Steuern und Abgaben zusammen.

Die Stromversorgung erfolgt durch die Energie Graz GmbH & Co KG (in weiterer Folge „Energie Graz“ genannt), während das Stromnetz von der Stromnetz Graz GmbH & Co KG (in weiterer Folge „Stromnetz Graz“ genannt) zur Verfügung gestellt wird.

<sup>16</sup> Vgl. Energie Graz GmbH Monatsabrechnungen der Jahre 2010 bis 2012

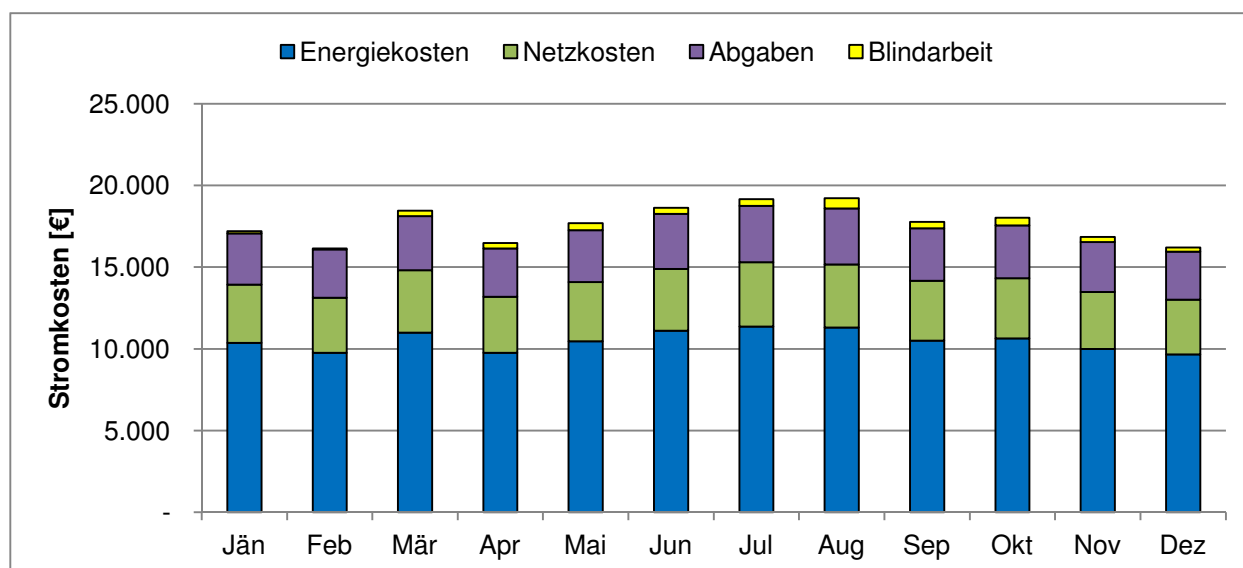


Abbildung 6: Zusammensetzung der Stromkosten 2012

Die Kosten für Blindarbeit sind Teil der Netzkosten, zur Darstellung der Größenordnung in Relation zu den gesamten Stromkosten sind diese in Abbildung 6 aber gesondert ausgewiesen.

### **2.1.1.1 Netzbereitstellung**

Unter Netzbereitstellung ist die Inanspruchnahme sämtlicher physischer Anlagen im festgelegten Ausmaß zusammengefasst, die vom Netzbetreiber gegen entsprechendes Entgelt zur Verfügung gestellt werden.

#### **Netzzugangsvertrag**

Der Netzzugangsvertrag regelt alle Fragen, die mit der Gewährung des Netzzuganges und der Nutzung des Verteilernetzes zwischen der Bäckerei Sorger und der Stromnetz Graz zusammenhängen. Er umfasst die technischen, betrieblichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Bedingungen des Netzzutritts und der Netznutzung, einschließlich der Blindleistung und der Blindarbeit, der Messeinrichtung(en), des Systemnutzungsentgelts und der Eigentumsgrenzen.

Der Netzzugangsvertrag trat mit 20.01.2012 in Kraft und wurde zwischen Sorger Albin „Zum Weinrebenbäcker“ GmbH & Co KG, Eggenberger Allee 36, 8020 Graz und der Stromnetz Graz GmbH & Co KG, Schönaugürtel 65/III, 8010 Graz, abgeschlossen.

Gemäß der Systemnutzungsentgelte-Verordnung (SNE-VO) setzt sich das Systemnutzungsentgelt wie folgt zusammen:

- Netzzutrittsentgelt
- Netzbereitstellungsentgelt
- Netznutzungsentgelt
- Netzverlustentgelt
- Entgelt für die Messleistungen

### Netzzutrittsentgelt

Durch das vom Netzbenutzer einmalig zu leistende Netzzutrittsentgelt werden dem Netzbetreiber alle angemessenen und den marktüblichen Preisen entsprechenden Aufwendungen abgegolten, die mit der erstmaligen Herstellung eines Netzanschlusses oder der Abänderung eines bestehenden Anschlusses infolge Erhöhung der Anschlussleistung eines Netzbenutzers unmittelbar verbunden sind. Die Bemessung des vom Netzbenutzer einmal zu leistenden Netzzutrittsentgelts richtet sich nach den „Allgemeinen Bedingungen für den Zugang zu Verteilernetz der Strom Graz GmbH & Co KG“.

### Netzbereitstellungsentgelt

Das Netzbereitstellungsentgelt ist vom Entnehmer, für den zur Ermöglichung des Anschlusses notwendigen Ausbau, der in §63 EIWOG umschriebenen Netzebenen, zu leisten. Es wird ein Pauschalbetrag für den bereits vorfinanzierten Ausbau der jeweiligen Netzebene verrechnet. Das Netzbereitstellungsentgelt wird für die jeweilige Netzebene mit der SNE-VO festgelegt und ist in Tabelle 4 angeführt.

Bezugsgröße für die Bestimmung des Netzbereitstellungsentgelts ist das vertraglich vereinbarte Ausmaß der Netznutzung in kW. Sofern nach dem Abrechnungszeitraum der Mittelwert der Monatsmaxima (gemessene  $\frac{1}{4}$  Stundenleistung) über dem erworbenen Ausmaß der Netznutzung liegt, wird je angefangene 1 kW Überschreitung ein Netzbereitstellungsentgelt nachverrechnet. Nach vollständiger Bezahlung gilt die nachverrechnete Leistung als erworben, das Ausmaß der Netznutzung wird dementsprechend angehoben.



Tabelle 2 gibt eine Übersicht über:

- Das Ausmaß der vertraglich vereinbarten Leistung (Vertragsleistung)
- Die tatsächlich in Anspruch genommene Leistung (Jahresdurchschnitt der Monatsmaximalleistungen)
- Aufgrund von Überschreitung nachverrechnete Leistung und dadurch entstandene Kosten (Netzbereitstellungsentgelt)

Jahr	Vertrags- Leistung [kW]	in Anspruch genommene Leistung [kW]	Nachverrechnete Leistung [kW]	Kosten Nachverrechnung [€]
2010	371	400	31	4031
2011	402	398	0	0
2012	402	406	4	556

Tabelle 2: Netzbereitstellung Strom

Aufgrund der Überschreitungen der vertraglich vereinbarten Leistung in den Jahren 2010 und 2012 kam es jeweils zu einer Nachverrechnung der Netzbereitstellung und in Folge dessen zu einer Anhebung der vertraglich vereinbarten Leistung. Seit 1.1.2013 beträgt die vertraglich vereinbarte Leistung 406 kW.

### Netznutzungsentgelt

Durch das Netznutzungsentgelt werden dem Netzbetreiber die Kosten für die Entrichtung, den Ausbau, die Instandhaltung und den Betrieb des Netzsystems abgegolten. Das Netznutzungsentgelt setzt sich aus einem Leistungspreis, sowie einem Hoch- und Niedertarifpreis zusammen und wird für die jeweilige Netzebene mit der SNE-VO festgelegt. Das Entgelt für Hoch- und Niedertarif bezieht sich auf die im Abrechnungszeitraum bezogene elektrische Arbeit in kWh, der Preis ist in Tabelle 4 angegeben.

Zeitliche Einteilung:<sup>17</sup>

Sommer (So): 01.04. bis 30.09.

Winter (Wi): 01.10. bis 31.03.

Hochtarif (HT): 06:00 - 22:00 Uhr

Niedertarif (NT): 22:00 - 06:00

<sup>17</sup> Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2013 b)

Der Leistungspreis bezieht sich auf den höchsten Monatswert der viertelstündigen Leistungsmessung. Die Leistungsmessung erfolgt durch den Lastprofilzähler, der die höchste Durchschnittsleistung anzeigt, die innerhalb einer Messperiode von jeweils einer Viertelstunde aufgetreten ist. Der Verlauf der verrechneten Leistung (Maximalleistung pro Monat) ist in Abbildung 7 dargestellt.

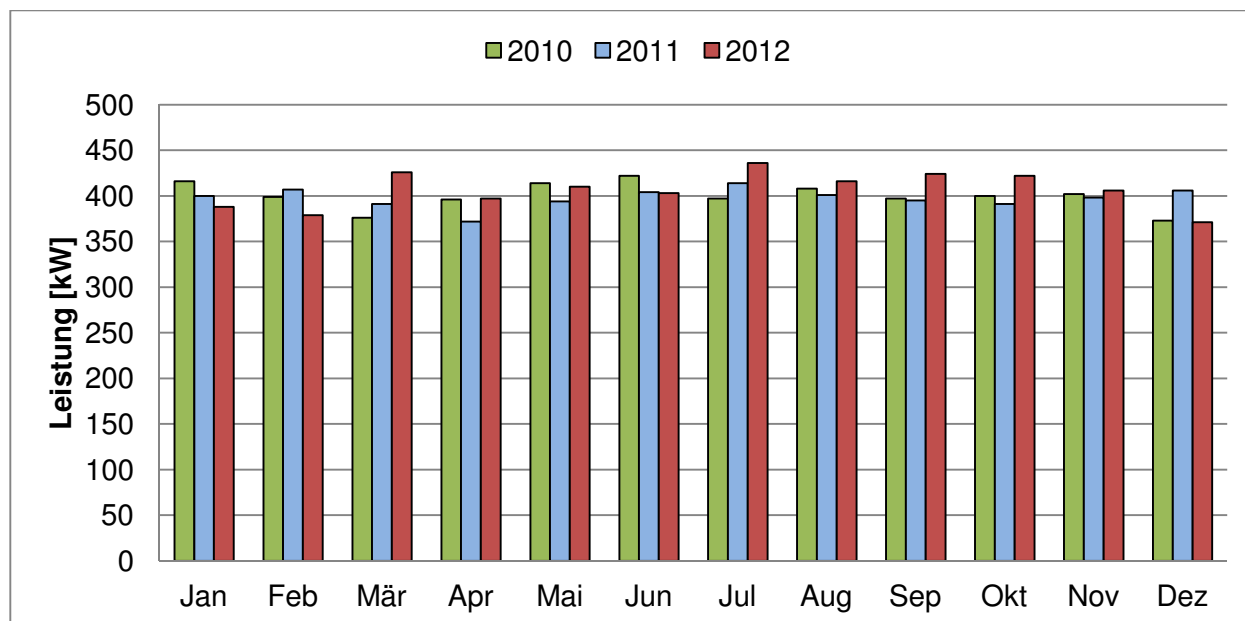


Abbildung 7: Elektrische Maximalleistung pro Monat

Aufgrund der Umstellung auf die erdgasbetriebe Fettbackanlage im November 2012 ist ein Rückgang der elektrischen Leistungsspitzen im Dezember 2012 zu erkennen.

### Netzverlustentgelt

Netzverluste sind die, aufgrund der Ohmschen Widerstände der Leitungen, Ableitungen über Isolatoren, Koronaentladungen oder durch andere physikalische Vorgänge entstehende Differenzen zwischen der eingespeisten und entnommenen Menge elektrischer Energie in einem Netzsystem.<sup>18</sup> Durch das Netzverlustentgelt werden dem Netzbetreiber jene Kosten abgegolten, die dem Netzbetreiber für die Beschaffung der für den Ausgleich von Netzverlusten erforderlichen Energiemengen entstehen.<sup>19</sup> Der, für die Bemessung des Netzverlustentgeltes, arbeitsbezogene Netzverlustpreis, wird mit der SNE-VO festgelegt und ist in Tabelle 4 angegeben.

<sup>18</sup> Vgl. Stromnetz Steiermark GmbH (2013a)

<sup>19</sup> Vgl. Energie-Control Austria (2013 a)

### Messleistung

Durch das Entgelt für Messleistungen werden dem Netzbetreiber jene direkt zuordenbaren Kosten abgegolten, die mit der Errichtung und dem Betrieb von Zähleinrichtungen, einschließlich notwendiger Wandler, der Eichung und der Datenauslesung verbunden sind. Das behördlich genehmigte Entgelt ist dem Messleistungspreisblatt des Netzbetreibers zu entnehmen und in Tabelle 4 angegeben. In der SNE-VO werden Höchstpreise für das Entgelt für Messleistungen bestimmt.

### Entgelt für Blindarbeit

Das Entgelt für Blindarbeit ist Teil des Netznutzungsentgelts. Es beinhaltet die Entnahme von Blindarbeit mit einem Leistungsfaktor von  $> 0,9$ . Eine Verrechnung von Blindarbeit erfolgt ab einem Leistungsfaktor, dessen Absolutbetrag  $< 0,9$  ist; d.h., wenn der Anteil der Blindarbeit mehr als 48% der monatlich, an jener Übergabestelle entnommenen Wirkenergie übersteigt, wird das Entgelt für Blindarbeit in Rechnung gestellt.<sup>20</sup> Die Höhe des Entgelts richtet sich nach dem jeweils gültigen Preisblatt für Systemnutzung des Netzbetreibers und ist in Tabelle 4 angegeben.

Seit 2010 sind auf Grund einer Störung der Blindleistungskompensationsanlage (BlindLKA) Kosten für Blindarbeit in der Höhe von € 8.109,96 angefallen (siehe Tabelle 3).

<b>Jahr</b>	<b>Blindarbeit [kvarh]</b>	<b>Kosten Blindarbeit [€]</b>
2010	111.580	2.019,61
2011	108.010	1.955,00
2012	228.470	4.135,35
<b>Summe</b>	<b>448.060</b>	<b>8.109,96</b>

Tabelle 3: Verbrauch und Kosten von Blindarbeit seit 2010

### Ökostromförderbeitrag<sup>21</sup>

Der Ökostromförderbeitrag ist die erste Finanzierungskomponente des Ökostromförder-systems. Er wird jährlich per Verordnung neu festgelegt. Bei dem Ökostromförder-beitrag handelt es sich um einen einheitlichen prozentuellen Aufschlag auf das Netznutzungs- (NNE) und Netzverlustentgelt (NVE). Die Ökostrompauschale ist die

<sup>20</sup> Vgl. Stromnetz Steiermark GmbH (2013a)

<sup>21</sup> Vgl. Energie-Control Austria (2013 b)

zweite Finanzierungskomponente des Ökostromfördersystems ab 01.07.2012. Die Ökostrompauschale ist ein jährlicher Fixbetrag pro Zählpunkt und ist nach Netzebenen gestaffelt. Sie entspricht im alten System der Zählpunktpauschale, wobei sich die Pauschale der einzelnen Netzebenen etwas geändert hat.

- Kosten für Stromkunden bis 30.6.2012

Der von der OeMAG (Abwicklungsstelle für Ökostrom AG) zu Einspeisetarifen abgenommene und an alle Stromlieferanten zugeteilte Ökostrom wurde durch die zwei folgenden Komponenten finanziert. Die Verrechnungspreise für sonstigen Ökostrom und Kleinwasserkraft zu dem bis zum 30.06.2012 alle Stromlieferanten den zugewiesenen Ökostrom abnehmen mussten, waren die erste Finanzierungskomponente des Ökostromfördersystems. Sie wurden jährlich per Verordnung neu festgelegt und sind in Tabelle 4 unter „Mehraufwand für Ökostrom bis 30.06.2012“ angegeben. Die Zählpunktpauschale, war bis 30.06.2012 die zweite Finanzierungskomponente des Ökostromfördersystems, und war von jedem Stromkonsumenten pro Zählpunkt und Jahr direkt an den Netzbetreiber zu entrichten. Die Höhe der Zählpunktpauschale war abhängig von der Netzebene, und ist für die Netzebene 6 in Tabelle 4 unter „Zählpunktpauschale bis 30.06.2012“ angegeben.<sup>22</sup>

- Ökostromförderbeitragsverordnung 2013

Mit Juli 2012 trat das neue Ökostromgesetz 2012 in Kraft und brachte einen neuen Aufbringungsmechanismus für die Kosten der Ökostromförderung mit sich. Dieser neue Aufbringungsmechanismus sieht einen Ökostromförderbeitrag für Leistung, Arbeit und Netzverluste vor, der bei den Netzgebühren gesondert ausgewiesen wird (siehe Tabelle 4). Daneben wird noch die separat bei den Netzkosten ausgewiesene Ökostrompauschale (vormals Zählpunktpauschale) in Höhe von € 320,- je Zählpunkt in der Netzebene 6 eingehoben.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Energie-Control Austria (2013 c)

<sup>23</sup> Energie-Control Austria (2013 d)

Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung:

Die Jahresdauerlinie stellt den Leistungsbedarf über der jeweiligen Nutzungszeit dar. Es wird ersichtlich, wie viele Stunden pro Jahr eine bestimmte Leistung benötigt wird. Anhand der Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung ist zu erkennen, dass es nur seltene Lastspitzen gibt. Im Jahr 2012 wurde die vertraglich vereinbarte Leistung von 402 kW nur 33 Mal, innerhalb einer Viertelstunde, überschritten. Die Höhe der Leistungsüberschreitung sowie der Zeitpunkt sind in Tabelle 51 des Anhangs zu entnehmen. Die Maximalleistung 2012 beträgt 436 kW und trat am Donnerstag, 05.07.2012 um 08:15 Uhr auf. Die elektrische Grundlast liegt zwischen 140 kW und 320 kW.

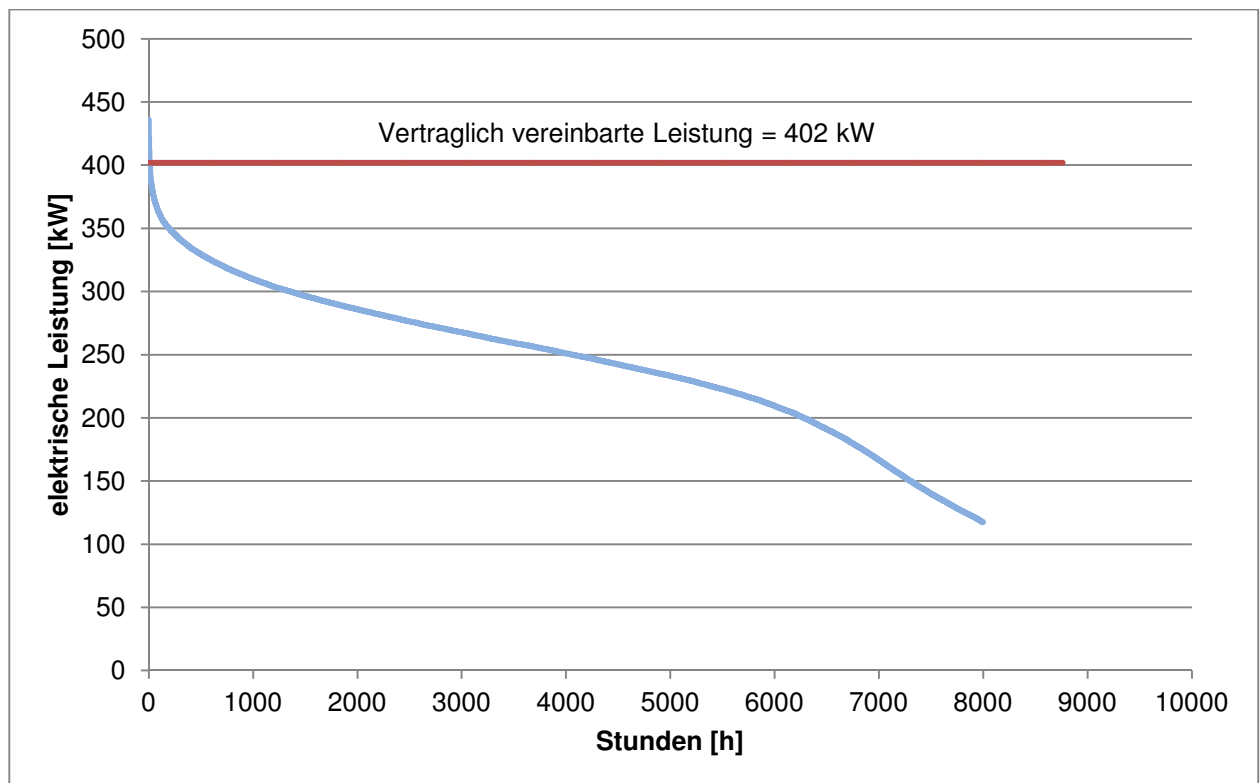


Abbildung 8: Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung

<b>Netztarife</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Leistungspreis [€/kW/Jahr]	26,04	25,56	26,28
Sommer Hochtarif [Cent/kWh]	1,65	1,62	1,66
Sommer Niedertarif [Cent/kWh]	1,00	0,98	1,01
Winter Hochtarif [Cent/kWh]	1,65	1,62	1,66
Winter Niedertarif [Cent/kWh]	1,00	0,98	1,01
Blindarbeit [Cent/kvarh]	1,81	1,81	1,81
Netzverluste [Cent/kWh]	0,18	0,18	0,172
Elektrizitätsabgabe [Cent/kWh]	1,50	1,50	1,50
Zählpunktpauschale bis 30.06.2012 [€/Jahr]	300,00	300,00	
Mehraufwand für Ökostrom bis 30.06.2012 [Cent/kWh]	0,74	0,35	
Ökostrompauschale ab 01.07.2012 [€/Jahr]		320,00	320,00
Ökostromförderbeitrag (Leistung) ab 01.07.2012 [€/kW/Jahr]		5,380	8,542
Ökostromförderbeitrag (Arbeit) ab 01.07.2012 [Cent/kWh]		0,215	0,349
Ökostromförderbeitrag (Netzverluste) ab 01.07.2012 [Cent/kWh]		0,038	0,035
Netzbereitstellungsentgelt [€/kW]	139,00	139,00	139,00
Entgelt für Messleistung <sup>24</sup> [€/Jahr]	636,00	636,00	636,00

Tabelle 4: Netztarife in der Ebene 6 laut Stromnetz Graz GmbH & Co KG (Netto Preise)<sup>25</sup>

### **2.1.1.2 Elektrische Energieversorgung**

Die Stromversorgung am Produktionsstandort der Bäckerei Sorger erfolgt durch die Energie Graz GmbH & Co KG.

#### **Energieliefervertrag**

Mit diesem Vertrag wird ausschließlich die Lieferung elektrischer Energie geregelt. Dieser Vertrag ersetzt alle bestehenden Stromlieferverträge mit der Energie Graz. Der Energieliefervertrag trat mit 01.01.2011, 00:00 Uhr in Kraft und endet am 31.12.2012, 24:00 Uhr, ohne dass es einer weiteren Kündigung bedarf. Er wurde zwischen Sorger Albin KG, Eggenberger Allee 36, 8020 Graz und der Energie Graz GmbH & Co KG, Schönaugürtel 65, 8010 Graz, abgeschlossen.

<sup>24</sup> Vgl. Stromnetz Graz GmbH & Co KG (2013 a)

<sup>25</sup> Vgl. Stromnetz Graz GmbH & Co KG: Entgelte für Systemnutzung (2011, 2012, 2013)

### Liefermenge:

Die Bäckerei Sorger kauft die gesamte Jahreswirkarbeitsmenge für alle Standorte gemeinsam über die European Energy Exchange (EEX) ein. Die für das Jahr 2012 vertraglich festgelegte Jahreswirkarbeitsmenge beträgt 3,8 GWh, die vereinbarte Mindestabnahmemenge beträgt 75 % von der vereinbarten Liefermenge. Der Indexformel gem. Pkt. 3.1 des Energieliefervertrages liegt ein Lastgang mit einem Verhältnis peak/offpeak von 47 % - 53 % zugrunde. Der Lastgang entspricht dem Abnahmeverhalten des Kunden. Vor Beginn des jeweiligen Lieferjahres vorhersehbare Abweichungen von der oben beschriebenen Lastgangcharakteristik (peak/offpeak-Verhältnis) um mehr als 10 %, sind an die Energie Graz zu melden. In diesem Fall erfolgt eine Neubewertung des Lastganges und eine Adabtierung der Indexformel.

### Energiepreis:

Der Energiepreis wird mit Indexformeln (pro Lieferperiode) berechnet und ergibt für 2012 einen Energiepreis von 61,71 €/MWh. Basis für die Indexberechnung bilden die auf der European Energy Exchange (EEX) notierten Abschlusskurse der Phelix-Future-Preise für die Produkte der jeweiligen Lieferzeiträume. Die Beschaffung einer Lieferperiode erfolgt in maximal 2 Tranchen zu jeweils 50 % des Jahresbedarfs. Die Bäckerei Sorger kann somit an jedem EEX-Handelstag die Kaufentscheidung über den Gesamtbedarf des gewünschten Lieferzeitraumes treffen und diese Bestellung bis 8:30 Uhr des jeweiligen Tages der Energie Graz schriftlich mitteilen. Bei termingerechter Meldung werden für die Indexberechnung die Abrechnungskurse der jeweiligen Produkte, welche der bestellten Lieferperiode zugrunde liegen, am Tag der Bestellung berechnet. Wird die für das Folgejahr noch einzukaufende Energie nicht bis zum vorletzten EEX-Handelstag vor Weihnachten bestellt, so wird die noch nicht bestellte Energiemenge von der Energie Graz an diesem Tag eingekauft. Die Energiepreise berechnen sich laut Formeln mit den Abschlusskursen dieses Tages.

Tabelle 5 fasst den Stromverbrauch und die Stromkosten seit 2010 zusammen. Der Stromverbrauch stellt den gesamten jährlichen Energiebezug am Produktionsstandort dar. Die Leistung ist der Durchschnittswert der Monatsmaximalwerte der gemessenen Leistungsspitzen pro ¼ Stunde. Die Gesamtkosten des Stroms umfassen Energie und Netzkosten inkl. Leistungskosten, Blindarbeitskosten, und Angaben, exkl. USt.

Jahr	Stromverbrauch [kWh]	Leistung [kW]	Blindarbeitskosten [€]	Stromkosten [€]
2010	1.985.700	400	2.020	217.516
2011	2.006.920	398	1.955	206.563
2012	2.040.100	406	4.135	211.785

Tabelle 5: Jährlicher Stromverbrauch, -leistung und -kosten sowie Blindarbeitskosten 2010 bis 2012

Tabelle 6 gibt den Stromverbrauch und die -kosten 2012 pro Monat wieder, Abbildung 9 zeigt die monatliche Entwicklung seit 2010.

Monat	Stromverbrauch [kWh]	Leistung [kW]	Blindarbeitskosten [€]	Stromkosten [€]
Jänner	167.900	388	134,85	17.191,09
Februar	157.980	379	66,07	16.144,52
März	178.140	426	329,60	18.453,37
April	158.180	397	329,24	16.466,95
Mai	169.520	410	430,79	17.684,67
Juni	180.040	403	376,48	18.626,98
Juli	184.280	436	393,86	19.150,77
August	183.060	416	628,98	19.215,16
September	170.260	424	402,00	17.776,78
Oktober	172.240	422	453,95	18.014,00
November	161.900	406	320,56	16.850,08
Dezember	156.600	371	268,97	16.211,06
<b>SUMME</b>	<b>2.040.100</b>	<b>406,50</b>	<b>4.135,35</b>	<b>211.785,43</b>

Tabelle 6: Übersicht Strom 2012

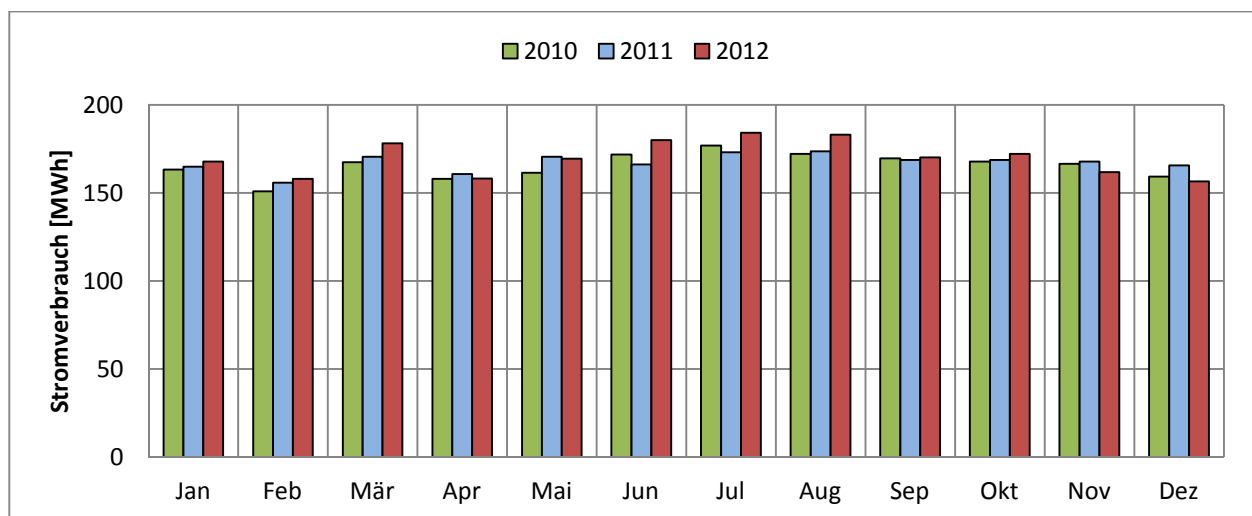


Abbildung 9: Monatlicher Stromverbrauch 2010 bis 2012



## 2.1.2 Erdgas

Erdgas wird in der Produktion der Bäckerei Sorger für Backprozesse, Warmwasserbereitung, Dampferzeugung und Beheizung eingesetzt. Die gesamten Kosten für den Bezug von Erdgas setzen sich aus Energiepreis, Netzentgelt, sowie Steuern und Abgaben zusammen. Die Erdgasversorgung sowie der Netzzugang erfolgt durch die Energie Graz GmbH & Co KG.

### 2.1.2.1 Netzbereitstellung

#### **Netzzugangsvertrag**

Der Netzzugangsvertrag trat mit 01.10.2002 um 0:00 Uhr, unbefristet, in Kraft und wurde zwischen Sorger Albin GmbH & Co KG, Eggenberger Allee 36, 8020 Graz und der Energie Graz GmbH & Co KG, Schönaugürtel 65, 8010 Graz, abgeschlossen.

Netzebene:	3
Maximale Stundenleistung	2.575 kWh/h

#### Netznutzungsentgelt:

Durch das Netznutzungsentgelt werden dem Netzbetreiber die Kosten für Errichtung, Ausbau, Instandhaltung, usw. abgegolten. Die in der Gas-Systemnutzungsentgelteverordnung (GSNE-VO) festgelegten Tarife werden nach Netzbereichen und -ebenen unterschieden.

Netznutzungstarif 2013:

Arbeitspreis in der Steiermark in der Netzebene 3 Zone A (0 - 5.000.000 kWh)  
= 0,5958 Cent/kWh

Leistungspreis = 0,421667 €/kWh/h/Monat (506 Cent/kWh/h)

#### Minderleistung:

Liegt die tatsächliche Stundenspitze eines Monats pro Zählpunkt unter 20% der vereinbarten Leistung, so werden jedenfalls 20% der vertraglich vereinbarten Leistung in Rechnung gestellt.

Höchstleistung:

Wird die vertraglich vereinbarte Höchstleistung innerhalb eines Monats pro Zählpunkt überschritten, wird für die Leistungsüberschreitung der doppelte Leistungspreis verrechnet.

**2.1.2.2 Erdgas Energieversorgung**

Die Erdgasversorgung am Produktionsstandort der Bäckerei Sorger erfolgt durch die Energie Graz GmbH & Co KG.

***Erdgasliefervertrag***<sup>26</sup>

Mit diesem Vertrag wird ausschließlich die Lieferung von Erdgas geregelt. Dieser Vertrag ersetzt alle bestehenden Erdgaslieferverträge mit der Energie Graz bzw. der Grazer Stadtwerke AG. Der Erdgasliefervertrag trat mit 29.11.2011 in Kraft, Lieferbeginn war am 01.01.2012, um 00:00 Uhr, Lieferende ist am 31.12.2014, 24:00 Uhr, ohne dass es einer weiteren Kündigung bedarf. Der Vertrag wurde zwischen Sorger Albin „zum Weinrebenbäcker“ nunmehr GmbH & CO, Eggenberger Allee 36, 8020 Graz und der Energie Graz GmbH & Co KG, Schönaugürtel 65, 8010 Graz, abgeschlossen

Jahresliefermenge:

380.00 Nm<sup>3</sup>/Jahr, 4.252.200 kWh/Jahr

Mindestabnahmemenge:

Der Kunde verpflichtet sich in jedem Lieferjahr die Mindestabnahmemenge abzunehmen. Bei Unterschreitung der vereinbarten Mindestabnahmemenge kann der vereinbarte Erdgaspreis nicht beibehalten werden und es wird dem Kunden am Ende des jeweiligen Lieferjahres, die tatsächlich abgenommene Menge bewertet mit  $P_0 = 28 \text{ €/MWh}$  in Rechnung gestellt (siehe nächste Seite).

---

<sup>26</sup> Vgl. Stromnetz Graz GmbH & Co KG, Netzzugangsvertrag (2012)

Energiepreis:<sup>27</sup>

- Der Erdgaspreis berechnet sich für 50% der Jahresvertragsmenge lt. der im Vertrag Nr. GE2-2011-011 vereinbarten Formel:

$$P = P_0 + 0,03546 * (FO_{3M} - 239,615) + 0,02280 * (GO_{6M_{0.1}} - 575,412)$$

P ...	monatlich neu berechneter Erdgaspreis [€/MWh]
P <sub>0</sub> ...	Basispreis für den Monat Jänner 2009; (P=P <sub>0</sub> )
FO <sub>3M</sub> ...	Fuel Oil, 1% (Schwefel), Barges FOB Rotterdam; Tageswerte High an Low veröffentlicht in „Platts European Market Scan“
GO <sub>6M<sub>0.1</sub></sub> ...	Gasoil 0,1 % (Schwefel), Barges FOB Rotterdam; Tageswerte High an Low veröffentlicht in „Platts European Market Scan“

Der Preis wird monatlich an die Entwicklung des Indexfaktors angepasst und im Nachhinein verrechnet.

- Für 50 % der Jahresvertragsmenge errechnet sich der monatliche Erdgaspreis gemäß nachstehender Formel:

$$P = P_{NCG} + 6,660 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

P ...	monatlich neu berechneter Erdgaspreis [€/MWh]
P <sub>NCG</sub> ...	„NCG front month index“ (siehe unten)

Der Energiepreis wird monatlich an die Entwicklung des „NCG front month index“ Indexfaktors angepasst und im Nachhinein verrechnet. Der „NCG front month index“ wird am letzten Arbeitstag (UK) des Monats in „Argus European Natural Gas - Daily Natural Gas Market Prices“ (Herausgeber: ARGUSMEDIA) in der Spalte „Indexes“; in €/MWh; veröffentlicht.

---

<sup>27</sup> Vgl. Zusatzvereinbarung zum bestehenden Erdgasliefervertrag (22.05.2012) und Erdgasliefervertrag Nr. GE2-2011, 29.11.2011

## **Steuern und Abgaben**

### Erdgasabgabe:

Wie auch Mineralöl, Flüssiggas und elektrische Energie spezifischen Steuern unterliegen, so wird mit der Erdgasabgabe auch Erdgas einer Besteuerung unterzogen. Die Erdgasabgabe in Österreich beträgt 6,60 Cent/Nm<sup>3</sup> (entspricht 0,5899 Cent/kWh).<sup>28</sup>

### Gebrauchsabgabe:

Die Gebrauchsabgabe ist die von einigen Gemeinden vorgeschriebene Abgabe für die Benutzung von öffentlichem Grund und Boden, z.B. durch Versorgungsleitungen für Erdgas. Die Regelung der Gebrauchsabgabe erfolgt durch Landesgesetze und beträgt maximal 6 % der Erlöse, welche das abgabepflichtige Unternehmen unter Verwendung der Erdgasleitungen auf öffentlichem Grund erzielt. Es bestehen aber auch landesgesetzliche Regelungen, wonach sich die Höhe der Gebrauchsabgabe nach dem Ausmaß der Inanspruchnahme öffentlichen Grundes (z.B. €/Meter Leitung) bemisst.<sup>29</sup>

## **Erdgasverbrauch**

Die Erdgasversorgung und -verteilung in der Bäckerei Sorger ist in Abbildung 10 schematisch dargestellt. In Abbildung 11 wird der gesamte Erdgasverbrauch dargestellt. In der Bäckerei Sorger teilt sich der gesamte Erdgasbezug auf zwei Gasleitungen auf, deren Verbrauch im Anhang in Abbildung 27 und Abbildung 28 gesondert dargestellt ist.

Es gibt 4 Gaszähler im Haus (siehe Tabelle 7). wobei jeweils 2 Zähler parallel in einer Gasversorgungsleitung installiert sind.

Gasleitung (Abbildung 10)	Zähler- nummer	Zählerart	Zählpunkt	Verbrauch 2012 [kWh]
1	6103405 (Z1)	DKZ 250	AT900249080200000000000000100170	<b>2.596.850</b>
	6103406 (Z2)	DKZ 250	AT900249080200000000000000100171	
2	6103394 (Z3)	DKZ 160	AT900249080200000000000000100173	<b>1.976.841</b>
	6103395 (Z4)	DKZ 160	AT900249080200000000000000100172	

Tabelle 7: Übersicht Gaszähler

DKZ... Drehkolbenzähler

An der Gasleitung 1 (Zählernummer 6103405 und 6103406) sind folgende Verbraucher angeschlossen:

<sup>28</sup> Energie-Control Austria (2013 e)

<sup>29</sup> Energie-Control Austria (2013 e)

- EG: Dampfkessel, 6x Etagenbacköfen (Monsun), 5x Stikkenofen (König)
- 1.Stock: 5x Stikkenofen (König), Gaskocher (Konditorei und Küche)
- 2.Stock: Fettbackanlage (TEMAC 2)

An Gasleitung 2 (Zählernummer 6103394 und 6103395) sind Thermoölkessel und Heizkessel angeschlossen.

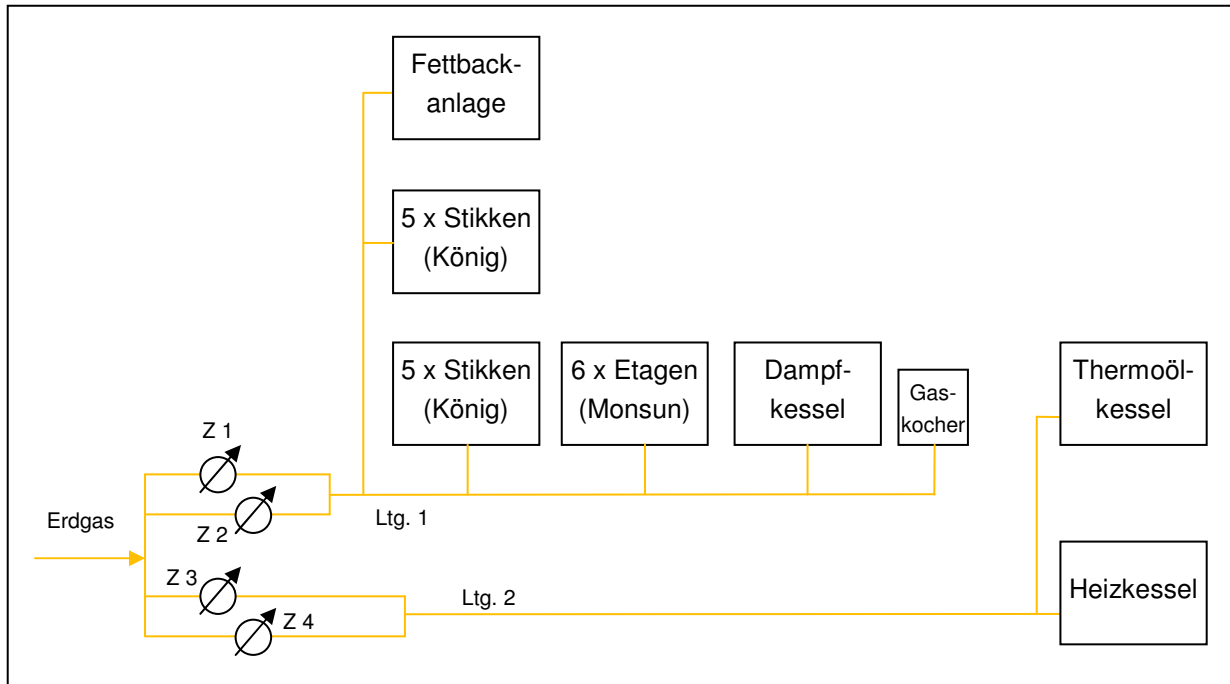


Abbildung 10: Schema der Erdgasverwendung

Der durchschnittliche Gasverbrauch pro Monat beträgt im Jahr 2012 ca. 381.100 kWh. Die Schwankungen sind sowohl auftrags- als auch saisonbedingt.

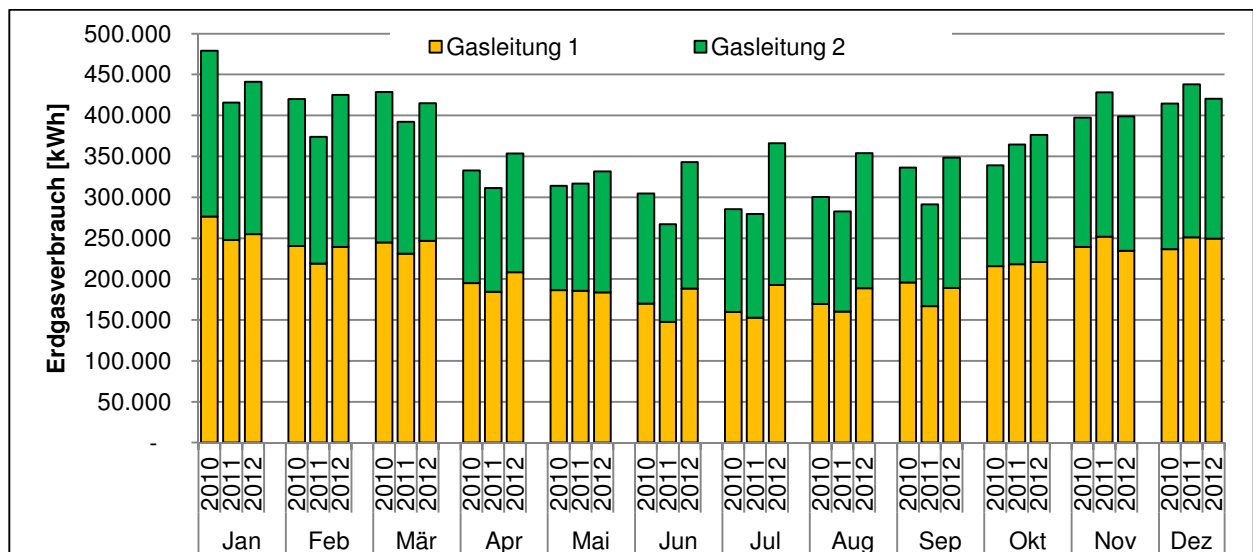


Abbildung 11: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 1 und 2 von 2010 bis 2012

### 2.1.3 Zusammenfassung Energiebezug

In Tabelle 8 ist der gesamte Endenergiebezug im Jahr 2012 nach Art des Energieträgers sowie der Preis pro Verrechnungseinheit [€/kWh] zusammengefasst:

Endenergieträger	Verbrauch [kWh/a]	Kosten [€/a]	Energiepreis [€/kWh]
Strom	2.040.100	211.785,43	0,1038
Erdgas	4.573.692	209.168,47	0,0457
<b>Summe</b>	<b>6.613.792</b>	<b>420.953,90</b>	

Tabelle 8: Zusammenfassung Energiebezug, Kosten und Preis 2012

Wie in Abbildung 12 ersichtlich, teilt sich der Energieverbrauch in 1/3 Strom- und 2/3 Erdgasverbrauch auf. Durch den höheren Strompreis sind die Energiekosten in etwa gleich. Die Energiekosten verstehen sich inklusive Abgaben, exklusive Steuer.

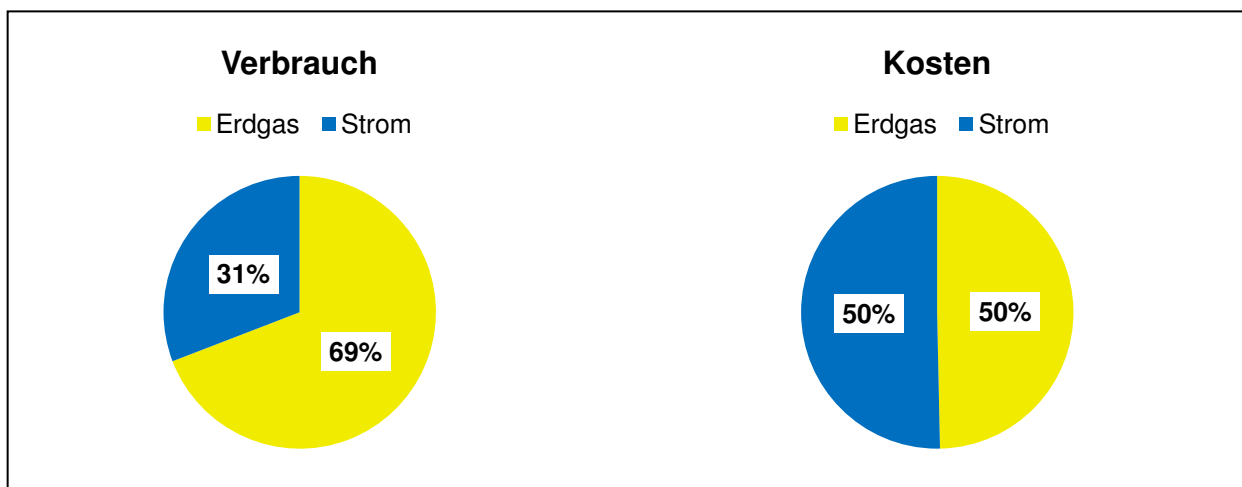


Abbildung 12: Energie- und Kostenverteilung nach Energieträger 2012

## **2.2 Energieumwandlung und -verteilung**

In diesem Abschnitt werden jene Anlagen beschrieben, welche die dem Betrieb zugeführten Energieträger, das sind elektrische Energie und Erdgas, in die in nachfolgenden Prozessen benötigten Energieträger umwandeln, verteilen oder speichern. Alle Energiekosten beziehen sich auf die Energiepreise 2012 (siehe Tabelle 8).

### **2.2.1 Zentrale Wärmeversorgungsanlagen und Wärmeverteilungsnetze**

Als Wärmeträgermedien werden in der Produktion der Bäckerei Sorger Thermoöl, Wasser sowie Wasserdampf verwendet. Die zur Wärmeerzeugung genutzten Kessel werden im Folgenden beschrieben.

#### **2.2.1.1 Heizkessel**

Die Raumbeheizung des an die Produktion angeschlossenen Cafes der Bäckerei Sorger, sowie das Bürogebäude erfolgt mittels erdgasbetriebenem Heizkessel des Typs Uno 3 105 der Firma Hoval GmbH. Außerdem wird das gesamte Warmwasser über einen Plattenwärmetauscher erwärmt und in 4 Trinkwasserspeicher bereitgestellt. Der Kessel schaltet ab, wenn im Speicher 1 eine Temperatur von 55°C° erreicht wird. Aufgrund der fehlenden Kenntnis über die Funktion und die Betriebszustände der Warmwasserbereitung, wird im ersten Schritt das Schema der Warmwasserbereitung erstellt und die unterschiedlichen Betriebszustände analysiert. Das hydraulische Schema der Warmwasserbereitung mit den unterschiedlichen Betriebszuständen ist im Anhang ab Seite 148 dargestellt.

Das Warmwasser wird einerseits direkt vom Heizkessel aus (über den Wärmetauscher) zum Verbrauch geleitet, weiters ist es im Falle eines großen Warmwasserbedarfs möglich, den Bedarf zusätzlich aus den bevorrateten Warmwasserspeichern zu entnehmen. Dieses System vereint die Vorteile der schnellen Versorgung direkt vom Heizkessel aus (über den Wärmetauscher) sowie den Vorteil der großen Vorratsmenge in den Warmwasserspeichern, für großen Leistungsbedarf.

Hersteller	Hoval GmbH, Marchtrenk
Type	Hoval Uno 3 105
Baujahr	1993
Wärmeerzeuger	265 Liter, 9,03m <sup>2</sup> , 3,0 bar
Wärmeerzeuger Solltemperatur	75°C
Warmwasser Solltemperatur	57°C
Warmwasserverbrauch 2012 <sup>30</sup>	3480 m <sup>3</sup> (Ø 290 m <sup>3</sup> / Monat)
Erdgasbrennertyp	ELCO Type: EK 02.12 GZV
Reglertyp	2-stufig gleitend über Kesselsteuerung Theta
Wärmetauscher	GEA Plattenwärmetauscher, Happel KG, Gaspoltshofen, Type VT 4 H. 24 H, Baujahr 2003
Heizbetrieb 2012	bis 14.04.2012 und ab 11.10.2012 (=186 Tage)
Nennleistung	105 kW

Tabelle 9: Technische Daten des Heizkessels und der Warmwasserbereitung<sup>31</sup>

- Jährliche Energieverbrauch des Heizkessels

Der Energieverbrauch des Heizkessels wird über Lastanteil, den jährlichen Betriebsstunden und der durchschnittlichen Kesselleistung, wie folgt ermittelt:

- Ermittlung des Lastanteils

Auslesedatum	Tage	Zählerstand [h]	Laufzeit [h]
17.05.2011 <sup>32</sup>		649	
13.12.2012 <sup>33</sup>	576	7041	6392

Tabelle 10: Betriebsstunden des Heizkessels

Die Betriebsstunden des Heizkessels zwischen 17.05.2011 und 13.12.2012 betragen 6392 h. Da die Zeitspanne zwischen den Auslesezeitpunkten 576 Tage beträgt, wird der Lastanteil wie folgt berechnet:

<sup>30</sup> Aufzeichnungen der Werkstätte „Zählerstände Wasser.xls“

<sup>31</sup> Werte aus technischen Datenblättern und Emissionsprotokolle „Kessel“ HAUZENDORFER (2012)

<sup>32</sup> Emissionsprotokolle „Kessel“ HAUZENDORFER (2012)

<sup>33</sup> Ausgelesen aus der Steuerung des Heizkessels



$$p_{Last} = \frac{t_{Last}}{t_{Mess}} = \frac{6392 \text{ h}}{576 \text{ d} * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} = 46,24 \%$$

- $p_{Last}$  ... Lastanteil [%]
- $t_{Last}$  ... Laststunden [h]
- $t_{Mess}$  ... Dauer des Beobachtungszeitraumes [h]

- Die jährlichen Betriebsstunden betragen somit ca. 4.050 h/a:

$$t_{Last} = p_{Last} * t_{ges} = 46,24 \% * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} * 365 \frac{\text{d}}{\text{a}} = 4050,5 \frac{\text{h}}{\text{a}}$$

- Durchschnittliche Kesselleistung

Da es sich um eine gleitende Kesselsteuerung handelt, kann die durchschnittliche Leistung vom Erdgasbrenner nur näherungsweise ermittelt werden. Nach Rücksprache mit Markus Podrepsek der Firma Hauzendorfer & Kober GmbH kann von einer jährlich-durchschnittlichen Leistung von 75 %, bzw. 99 kW ausgegangen werden.

- Berechnung des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch wird mittels durchschnittlicher Kesselleistung und jährlichen Betriebsstunden berechnet:

$$W_{HK} = P_{HK} * t_{Last} = 99 \text{ kW} * 4050,5 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 400.998 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

- $W_{HK}$  ... Energieverbrauch des Heizkessels
- $P_{HK}$  ... Durchschnittliche Kesselleistung [kW]

Der Energieverbrauch des Heizkessels beträgt rund 401 MWh.

<b>Energieverbrauch des Heizkessels</b>	<b>400.998 kWh/a</b>
<b>Energiekosten</b>	<b>18.326 €/a</b>

**Verluste des Heizkessels und der Wärmeverteilung**

Dazu zählen die Rauchgas- und Rohrleitungsverluste.

- Rauchgasverluste

Die Berechnung der Rauchgasverluste des Heizkessels erfolgte analog der Berechnung der Thermoölkessel. Der Gasdurchsatz wurde von der Firma HAUZENDORFER & KOBER GmbH gemessen und im Emissionsprotokoll angegeben. Aus dem Gasdurchsatz kann die Leistung bei Minimal- und Maximallast nach folgender Formel<sup>34</sup> berechnet werden:

$$\begin{aligned}
 \text{Umrechnungsfaktor} &= \text{Brennwert } 11,19 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \times \text{Zustandszahl } 0,932 \frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \\
 &= 10,42908 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

	Gasdurchsatz [Bm³/h]	Leistung [kW]	Wirkungsgrad [%]
Minimal Last	3,7	38,5876	96,3
Maximal Last	12,7	132,449	94,2

Tabelle 11: Leistung und Wirkungsgrad des Heizkessels<sup>35</sup>

Der Kesselwirkungsgrad wird mit 94,9 % durch lineares Interpolieren (siehe Anhang Seite147) der Werte in Tabelle 11 berechnet. Mit einer jährlichen Durchschnittsleistung von 99 kW, betragen die Rauchgasverluste des Heizkessels 20.257 kWh.

$$Q_{RGV} = W_{HK} * (1 - \eta_{HK}) = 400998 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * 5,1\% = 20257 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Q<sub>RG\_V</sub> ... Rauchgasverluste  
 η<sub>HK</sub> ... Kesselwirkungsgrad [%]

<b>Rauchgasverluste des Heizkessels</b>	<b>20.257 kWh/a</b>
---	---------------------

- Verluste durch ungedämmte Rohrleitungen:

Die Verluste durch ungedämmte Rohrleitungen werden mit 100 W/m Rohrlänge<sup>36</sup> berechnet, mit Wärmedämmung würde sich dieser Wert auf ca. 10 %, also 10W/m<sup>37</sup>,

<sup>34</sup> Gas-Systemnutzungstentgelte-Verordnung 2013 (GSNE-VO 2013)

<sup>35</sup> Emissionsprotokolle „Kessel“ HAUZENDORFER (2012)

minimieren. Die Gesamtlänge der ungedämmten Rohrleitungen im Kesselraum beträgt ca. 35 m. Daraus ergeben sich jährliche Verluste durch ungedämmte Leitungen von 30.660 kWh pro Jahr.

$$Q_{RLV} = l_{RI} * p_{RI} * 8760 \frac{h}{a} = 35 \text{ m} * 0,100 \frac{kW}{m} * 8760 \frac{h}{a} = 30660 \frac{kWh}{a}$$

$Q_{RLV}$  ... Rohrleitungsverluste [kWh/a]  
 $l_{RI}$  ... Rohrlänge [m]  
 $p_{RI}$  ... spezifische Verlustleistung pro Meter Rohrlänge [kW/m]

<b>Rohrleitungsverluste Warmwasserbereitung</b>	<b>30.660 kWh/a</b>
---	---------------------

- Gesamte Verluste Warmwasserbereitung

Werden diese Verluste summiert, erhält man die jährlichen Verluste der Warmwasserbereitung:

$$Q_V = Q_{RGV} + Q_{RLV} = 20.257 \frac{kWh}{a} + 30.660 \frac{kWh}{a} = 50.917 \frac{kWh}{a}$$

$Q_V$  ... Verluste [kWh/a]

<b>Gesamte Verluste Warmwasserbereitung</b>	<b>50.917 kWh/a</b>
<b>Kosten durch Verluste</b>	<b>2327 €/a</b>

- Wirkungsgrad der Zentralheizung

Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage kann unter Berücksichtigung der jährlichen Verluste und des gesamten Energieverbrauchs des Heizkessels, wie folgt berechnet werden:

$$\eta_{gesZH} = \frac{W_{HK} - Q_V}{W_{HK}} = \frac{401MWh - 51MWh}{401MWh} = 87,30 \%$$

$\eta_{gesZH}$  ... Wirkungsgrad der Zentralheizung  
 $W_{HK}$  ... Energieverbrauch des Heizkessels

<sup>36</sup> VDI Wärmeatlas 2006, Seite Eb5, Bild 8.

<sup>37</sup> Vgl. ikz.de Online Ausgabe 3/2004, Seite 3

**Energieverbrauch zur Warmwasserbereitung**

Der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung wird über den jährlichen Warmwasserverbrauch 3425 m<sup>3</sup>/a<sup>38</sup> und die dazu benötigte Energie zur Erwärmung des Warmwassers auf 57 °C berechnet (Kaltwassertemperatur 12 °C). Der Energieverbrauch des Heizkessels zur Bereitstellung dieser Energie wird unter Berücksichtigung des Wirkungsgrads der Zentralheizung berücksichtigt. Damit ergibt sich ein Energieverbrauch des Heizkessels zur Warmwasserbereitstellung von 205.333 kWh.

$$Q_{Ww} = m_{Ww} * c_w * \Delta T = 3425 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 45\text{K} * \frac{\text{kWh}}{3600 \text{ kJ}}$$

$$= 179256 \text{ kWh}$$

$$W_{Gas_{Ww}} = \frac{Q_{Ww}}{\eta_{gesZH}} = \frac{179256 \text{ kWh}}{87,3 \%} = 205333 \text{ kWh}$$

- Q<sub>Ww</sub> ... Energiebedarf: erforderliche Wärmeenergie zum Erwärmen des Wassers [kWh]
- m<sub>Ww</sub> ... Masse des jährlich verbrauchten Warmwassers [kg]
- c<sub>w</sub> ... spezifische Wärmekapazität von Wasser [kJ/kgK]
- ΔT ... Temperaturdifferenz (Kaltwasser 12°C, Warmwasser 57°C) [K]
- W<sub>Gas\_Ww</sub> ... Erdgasenergieverbrauch zur Bereitstellung des Warmwassers [kWh]
- η<sub>K</sub> ... Kesselwirkungsgrad [%]

<b>Energieverbrauch zur Warmwasserbereitung</b>	<b>205.333 kWh/a</b>
<b>Energiekosten</b>	<b>9.384 €/a</b>

**Energieverbrauch Raumheizung**

Der Energieverbrauch für die Raumheizung des an die Produktion der Bäckerei Sorger angeschlossenen Cafes sowie des Bürogebäudes, ergibt sich aus der Energiebilanz:

$$W_{RH} = W_{HK} - W_{GASWw} = 400998 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} - 205333 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 195665 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

W<sub>RG</sub> ...Energieverbrauch für die Raumheizung

<b>Energieverbrauch Raumheizung</b>	<b>195.665 kWh/a</b>
<b>Energiekosten</b>	<b>8.942 €/a</b>

<sup>38</sup> Aufzeichnungen der Werkstätte „Zählerstände Wasser.xls“

Der Energieverbrauch des Heizkessels nach Verwendungsart, sowie der Nutzenergieinhalt (exklusive Umwandlungs und Verteilungsverluste) sind in Tabelle 12 angegeben.

<b>Verwendung</b>	<b>Energieverbrauch [kWh]</b>	<b>Nutzenergie [kWh]</b>
Warmwasser	205.333	179.256
Raumheizung	195.665	170.815
<b>Energieverbrauch gesamt</b>	<b>400.998</b>	<b>350.071</b>

Tabelle 12: Energieverbrauch und Nutzenergieinhalt nach Verwendungsart

Der jährliche Energieverbrauch des Heizkessels zur Bereitstellung des Warmwassers ist etwas höher als jener zur Raumbeheizung.

### **2.2.1.2 Thermoölanlage**

Der synthetische Wärmeträger (in weiterer Folge „Thermoöl“ genannt) wird in zwei erdgasbetriebenen Heizkesseln der Firma HTT energy GmbH mit einer Nennleistung von jeweils 465 kW über einen Rohrwendelwärmetauscher erhitzt. Das Thermoöl dient als Wärmeträger zur indirekten Beheizung des DAUB 5-Etagen-Durchlaufofens und der DAUB Thermo-Roll-Öfen 1 bis 3.

Die Betriebszeiten der Thermoölkessel sind Sonntag bis Freitag von 9:00 - 12:00 und 15:30 - 03:00 Uhr. Die Backtemperaturen betragen 220°C bis 250°C, die Vorlauf-Solltemperatur des Thermoöls beträgt 270°C.

Der jährliche Erdgasverbrauch der Thermoölkessel kann durch Auswertung der Verbrauchsdaten (Gasleitung 2, Zählernummer: 6103394 und 6103395) zugeordnet werden, weil auf dieser Gasleitung neben den Thermoölkesseln nur der Heizkessel, dessen Erdgasverbrauch über die Betriebsstunden bestimmt werden kann, angeschlossen ist. Der Energieverbrauch der Gasleitung 2 im Jahr 2012 beträgt rund 1.977 MWh. Der jährliche Energieverbrauch des Heizkessels ist 401MWh, die Differenz stellt den Energieverbrauch der Thermoölkessel dar und beträgt 1.576 MWh im Jahr 2012, das sind rund 24 % des gesamten Energieverbrauchs bzw. 35 % des Erdgasverbrauchs.

<b>Energieverbrauch Thermoölkessel</b>	<b>1.575.843 kWh/a</b>
<b>Energiekosten</b>	<b>72.016 €/a</b>

Bei einem durchschnittlichen Gaspreis von 4,57 Cent/kWh im Jahr 2012, verursacht dieser Erdgasverbrauch Energiekosten in der Höhe von € 72.016,-.

Technische Daten der Thermoölanlage sind in Tabelle 13 angegeben, das Anlagenschema ist dem Anhang (Abbildung 31) zu entnehmen.

<b>Ersteller der Anlage</b>	Franz Daub u. Söhne GmbH u Co. Postfach 54 05 30 D 22505 Hamburg
<b>Art</b>	Wärmeübertragungsanlage nach DIN 4750
<b>Baujahr</b>	1992
<b>Betriebszeiten</b>	Sonntag bis Freitag von 9:00 - 12:00 und 15:30 - 03:00 Uhr
<b>Gesamtleistung</b>	930 kW

Tabelle 13: Technische Daten der Thermoölanlage

Die beiden Erhitzer sind von der Firma HTT energy GmbH (vormals Hoch Temperatur Technik GmbH, Herford) und verfügen über eine Nennleistung von jeweils 465 kW. Als Wärmeträger wird ein synthetischer Wärmeträger DECAL HT 22 von der Firma DEA Mineralöl AG verwendet. Die technischen Daten sind im Anhang in Tabelle 52 angegeben.

### ***Verluste der Thermoölanlage***

- Rauchgasverluste

Durch Auswertung der Lastprofilwerte der Erdgasleitung 2 kann eine durchschnittliche Kesselleistung von 337 kW ermittelt werden. Der Kesselwirkungsgrad wird unter Berücksichtigung der in den Emissionsprotokollen der Firma Hauzendorfer & Kober GmbH ermittelten, feuerungstechnischen Wirkungsgrade, durch lineares Interpolieren (Seite 147) berechnet.

	<b>Leistung [kW]</b>	<b>Wirkungsgrad [%]</b>
Min. Last	240	90,45
Max. Last	1100	87,50

Tabelle 14: Wirkungsgrade der Thermoölkessel<sup>39</sup>

Der Wirkungsgrad bei einer Leistung von 337 kW beträgt demnach 0,9012. Damit können die Rauchgasverluste wie folgt berechnet werden:

$$V_{RG} = Q_{FW} * (1 - \eta_F) = 1575843 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * (1 - 90,12\%) = 155693 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

$V_{RG}$  ... Rauchgasverluste [MWh]

$Q_{FW}$  ... Feuerungswärmeleistung [MWh]

$\eta_F$  ... Feuerungstechnischer Wirkungsgrad: Abgasverluste nach Sievert, ohne Stillstand-, Durchlüftungs-, Strahlungsverluste

**Rauchgasverluste beider Thermoölkessel**

**155.693 kWh/a**

- Verteilungsverluste:

Die Verluste in der Verteilung des Thermoöls werden über den Temperaturabfall des Thermoöls während eines Stillstands der Anlage berechnet. Dazu wird die Verlustwärmeleistung, über den Temperaturabfall des Thermoöls bei Stillstand, ermittelt. Es zeigte sich ein Temperaturabfall von 270 °C (während des Backvorganges) auf rund 210 °C, nachdem die Anlage 6 Stunden außer Betrieb war, also nicht beheizt wurde. Die Wärmeverlustleistung berechnet sich wie folgt:

$$p_{Ltg} = \frac{Vol_{Wt} * \rho_{Wt} * c_p * \Delta T}{t_{Messung}} = \frac{3,55 \text{ m}^3 * 792 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * 60 \text{ K}}{5 \text{ h} * 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}} = 23,43 \text{ kW}$$

$p_{Ltg}$  ... Wärmeverlustleistung der Verteilungsleitungen [kW]

$Vol_{Wt}$  ... Gesamtes Volumen des Wärmeträgers [m<sup>3</sup>]

$\rho_{Wt}$  ... Dichte des Wärmeträgers [kg/m<sup>3</sup>]

$c_p$  ... Spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers (siehe Tabelle 52 im Anhang) [kJ/kgK]

$\Delta T$  ... Temperaturabfall des Wärmeträgers während Stillstand (im Betrachtungszeitraum) [K]

$t_{Messung}$  ... Betrachtungsdauer [h]

<sup>39</sup> Emissionsprotokolle „Kessel“ HAUZENDORFER (2012)

Unter der Annahme, dass die Verluste das ganze Jahr über konstant sind, betragen diese 205.247 kWh/a.

$$V_{Ltg} = 8760 \frac{h}{a} * 23,43 \frac{kWh}{h} = 205247 \left[ \frac{kWh}{a} \right]$$

$V_{Ltg}$ ... jährliche Verteilungsverluste [kWh]

<b>Verteilungsverluste der Thermoölanlage</b>	<b>205.247 kWh/a</b>
---	----------------------

- Gesamte Verluste der Thermoölanlage

Werden die zuvor besprochenen Verluste summiert, erhält man die gesamten jährlichen Verluste der Thermoölanlage.

$$Q_{Verl}[MWh] = V_{RG}[MWh] + V_{Ltg}[MWh] = 360940 kWh$$

<b>Gesamte Verluste der Thermoölanlage</b>	<b>360.940 kWh/a</b>
<b>Kosten durch Verluste</b>	<b>16.495 €/a</b>

- Wirkungsgrad der gesamten Anlage

Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage kann unter Berücksichtigung der jährlichen Verluste und des gesamten Energieverbrauchs der Anlage, wie folgt berechnet werden:

$$\eta_{ges} = \frac{Q_{FWL} - Q_{Verl}}{Q_{FWL}} = \frac{1576 [MWh] - 361 [MWh]}{1576 [MWh]} = 77,1 \%$$

Seit 18.02.2012 wird das Sonntagsgebäck für die Filialen, durch eine organisatorische Umstellung in der Produktion, nicht mehr im Thermoöl betriebenen DAUB 5-Etagen-Durchlauföfen hergestellt, sondern in den Erdgas beheizten Stikken Öfen. Dies führt, wie in Abbildung 13 ersichtlich, zu einer deutlichen Reduktion des Gasverbrauchs im Zeitraum von Samstag 18:00 bis Sonntag 03:00 Uhr. Diese Reduktion resultiert aus dem deutlich geringeren Energieaufwand zum Aufheizen der Stikkenöfen. So musste vor der Umstellung die gesamte Thermoölanlage mit den 3550 Litern Thermoöl, das gesamte Verteilungsnetz inklusive Umwälzpumpen und den zugehörigen Systemkomponenten erhitzt werden. Bei den Stikken Öfen fallen sämtliche Wärmeverteilungsverluste weg, weil diese direkt mit Erdgas betrieben werden. Die Energieersparnis dieser Maßnahme kann durch Auswertung der Erdgasverbrauchs-



werte vor und nach der Umstellung festgestellt werden und beträgt 810 kWh pro Woche. Jährlich ergibt sich dadurch eine Ersparnis in der Höhe von € 1925,-.

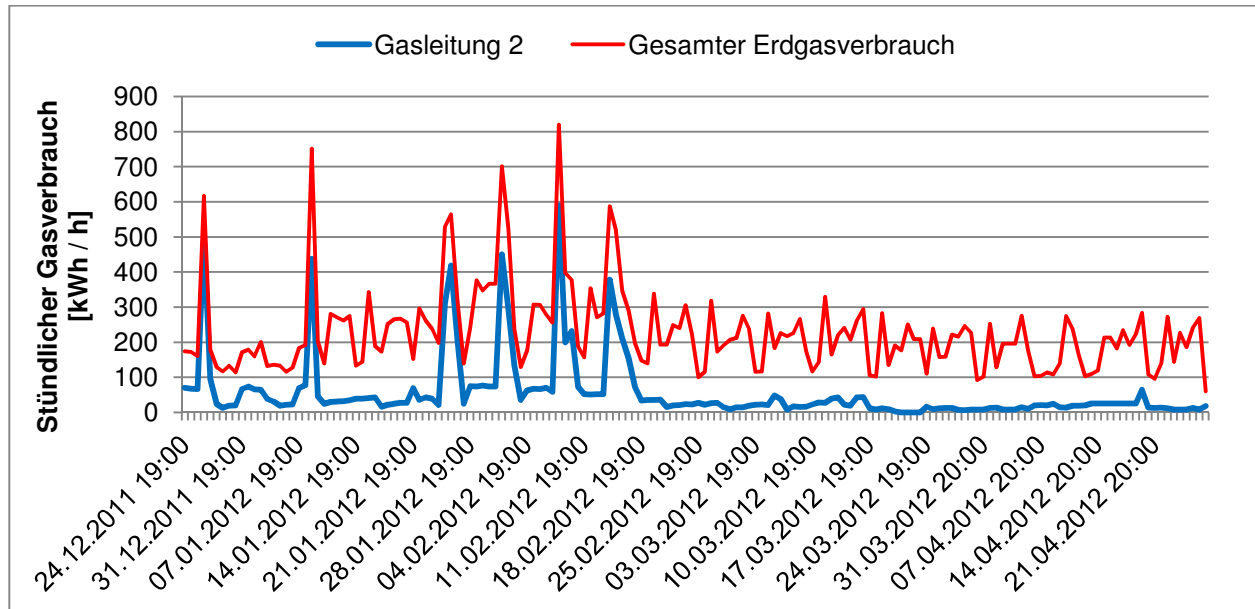


Abbildung 13: Erdgasverbrauch von Sa. 18 bis So. 3 Uhr, vor und nach der Optimierung am 18.02.2013

In Abbildung 13 ist der Erdgasverbrauch der Gasleitung 2 (versorgt Thermoölkessel und Heizkessel) sowie der gesamte Erdgasverbrauch, im Zeitraum von Samstag 18:00 bis Sonntag 03:00 Uhr dargestellt. Der Rückgang des Erdgasverbrauchs ist deutlich zu erkennen.

### 2.2.1.3 Dampfkessel Hoval TND – U 1400 „Erdgas“

Sattdampf wird mittels Heizgasrohr (Flammrohr-Rauchrohr) Niederdruckdampfkessel der Firma Hoval GmbH als Wärmeträger für die nachfolgend beschriebenen Verwendungszwecke erzeugt. Der Dampfkessel kann bis zu 1400 kg Sattdampf pro Stunde, bei einer Brennerleistung von 895 kW, erzeugen.

Da keinerlei Schema über die Dampfleitungen, die Dampfverwendung sowie die Kondensatrückführung vorliegt, wurde im ersten Schritt der Analyse des Dampfkessels ein Schema der Dampfleitungen und der Kondensatrückführung erstellt. Die Leitungen zur Kondensatrückführung verlaufen teilweise im Boden und im Mauerwerk, daher konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, an welcher Stelle das anfallende Kondensat zurückgeführt wird, und wo das Kondensat über den Abfluss verloren geht. Das Schema (Abbildung 14) beruht im Hinblick auf die Kondensatrückführung, teilweise

auf Annahmen, welche in Absprache mit den Mitarbeitern der firmeninternen Werkstätte getroffenen wurden. Bei Bedarf sollte die Kondensatrückführung näher analysiert werden.

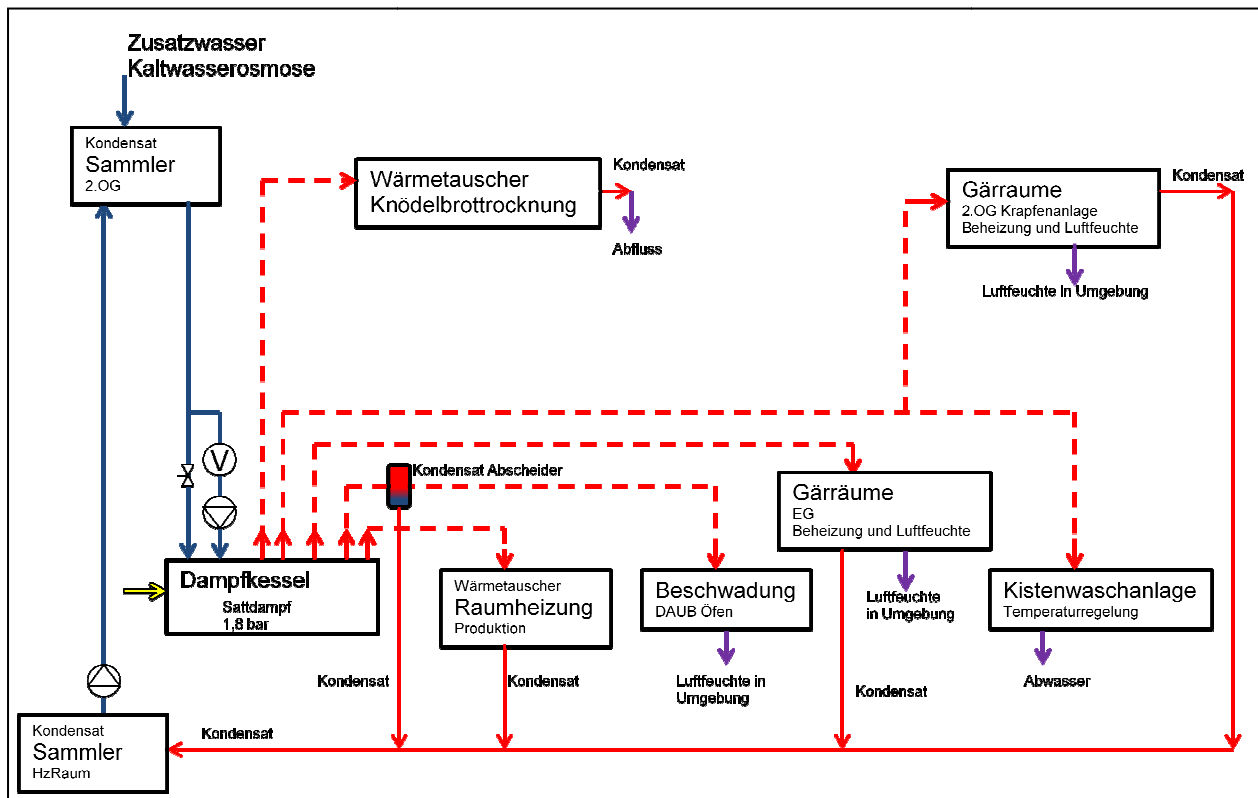


Abbildung 14: Schema der Dampfverwendung

Der erzeugte Satttdampf wird einerseits direkt zur Beschwädung (Bedampfen des Gebäcks im Ofen) und Luftfeuchteregelung und andererseits als Wärmeträger zur Beheizung verwendet. Der Satttdampf kommt in folgenden Bereichen zur Anwendung:

- Beschwädung/Luftfeuchteregelung von verschiedenen Öfen/Gärräumen
- Direktes Einspritzen des Dampfes in den Wassertank der Kistenwaschanlage zur Abdeckung der Wärmeverluste
- Raumheizung der Produktion über einen zentralen Wärmetauscher
- Beheizung der Gärräume über dezentrale Wärmetauscher in den Gärräumen
- Beheizung der Knödelbrotbackenanlage über einen dezentralen Wärmetauscher

Beschwadung:

Ein wesentlicher Bestandteil des Backprozesses ist das Bedampfen des Gebäcks im Ofen, das Beschwadern. Etwa ein Drittel des Energieverbrauchs eines Backofens entfällt auf die Beschwadung.<sup>40</sup>

**Ölbetriebener Dampfkessel**

Als Ausfallreserve dient der ölbetriebene Dampfkessel TND-U 1200 (Baujahr 1980) der Firma Hoval. Der Kessel war seit April 2011 lediglich 1 Stunde, während der jährlichen Emissionsmessungen, in Betrieb. Laut dem Emissionsprotokoll der Firma Hauzendorfer (2012) ist der Brenner „altersbedingt in technisch schlechtem Zustand - Betriebssicherheit fraglich“.

Kesselart	Hoval-Heizgasrohr (Flammrohr-Rauchrohr) Dampfkessel	
	Hoval TND-U 1400	Hoval TND-U 1200
Typ		
Baujahr	1986	1980
Fabr. Nr.	86464	nicht bekannt
Nennleistung [kW]	895	908
Dampfleistung max. [kg/h]	1400	nicht bekannt
Betriebsdruck max. [bar]	1	nicht bekannt
Wasserinhalt bis NW [Liter]	1420	nicht bekannt
Heizfläche [m <sup>2</sup> ]	25,31	nicht bekannt
Brennstoff	Erdgas	Heizöl EL
Brennertyp	ELCO EG 4A.120 R-P	ELCO ES 4.90 2D
Reglertyp	modulierend über BAELZ-Automatic 2290	2-stufig über Pessostat
Wirkungsgrad bei Max. (Min.) Last [%]	93,1 (94,9)	88,5 (96,0)
Brennstoffverbrauch bei Max. (Min.) Last	110 (30) Bm <sup>3</sup> / h	78 (40) kg / h
Heizwert (H <sub>u</sub> )	10,0 kWh / m <sup>3</sup>	11,86 kWh / kg

Tabelle 15: Technische Daten Dampfkessel

<sup>40</sup> Vgl. Energieinstitut der Wirtschaft GmbH ( 2011) S. 42 und Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 17

Die Daten in Tabelle 15 wurden von den Typenschildern der Dampfkessel abgelesen bzw. den technischen Datenblättern oder den Emissionsprotokollen der Firma Hauzendorfer & Kober GmbH entnommen.

Um den Energieverbrauch des Dampfkessels sowie die erzeugte Dampfmenge zu erfassen, wurde am 08.11.2012 ein zusätzlicher Wasserzähler in der Speisewasserleitung des Dampfkessels installiert (siehe Abbildung 14). Das Speisewasser des Dampfkessels setzt sich aus dem Zusatzwasser und dem rückgeführten Kondensat zusammen. Durch den neu installierten Wasserzähler wird die Gesamtmenge an Speisewasser erfasst, welche zur Dampferzeugung in den Dampfkessel gelangt. Das Kondensat wird im Kesselraum gesammelt. Ein Schwimmsensor regelt die Pumpe, welche das Kondensat in den 2. Stock pumpt, dort regelt ein weiterer Schwimmer den Zufluss an Frischwasser von der Kaltwasseroseanlage. Vom 2. Stock aus wird das Kondensat dann wieder zum Dampfkessel rückgeführt.

Zur weiteren Analyse wurde der Zählerstand folgender Wasserzähler von 08.11.2012 bis 02.02.2013 (entspricht 74 Tagen) mehrmals pro Woche abgelesen und protokolliert:

- Speisewasser Dampfkessel
- Zusatzwasser Dampfkessel (Zähler „Kaltwasserose - Dampfkessel“)

Das vollständige Messprotokoll ist im Anhang in Tabelle 53 zu finden.

Die rückgeführte Kondensatmenge ergibt sich aus der Differenz von Speisewasser und Zusatzwasser. In Tabelle 16 sind die im Beobachtungszeitraum gemessenen, sowie die daraus errechneten täglichen und jährlichen Durchflussmengen angegeben.

	<b>Beobachtungszeitraum</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>pro Tag</b> <b>[m<sup>3</sup>/d]</b>	<b>Pro Jahr</b> <b>[m<sup>3</sup>/a]</b>
Speisewasser	313,724	4,240	1.547,422
Zusatzwasser	124,935	1,688	616,233
Kondensatrückführung	188,789	2,551	931,189

Tabelle 16: Dampfkessel Durchflussmessung

- Erzeugte Dampfmenge:

Die durchschnittliche tägliche Speisewassermenge des Dampfkessels im Zeitraum von 08.11.2012 bis 02.02.2013 beträgt 4,240 m<sup>3</sup>, daraus ergibt sich unter der Annahme eines konstanten Verbrauchs, eine jährliche Speisewassermenge von 1547,422 m<sup>3</sup>/a. Dies entspricht 1.538.346 kg erzeugtem Dampf pro Jahr (Dichte des Speisewassers siehe Tabelle 17).

- Erdgasverbrauch des Dampfkessels:

Im Leitfaden für Energieaudits in Dampfsystemen<sup>41</sup> ist folgende indirekte Methode zum Abschätzen des Nutzungsgrades über Bewertung der Verluste angegeben:

$$\eta_K = 100\% - V_{Abgas} - V_{Abschlammung} - V_{Abstrahlung} = 100\% - 5,1\% - 3\% - 4\% = 87,9\%$$

$\eta_K$ ...	Kesselwirkungsgrad [%]
$V_{Abgas}$ ...	Abgasverluste 5,1 % <sup>42</sup>
$V_{Abschlammung}$ ...	Abschlamm- und Absalzverluste 3%
$V_{Abstrahlung}$ ...	Abstrahlverluste 4% <sup>43</sup>

- Abschlamm- und Absalzverluste:

Durch den Verdampfungsvorgang steigt der Salzgehalt und der Gehalt von weiteren gelösten Stoffen im Kesselwasser. Die Abschlammverluste sind abhängig von der Rohwasserqualität und der Art der Zusatzwasseraufbereitung und können bis zu 15 % und mehr betragen. Sie sollten unter 5 % liegen.<sup>44</sup> Durch die vorgeschaltete Kaltwasseroseanlange, können die Abschlammverluste mit 3 % angenommen werden.

Der Erdgasverbrauch kann durch Ableiten der Formel zur Berechnung des Nutzungsgrades im „Leitfaden für Energieaudits in Dampfsystemen“<sup>45</sup> wie folgt berechnet werden. In Tabelle 17 sind die zur Berechnung benötigten thermodynamischen Zustandsgrößen vom Speisewasser und Dampf angegeben.

$$EV_{DK} = \frac{\dot{m}_{Dampf} * (h''_{Dampf} - h_{Speisewasser})}{\eta_K} = \frac{1538346 \frac{kg}{a} * (2699,8 - 146,47) \left[ \frac{kJ}{kg} \right]}{87,9\% * 3600 \frac{kJ}{kWh}}$$

$$= 1241280 \frac{kWh}{a}$$

$EV_{DK}$ ...	Brennstoff-Energiebedarf zur Dampferzeugung
$\dot{m}_{Dampf}$ ...	Erzeugte Dampfmenge pro Jahr [kg/a]
$h_{Speisewasser}$ ...	spez. Enthalpie des Speisewassers (siehe Tabelle 17)
$h''_{Dampf}$ ...	spez. Enthalpie des Sattedampfs (siehe Tabelle 17)

<sup>41</sup> Vgl. Kulterer (2012), S.4f.

<sup>42</sup> Vgl. Emissionsprotokolle „Kessel“ (2012)

<sup>43</sup> Kulterer (2012), S.5

<sup>44</sup> Vgl. Kulterer (2012), S.5

<sup>45</sup> Vgl. Kulterer (2012), S. 4

<b>Energieverbrauch Dampfkessel</b>	<b>1.241.280 kWh/a</b>
<b>Energiekosten</b>	<b>56.727 €/a</b>

	Zustandsgröße	Einheit
Speisewasser Eintrittstemperatur	35	°C
Spezifisches Volumen Speisewasser am Eintritt	1,0059	dm <sup>3</sup> / kg
Spezifische Enthalpie Speisewasser am Eintritt	146,47	kJ/kg
Druck im Dampfkessel	1,8	bar
Siedetemperatur bei 1,8 bar	116,93	°C
$h_{\text{Speisewasser}}$ spez Enthalpie Speisewasser am Eintritt (35°C)	146,47	kJ/kg
$h^i_{\text{Kondensat}}$ : spez. Enthalpie Kondensat bei 1,8 bar	490,52	kJ/kg
$h^{ii}_{\text{Dampf}}$ :spez. Enthalpie Sattdampf bei 1,8 bar	2699,8	kJ/kg
Verdampfungswärme $r_D$	2209,28	kJ/kg
Dichte Sattdampf bei 1,8 bar	1,024	kg/m <sup>3</sup>

Tabelle 17: Zustandsgrößen Wasser und Wasserdampf<sup>46</sup>

- Durchschnittliche Brennerleistung

Die durchschnittliche Brennerleistung ergibt sich aus dem Quotienten von jährlichem Energieverbrauch und Betriebsstunden. Der Betriebsstundenzähler wurde von der Firma Hauzendorfer & Kober GmbH am 08.03.2012 im Zuge der Emissionsüberprüfung sowie am 21.01.2013 abgelesen. Die sich daraus ergebenden Betriebsstunden werden auf ein Kalenderjahr hochgerechnet.

Betriebsstundenzähler am 08.03.2012 <sup>47</sup> [h]	34.104,00
Betriebsstundenzähler am 21.01.2013 <sup>48</sup> [h]	37.123,68
Betriebsstunden im Auslesezeitraum [h]	3019
Tage im Auslesezeitraum [d]	319
Betriebsstunden pro Jahr [h/a]	3455

Tabelle 18: Betriebsstunden des Dampfkessels

$$t_{B_{Dk}} = t_{B_M} * \frac{365 \frac{d}{a}}{t_M} = 3019 \text{ h} * \frac{365 \frac{d}{a}}{319 \text{ d}} = 3455 \frac{h}{a}$$

<sup>46</sup> Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik: Thermodynamik - Studienblätter (2004)

<sup>47</sup> Vgl. Emissionsprotokolle „Kessel“ (2012)

<sup>48</sup> Abgelesen am Betriebsstundenzähler des Dampfkessels

Die durchschnittliche Brennerleistung beträgt 359,27 kW.

$$P_{DK} = \frac{EV_{DK}}{Bh} = \frac{1241280 \frac{kWh}{a}}{3455 \frac{h}{a}} = 359,27 \text{ kW}$$

$t_{B\_DK}$  ... jährliche Betriebsstunden des Dampfkessels  
 $t_{B\_M}$  ... Betriebsstunden im Auslesezeitraum  
 $t_M$  ... Dauer der Messung in Tage  
 $P_{DK}$  ... durchschnittliche Brennerleistung [kW]  
 $Bh$  ... jährliche Betriebsstunden [h]

- Verluste

Die in der Dampferzeugung und -verteilung auftretenden Verluste werden nachfolgend berechnet:

- Kesselverluste

Diese Verluste treten in der Dampferzeugung im Kessel auf und betragen:

$$V_{RG} = EV_{DK} * (1 - \eta_K) = 1241280 \frac{kWh}{a} * 12,1\% = 150195 \frac{kWh}{a}$$

<b>Kesselverluste Dampferzeugung</b>	<b>150.195 kWh/a</b>
--------------------------------------	----------------------

- Rohrleitungsverluste

Durch Wärmeverluste über die Rohrleitungen des Dampfleitungsnetzes kondensiert Wasser. Die Wärmeverluste sowie die Kondensatmenge die durch Rohrleitungsverluste anfällt, werden wie folgt berechnet:

Die Gesamtlänge der Dampfleitungen beträgt laut Auskunft der Werkstättenmitarbeiter grob 250m. Die Wärmeverluste werden für gut isolierte Rohre mit 50 W/m angenommen<sup>49</sup>.

$$V_{RL} = q_{RL} * L_{RL} * 8760 \frac{h}{a} = 0,05 \frac{kW}{m} * 250 \text{ m} * 8760 \frac{h}{a} = 109500 \frac{kWh}{a}$$

$V_{RL}$  ... Rohrleitungsverluste  
 $q_{RL}$  ... spezifische Wärmeverluste  
 $L_{RL}$  ... Länge der Rohrleitungen

<sup>49</sup> Vgl. Kulterer (2012), S. 21

Damit ergeben sich Rohrleitungsverluste in der Höhe von 109.500 kWh/a, was dazu führt, dass jährlich 179,5 m<sup>3</sup> Kondensat anfällt.

$$m_{RLKondensat} = \frac{V_{RL} * 3600 \frac{kJ}{kWh}}{r_D} = \frac{109500 \frac{kWh}{a} * 3600 \frac{kJ}{kWh}}{2209,28 \frac{kJ}{kg}} = 178429 \text{ kg}$$

m<sub>RL\_Kondensat</sub> ... Masse des Kondensats durch Rohrleitungsverluste

<b>Rohrleitungsverluste Dampferzeugung</b>	<b>109.500 kWh/a</b>
--	----------------------

- Gesamte Verluste in der Dampferzeugung und -verteilung:

Die gesamten Verluste des Dampfkessels setzen sich aus den Kessel- und den Rohrleitungsverlusten zusammen und betragen rund 260 MWh pro Jahr.

$$V_{DK} = V_{RG} + V_{RL} = 150195 + 109500 \left[ \frac{kWh}{a} \right] = 259695 \frac{kWh}{a}$$

<b>Gesamte Verluste Dampferzeugung und -verteilung</b>	<b>259.695 kWh/a</b>
--	----------------------

<b>Energiekosten</b>	<b>11.868 €/a</b>
----------------------	-------------------

- Brennstoffnutzungsgrad

Unter Berücksichtigung der auftretenden Verluste kann der Brennstoffnutzungsgrad wie folgt berechnet werden:

$$\eta_{DK} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{EV_{DK} - V_{DK}}{EV_{DK}} = \frac{1241280 \text{ kWh} - 259695 \text{ kWh}}{1241280 \text{ kWh}} = 79,07 \%$$

- Spezifische Kosten pro kg Dampf

Die spezifischen Dampfkosten pro Kilogramm werden über die benötigte Energiemenge zum Erwärmen und Verdampfen von 1kg Wasser (Enthalpiedifferenz), unter Berücksichtigung des Brennstoffnutzungsgrades sowie des Erdgaspreises berechnet:

$$k_{Dampf} = \frac{(h''_{Dampf} - h_{Speisewasser})}{\eta_{DK}} * k_{Erdgas} = \frac{(2699,8 - 146,47) \left[ \frac{kJ}{kg} \right]}{79,07\% * 3600 \frac{kJ}{kWh}} * 0,0457 \frac{\text{€}}{kWh}$$

$$= 0,041 \frac{\text{€}}{kg_{Dampf}}$$

k<sub>Dampf</sub> ... spezifische Kosten pro kg Dampf



Pro kg Dampf entstehen Kosten in der Höhe von € 0,041. In Tabelle 19 sind die Verluste, deren Anteil am Energieverbrauch des Dampfkessels sowie die Kosten durch Verluste angegeben. Abbildung 15 zeigt die Verluste in Relation zur Nutzenergie.

	kWh/a	%	Kosten [€/a]
Energieverbrauch Dampfkessel	1.241.280	100,0	56.727
Kesselverluste	150.195	12,1	6.864
Rohrleitungsverluste	109.500	8,8	5.004
<b>Gesamte Verluste des Dampfkessels</b>	<b>259.695</b>	<b>20,9</b>	<b>11.868</b>

Tabelle 19: Zusammenfassung Dampfverluste

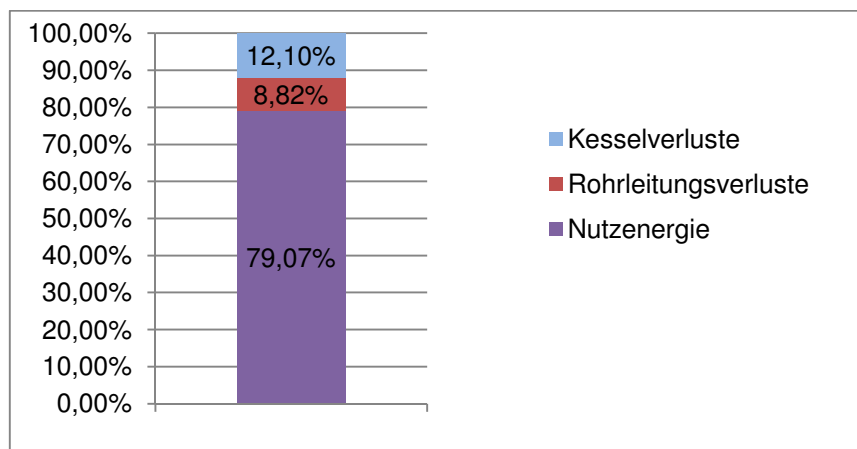


Abbildung 15: Energieaufteilung Dampfkessel

Wie in Abbildung 15 ersichtlich, betragen die Verluste des Dampfkessels knapp 21 %.

### **Verluste durch Auskühlen des Dampfkondensats**

Zusätzlich zu den Verlusten in der Dampferzeugung und -verteilung treten Verluste durch Auskühlen des Kondensats auf. Da das rückgeführte Kondensat, laut Verbrauchsmessung vom Dampfkessel 931,189m<sup>3</sup> pro Jahr, in den zwei Sammelbehältern abkühlt und mit dem Zusatzwasser vermischt wird, ist es bei Wiedereintritt in den Dampfkessel auf ca. 35°C abgekühlt. Die Verluste berechnen sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Kond}} &= \dot{m}_{\text{Rück}} * (h'_{\text{Kondensat}} - h_{\text{Speisewasser}}) = \frac{925727 \frac{\text{kg}}{\text{a}} * (490,52 - 146,47) \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]}{3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}}} \\
 &= 88471 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}
 \end{aligned}$$

$V_{\text{Kond}}$  ... Verluste durch Auskühlen des Kondensats

<b>Verluste durch Auskühlen des Kondensats</b>	<b>88.471 kWh/a</b>
--	---------------------

## 2.2.2 Kälteerzeugung

Der Großteil der Kälteerzeugung erfolgt über Verbundanlagen, daneben gibt es mehrere dezentrale Kälteanlagen. Die Kompressoren der Kälteanlagen werden elektrisch betrieben, die Abwärme wird über luftgekühlte Verflüssiger (Kondensatoren) abgegeben. Die Tabelle 20 gibt einen Überblick über die Verbundanlagen sowie die Sollraumtemperatur in den versorgten Kälteräumen. Die Erhebung der Komponenten und der Verschaltung der Verbundanlagen ist im Anhang in Tabelle 63 zusammengefasst.

Bezeichnung	Kälteaggregat	Kältemittel	Soll-Temp. [°C]	Kälteleistung [kW]
TK Hochregallager	Bitzer 3x 4V-6.2 Y	R404A	-20	13,8
Schocker Neu „groß“	Bitzer 2x 6F-40.2 Y	R404A	-26	28,5
Schocker 2 „Alt“	Frigopol 4x D1000-Type 600	R 22	-26	24,8
TK 1 und 2 (TK Verbund alt)	Bitzer 2x 4NCS-12.2 Y-40P	R404A	-20	15,24
Gärverzögerer Verbund Tandembetrieb	Bitzer 2x 44H-30.2 Y	R404A	-10 bis +28	44,8
TK Verbund Tandembetrieb	Bitzer 2x 44J-26.2Y	R404A	-20	37,32

Tabelle 20: Verbundanlagen

TK ... Tiefkühlung

Begriffsdefinition:

*Betriebszeit, Betriebsstunden:* „Unter der Betriebszeit (engl. uptime) versteht man die Zeit, die ein technisches System [...] mit einem definierten Funktionsumfang zur Verfügung steht.“<sup>50</sup>

*Laufstunden:* Jene Zeitdauer, in der das System aktiv und unter Last Arbeit verrichtet.

*Volllaststunden, Volllastlaufzeit:* Zeitdauer, die das System mit voller Leistung in Betrieb ist.

<sup>50</sup> Vgl. Heinemann (2013)

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs von Kälteanlagen bieten sich folgende Möglichkeiten:

1. Abschätzung über Nennleistung

Diese Methode ermöglicht eine einfache, jedoch grobe Abschätzung des jährlichen Stromverbrauchs der Kälteanlage. Die Bewertung erfolgt dabei über die elektrische Leistung von Kompressoren, Pumpen und Ventilatoren, sowie über die jährliche Laufzeit der Anlage. Es wird angenommen, dass die Anlage während der Laufzeit ca. 60 % ausgelastet ist (bei Tiefkühlanwendungen 70 %). Dieser Wert stellt einen Durchschnitt dar und kann für eine konkrete Anlage stark abweichen (+/- 50 %).<sup>51</sup>

$$EV_{Kältesystem} = (P_{Komp} * 0,6 + P_{P,C,O} * 0,9 + P_{L,C,O} * 0,9) * BZ$$

EV <sub>Kältesystem</sub> ...	Energieverbrauch Kältesystem pro Jahr [kWh/a]
P <sub>Komp</sub> ...	Elektrische Leistungsaufnahme Kompressor [kW]
0,6 ...	Auslegungsfaktor, für Tiefkühlanwendungen: Auslegung 0,7 ansetzen
P <sub>P,C,O</sub> ...	Elektrische Leistungsaufnahme der Pumpenmotoren [kW] (mal 1,2 der Nennleistung), Verflüssigungs- und Verdampferseite
P <sub>L,C,O</sub> ...	Elektrische Leistungsaufnahme der Ventilormotoren [kW] (mal 1,2 der Nennleistung), Verflüssigungs- und Verdampferseite
BZ ...	Laufzeit der Anlage pro Jahr [h/a], z.B. 8.760 h für ganzjährigen Betrieb, für Sommerbetrieb von 1. Mai bis 30. September: 3.672 h, allerdings steigt im Sommerbetrieb der durchschnittliche Auslastungsfaktor

2. Abschätzung über Vollastlaufzeiten

Hierbei werden die Vollastzeiten abgeschätzt, für eine erste grobe Näherung sind im „Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen“<sup>52</sup> Empfehlungen angegeben. Ventilatoren und Pumpen weisen höhere Vollastlaufstunden auf, als der Kompressor. Die Kompressorventilatoren laufen, wenn der Kompressor läuft, Verflüssiger- und Verdampferventilatoren laufen je nach Regelung, Pumpen laufen in der Regel durchgehend.<sup>53</sup>

$$EV_{Kältesystem} = P_{Komp} * VLZ_{Komp} + P_{P,C,O} * VLZ_P + P_{L,C,O} * VLZ_{L,C,O}$$

VLZ <sub>Komp</sub> ...	Vollastlaufzeit Kompressor in [h/a]
VLZ <sub>P</sub> ...	Vollastlaufzeit Pumpen in [h/a], siehe Anmerkung im Text
VLZ <sub>L,C,O</sub> ...	Vollastlaufzeit Ventilatoren in [h/a], siehe Anmerkung im Text

<sup>51</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 16

<sup>52</sup> siehe Kulterer/Mair (2012)

<sup>53</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 17

### 3. Durch Energiezähler

Wird der Energieverbrauch der Kompressoren oder der gesamten Kälteanlage direkt mit einem Energiezähler gemessen, kann der jährliche Energieverbrauch hochgerechnet werden. Zu Beachten ist dabei die unterschiedliche Auslastung im Sommer und im Winter.

- Bereitgestellte Kältenutzenergie (Kühllast)

Die Nutzenergie wird bei allen Kälteanlagen über die Kälteleistung und die jährliche Laufzeit mit folgender Formel grob abgeschätzt:

$$Q_K = Q_0 * LZ$$

$Q_K$ ...	Kältenutzenergie [kWh/a]
$Q_0$ ...	Kälteleistung im Auslegungspunkt [kW]
LZ ...	jährliche Laufzeit der Anlage [h]

- Abschätzung der nutzbaren Abwärmemenge<sup>54</sup>

Die Abwärme von Kälteanlagen kann z.B. für folgende Anwendungen genützt werden:

- Brauchwassererwärmung
- Heizungsunterstützung zur Rücklaufanhebung (besonders in Niedertemperaturprozessen wie z.B. Fußbodenheizung)
- Trocknungsverfahren wie die Knödelbrottrockenanlage

Daher wird die nutzbare Abwärmemenge bei allen Kühlanlagen der Bäckerei Sorger grob abgeschätzt und die Basis für eine tiefergehende Analyse geschaffen.

$$ABW = (Q_0 + P_e) * \eta * LZ$$

ABW ...	Abwärmemenge [kWh]
$Q_0$ ...	Kälteleistung [kW]
$P_e$ ...	Elektrische Leistungsaufnahme der Kompressor [kW]
$\eta$ ...	Wirkungsgrad der Anlage (Wärmeverluste der Anlage) vereinfacht: 0,8
LZ ...	jährliche Laufzeit der Anlage

Durch den sehr unterschiedlichen Detaillierungsgrad der verfügbaren Betriebsdaten der einzelnen Kälteanlagen, werden für die folgenden Verbundanlagen individuelle Berechnungsverfahren abgeleitet und angewandt. Dadurch ist es möglich, den Energieverbrauch mit den jeweils verfügbaren Informationen möglichst genau zu berechnen.

---

<sup>54</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 63

**2.2.2.1 Schocker Neu „groß“**

Die Verbundanlage des Schockkühlraumes Schocker neu „groß“ besteht aus zwei Kompressoren der Firma Bitzer vom Typ 6F - 40.2 Y, Baujahr 2001. Die technischen Daten wurden der Bitzer Software<sup>55</sup> entnommen. Die Leistungsaufnahme der Verdichter beträgt 28,46 kW (2 x 14,23 kW) die Kälteleistung ist mit 30,52 kW (2 x 15,26 kW) angegeben. Die Soll-Temperatur im Schockkühlraum beträgt -26°C. Der Energieverbrauch des Schocker Neu „groß“ kann nur vom Kompressor 2 abgelesen werden, weil der Energiezähler von Kompressor 1 defekt ist. Da es sich um baugleiche Kompressoren (Bitzer 6F-40.2 Y) handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme von beiden Kompressoren identisch ist. Der Energiezähler von Kompressor 1 sowie die Laufstundenzähler beider Kompressoren wurden zwischen 23.01 und 06.02.2013 abgelesen (siehe Tabelle 54 im Anhang). Der Energieverbrauch und die Laufstunden in diesem Zeitraum sind in Tabelle 21 angegeben, der betrachtete Zeitraum beträgt 333 Stunden.

Die elektrische Leistung der acht Verdampferventilatoren kann über die Nennleistung (je 650 W) abgeschätzt werden<sup>56</sup> und beträgt insgesamt 6,24 kW.

$$P_L = N_L * P_{Nenn} * 1,2 = 8 * 0,65 \text{ kW} * 1,2 = 6,24 \text{ kW}$$

- P<sub>L</sub> ... elektrische Leistung der Verdampferventilatoren
- N<sub>L</sub> ... Anzahl der Verdampferventilatoren
- P<sub>Nenn</sub> ... Nennleistung (vom Typenschild abgelesen)

Die elektrische Leistungsaufnahme der Kondensatorventilatoren konnte nicht erhoben werden.

Zeitraum [h]	Laufstunden K 1 [h]	Energieverbrauch K 2 [kWh]	Laufstunden K2 [kWh]
333	52,8	1402	86,6

Tabelle 21: Laufstunden und Energieverbrauch Schocker Neu „groß“ im Messzeitraum

Die durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme von Kompressor 2 kann durch den installierten Energiezähler über die, im Beobachtungszeitraum gemessenen Volllaststunden, berechnet werden:

<sup>55</sup> Siehe Bitzer (2013)

<sup>56</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 16

$$P_{Komp1} = \frac{EV_{Komp1_{gem}}}{VLZ_{Komp1_{gem}}} = \frac{1402 \text{ kWh}}{86,6 \text{ h}} = 16,19 \text{ kW}$$

- $P_{Komp1}$  ... Elektrische Leistungsaufnahme Kompressor 1 [kW]  
 $VLZ_{Komp1_{gem}}$  ... gemessene Vollastlaufzeit Kompressor 1 in [h/a]  
 $EV_{Komp1_{gem}}$  ... gemessener Energieverbrauch Kompressor 1 pro Jahr [kWh/a]

Die tägliche Laufzeit der Kompressoren im Winter kann durch die gemessene, tägliche Laufzeit auf ein halbes Jahr hochgerechnet werden. Die Laufzeit im Sommer ist in Tabelle 22 angegeben. Anhand dieser Daten kann die jährliche Laufzeit der Kompressoren grob abgeschätzt werden.

$$VLH_{K1} = LH_{Wi} * \frac{365}{2} + LH_{So} * \frac{365}{2} = 3,8 \frac{h}{d} * \frac{365 \text{ d}}{2} + 4,5 \frac{h}{d} * \frac{365 \text{ d}}{2} = 1514,75 \frac{h}{a}$$

- $LH_{Wi}$  ... tägliche Laufstunden im Winter  
 $LH_{So}$  ... tägliche Laufstunden im Sommer

Der jährliche Stromverbrauch wird über die Vollastlaufzeit ermittelt, unter der Annahme von jährlich konstanter elektrischer Leistungsaufnahme:

$$EV_{SchockerNeu} = P_{Komp} * VLZ_{Komp} + P_{L,C,O} * VLZ_{L,C,O}$$

$$= 16,19 \text{ kW} * \left( 1514 \frac{h}{a} + 2508 \frac{h}{a} \right) + 6,4 \text{ kW} * 2508 \frac{h}{a} = 81.172 \frac{\text{kWh}}{a}$$

	Kompressor 1	Kompressor 2
Laufzeit pro Tag im Winter [h/d]	3,8	6,24
Laufzeit pro Tag im Sommer [h/d]	4,5	7,5
Vollastlaufzeit pro Jahr [h/a]	1515	2508
Energieverbrauch pro Jahr	24.524	40.597

Tabelle 22: Betriebsdaten der Kompressoren Schocker Neu „groß“

Die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt.

Energieverbrauch Verdampferventilatoren [kWh/a]	16.051
Energieverbrauch Kompressor 1 [kWh/a]	24.524
Energieverbrauch Kompressor 2 [kWh/a]	40.597
<b>Jährlicher Stromverbrauch Schocker Neu „Groß“ [kWh/a]</b>	<b>81.172</b>
<b>Stromkosten Schocker Neu „Groß“ [€/a]</b>	<b>8.426,-</b>
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>61.376</b>
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>94.887</b>

Tabelle 23: Energieverbrauch Schocker Neu „groß“

### 2.2.2.2 Schocker 2 „Alt“

Bei der Kälteanlage Schocker 2 „Alt“ (Frigopol 4x D1000-Type 600) ist ein Kompressor außer Betrieb, weiters sind alle 4 installierten Laufstundenzähler defekt. Die bestehende Wärmerückgewinnung zur Brauchwassererwärmung ist außer Betrieb. Auch in den Kälteprüfbüchern fanden sich keine Angaben zur elektrischen Leistungsaufnahme und der Kälteleistung der Anlage. Daher wurde die elektrische Leistungsaufnahme durch Messung bestimmt (siehe unten).

Der Energieverbrauch vom Schocker 2 „alt“ wird über die Vollastlaufzeit ermittelt.

Laut Christian Nast (Arbeitsvorbereitung) ist der Schocker 2 „alt“ durchschnittlich 13 Stunden an 6 Tagen pro Woche in Betrieb. Da Schockfroster die meiste Zeit im Vollast-Betrieb sind<sup>57</sup>, kann von einer jährlich durchschnittlichen Auslastung von 90 % ausgegangen werden. Damit ergeben sich die jährlichen Vollastlaufstunden mit 3.650 Stunden.

$$VLZ = 13 \frac{h}{d} * 6 \frac{d}{w} * 52 \frac{w}{a} * 0,9 = 3650 \frac{h}{a}$$

Die elektrische Leistung wird durch Messung des elektrischen Stromes an der Versorgungsleitung der Kälteanlage bestimmt:

$$P_{Komp} = U_{Vers} * I_{Komp} * \sqrt{3} * \cos \rho = 400V * 35,3A * \sqrt{3} * 0,9 = 22,011 kW$$

- P<sub>Komp</sub> ... elektrische Wirkleistung der Kompressoren
- U<sub>Vers</sub> ... Versorgungsspannung 400V, annähernd konstant
- I<sub>Komp</sub> ... gemittelter Betriebsstrom der Versorgungsleitung
- √3 ... „Verkettungsfaktor“, da es sich um ein Dreiphasenwechselstromnetz handelt
- cos(ρ) ... Leistungsfaktor<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 52

<sup>58</sup> Vgl. Energie Graz Netzzugangsvertrag (2012), S.3

Die Leistung der 18 Verdampferventilatoren kann über die Nennleistung (je 140W) abgeschätzt werden:<sup>59</sup>

$$P_L = N_L * P_{Nenn} * 1,2 = 18 * 0,14 \text{ kW} * 1,2 = 3,024 \text{ kW}$$

$P_L$  ... elektrische Nennleistung der Verdampferventilatoren

$N_L$  ... Anzahl der Verdampferventilatoren

$P_{Nenn}$  ... Nennleistung (vom Typenschild abgelesen)

Der jährliche Stromverbrauch wird anhand der zuvor beschriebenen Methode über die Volllaststunden abgeleitet:

$$EV_{Sch2} = (P_{Komp} + P_L) * VLZ = (22,011 \text{ kW} + 3,024 \text{ kW}) * 3650 \frac{h}{a} = 91.378 \frac{kWh}{a}$$

Die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt, die Kälteleistung beträgt 24,8 kW, bei Annahme eines COP von 1,12.

Tägliche Betriebsstunden [h/d]	13
Betriebstage [d/a]	312
Auslastung [%]	90
Jahresvolllaststunden [h]	3650
Elektrische Leistung der Kompressoren [kW]	22,011
Elektrische Leistung der Verdampferventilatoren [kW]	3,024
<b>Jährlicher Stromverbrauch Schocker 2 „Alt“ [kWh/a]</b>	<b>91.378</b>
<b>Kosten pro Jahr [€]</b>	<b>9.485,-</b>
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>90.530</b>
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>136.688</b>

Tabelle 24: Zusammenfassung Schocker 2 „Alt“

### 2.2.2.3 Tiefkühlraum Hochregallager (TK-Verbund neu Neubau)

Die Verbundanlage „TK-Verbund neu Neubau“ des Tiefkühlraumes „Hochregallager“ besteht aus drei Kompressoren der Firma Bitzer vom Typ 4V-6.2 Y, Baujahr 2005. Die technischen Daten wurden der Bitzer Software<sup>60</sup> entnommen. Die Eingabewerte in die

<sup>59</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 16

<sup>60</sup> siehe Bitzer (2013)



Software sind im Anhang in Tabelle 55 angegeben. Die Leistungsaufnahme der Verdichter beträgt demnach 11,4 kW (3 x 3,79 kW) die Kälteleistung ist mit 13,83 kW (3 x 4,61 kW) angegeben. Die Soll-Temperatur im Tiefkühlraum Hochregallager beträgt -20°C.

Der Energieverbrauch der Kälteanlage „Hochregallager“ kann direkt am eingebauten Energiezähler abgelesen werden. Dieser Zähler erfasst den gesamten Energieverbrauch der Anlage, also der Kompressoren inkl. Ventilatoren, Pumpen, Abtauheizung, Türrahmenheizungen etc.

Folgende Werte wurden im Zeitraum von 24.01.2013, 12:00 Uhr bis 06.02.2013, 20:00 Uhr (309h) abgelesen:

Ableседauer [h]	Energieverbrauch gesamte Anlage [kWh]	Laufstunden K1 [h]	Laufstunden K2 [h]	Laufstunden K3 [h]
309	3.734,0	226,3	178,6	205,6

Tabelle 25: Laufstunden und Energieverbrauch TK Hochregallager im Messzeitraum

Der Energieverbrauch der Kompressoren im Messzeitraum beträgt, unter Berücksichtigung der Laufstunden:

$$EV_{Komp} = P_{Komp} * VLH_{Komp} = 3,79 \text{ kW} * (226,3 \text{ h} + 178,6 \text{ h} + 205,6 \text{ h}) = 2313,8 \text{ kWh}$$

Daraus ergibt sich im Messzeitraum ein Energieverbrauch der übrigen Anlagenbestandteile von 1420,21 kWh, die durchschnittliche Leistung beträgt 4,596 kW.

Der jährliche Energieverbrauch wird über die Nennleistung ermittelt. Unter der Annahme, dass die übrigen Anlagenbestandteile das ganze Jahr über dieselbe durchschnittliche Leistung wie im Messzeitraum aufweisen (4,596 kW), beträgt der jährliche Energieverbrauch der Kälteanlage Hochregallager 109.983 kWh/a.

$$EV_{TKHRL} = (3 * 3,79 \text{ kW} * 0,7 + 4,596 \text{ kW}) * 8760 \text{ h} = 109983 \text{ kWh}$$

Die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt.

	Kompressor 1	Kompressor 2	Kompressor 3
gemessene Laufzeit pro Tag [h/d]	17,58	13,87	15,97
<b>Gesamt Energieverbrauch [kWh/a]</b>	<b>109.983</b>		
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>88.806</b>		
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>154.526</b>		

Tabelle 26: Laufdaten der Kompressoren TK Hochregallager

#### 2.2.2.4 Tiefkühlräume 1 und 2 (TK Verbund Alt)

Die Verbundanlage „TK Verbund Alt“ zur Versorgung der Tiefkühlräume 1 und 2 besteht aus zwei Kompressoren der Firma Bitzer vom Typ 4NCS-12.2 Y - 40P, Baujahr 2011. Die technischen Daten wurden der Bitzer Software<sup>61</sup> entnommen. Die Eingabewerte in die Software sind im Anhang in Tabelle 55 angegeben. Die Leistungsaufnahme der Verdichter beträgt demnach 12,22 kW (2 x 6,11 kW) die Kälteleistung ist mit 15,24 kW (2 x 7,62 kW) angegeben. Die Soll-Temperatur im Kühlraum beträgt -20°C.

Die elektrische Leistung der 6 Verdampferventilatoren kann über die Nennleistung (je 140 W) abgeschätzt werden<sup>62</sup> und beträgt insgesamt 1,0 kW.

$$P_L = N_L * P_{Nenn} * 1,2 = 6 * 0,14 \text{ kW} * 1,2 = 1,0 \text{ kW}$$

- $P_L$  ... elektrische Leistung der Verdampferventilatoren  
 $N_L$  ... Anzahl der Verdampferventilatoren  
 $P_{Nenn}$  ... Nennleistung (vom Typenschild abgelesen)

Die Laufstunden wurden im Zeitraum von 23.01.2013, 14:00 Uhr bis 06.02.2013, 08:00 Uhr (330h) abgelesen und sind im Anhang in Tabelle 58 angegeben. Anhand dieser Daten kann eine durchschnittliche Auslastung von 46,36 % im Beobachtungszeitraum (Winter) ermittelt werden. Da die Messungen im Winter durchgeführt wurden und die täglichen Laufstunden der Kühlaggregate im Sommer deutlich höher sind, wird die jährliche Auslastung der Anlage mit 70 %<sup>63</sup> angenommen.

Der jährliche Stromverbrauch wird über die Vollastlaufzeit und die Nennleistung der Kälteanlage errechnet:

$$EV_{TK1und2} = (12,22 \text{ kW} * 0,7 + 1 \text{ kW} * 0,9) * 8760 \frac{h}{a} = 82880 \frac{kWh}{a}$$

<sup>61</sup> Siehe Bitzer (2013)

<sup>62</sup> Vgl. Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (2012), S. 16

<sup>63</sup> Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (2012), S. 16

Die Zusammenfassung der Betriebsdaten und des Energieverbrauchs sind in Tabelle 27 angegeben, die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt.

Auslastung im Winter [%]	46,36
Jährliche Auslastung [%]	70
Kompressorleistung [kW]	12,22
Leistung Ventilatormotoren [kW]	1,0
<b>Energieverbrauch TK 1 und 2 [kWh/a]</b>	<b>82.880</b>
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>93.452</b>
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>134.708</b>

Tabelle 27: Betriebsdaten und Energieverbrauch TK 1 und 2

### 2.2.2.5 Gärverzögerer Verbundanlage

Die Gärverzögerer Verbundanlage besteht aus zwei Tandemkompressoren von der Firma Bitzer vom Typ 44H-30.2Y, Baujahr 2003 und versorgt folgende Gärunterbrechungsräume (GU) im Erdgeschoß (siehe Tabelle 50): GU1, GU2, GU3, GU4, Sauerteigraum, K-Raum 44A1. Die technischen Daten wurden der Bitzer Software<sup>64</sup> entnommen. Die Eingabewerte in die Software sind im Anhang in Tabelle 55 angegeben. Die Leistungsaufnahme der Verdichter beträgt demnach jeweils 18,24 kW im Vollastbetrieb, die Kälteleistung ist mit jeweils 22,4 kW angegeben. Die Leistungsregelung ermöglicht eine Teillaststufe bei 50 % Kälteleistung durch Anheben der Saugarbeitsventile. Die elektrische Antriebsleistung sinkt zwar auch, aber weniger als die Kälteleistung<sup>65</sup>. Die Soll-Temperatur in den versorgten Kühlräumen liegt zwischen -10°C und + 25°C. Die Laufstunden wurden im Zeitraum von 23.01.2013, 14:00 Uhr bis 06.02.2013, 08:00 Uhr (330h) abgelesen und sind im Anhang in Tabelle 58 angegeben. Anhand dieser Daten kann der durchschnittliche Lastanteil ermittelt werden. Der Lastanteil ist der prozentuelle Zeitanteil der Laufzeit innerhalb des Beobachtungszeitraums. Da die Messungen im Winter durchgeführt wurden, und die täglichen Laufstunden der Kühlaggregate im Sommer deutlich höher sind, wird die

<sup>64</sup> Siehe Bitzer (2013)

<sup>65</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 51

jährliche Vollauslastung mit 60%<sup>66</sup> angenommen. Es wird davon ausgegangen, dass der Teillastanteil das ganze Jahr über konstant ist. In der Berechnung wird der arithmetische Mittelwert (8,7%) des Teillastanteils von Verdichter 1 und Verdichter 2 eingesetzt .

	Laufstunden im Messzeitraum [h]	Lastanteil im Messzeitraum [%]
Verdichter 1 Gesamtlauf [h]	166,9	50,57
Verdichter 1 Volllast [h]	139,8	42,35
Verdichter 1 Teillast [h]	27,1	8,22
Verdichter 2 Gesamtlauf [h]	169,4	51,33
Verdichter 2 Volllast [h]	139,1	42,15
Verdichter 2 Teillast [h]	30,3	9,18

Tabelle 28: Laufstunden und Lastanteile Gärverzögerer Verbund

Die Berechnung des jährlichen Stromverbrauchs erfolgt über die Nennleistung und die jährlichen Teil- bzw. Volllastanteile:

$$EV_{GV} = 2 * ( P_{VL} * 0,6 + P_{TL} * 0,087 ) * BZ$$

$$= 2 * ( 18,24 \text{ kW} * 0,6 + 11 \text{ kW} * 0,087 ) * 8760 \frac{h}{a} = 208506 \frac{kWh}{a}$$

EV<sub>GV</sub> ... jährlicher Stromverbrauch der Gärverzögerer-Verbundanlage

P<sub>VL</sub> ... elektrische Leistung bei Volllast

P<sub>TL</sub> ... elektrische Leistung bei Teillast

Die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt.

<b>Energieverbrauch Gärverzögerer-Verbundanlage [kWh/a]</b>	<b>208.506</b>
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>252.540</b>
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>366.544</b>

<sup>66</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 16

### 2.2.2.6 Tiefkühlverbundanlage

Die TK Verbundanlage besteht aus zwei Tandemkompressoren mit 4 Zylindern von der Firma Bitzer vom Typ 44J-26.2Y, Baujahr 2003 und versorgt folgende Tiefkühl- (TK) und Kühlräume (KR) im 1. OG: TK8 Feinbäckerei, KR9 Feinbäckerei, TK10 Feinbäckerei sowie TK32 Krapfenanlage, im 2. OG. Die technischen Daten wurden der Bitzer Software<sup>67</sup> entnommen. Die elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter beträgt demnach 15 kW im Vollastbetrieb, die Kälteleistung ist mit 18,66 kW angegeben. Die Leistungsregelung ermöglicht eine Teillaststufe bei 50 % Kälteleistung durch Anheben der Saugarbeitsventile. Die elektrische Antriebsleistung sinkt zwar auch, aber weniger als die Kälteleistung. Die Soll-Temperatur in den versorgten Kühlräumen liegt zwischen -20°C und +4°C. Die Laufstunden wurden im Zeitraum von 23.01.2013, 14:00 Uhr bis 06.02.2013, 08:00 Uhr (330h) abgelesen und sind im Anhang in Tabelle 61 angegeben. Anhand dieser Daten kann der durchschnittliche Lastanteil ermittelt werden. Der Lastanteil ist der prozentuelle Zeitanteil der Laufzeit innerhalb des Beobachtungszeitraums.

	Laufstunden im Messzeitraum [h]	Lastanteil im Messzeitraum [%]
Verdichter 1 Gesamtlauf [h]	162,9	49,35
Verdichter 1 Vollast [h]	63,5	19,23
Verdichter 1 Teillast [h]	99,4	30,12
Verdichter 2 Gesamtlauf [h]	150,1	45,48
Verdichter 2 Vollast [h]	57,8	17,50
Verdichter 2 Teillast [h]	92,35	27,98

Tabelle 29: Laufstunden und Lastanteile TK Verbund

Da die Messungen im Winter durchgeführt wurden und die täglichen Laufstunden der Kühlaggregate im Sommer deutlich höher sind, werden die jährlichen Vollaststunden wie folgt berechnet:

<sup>67</sup> Siehe Bitzer (2013)

$$\begin{aligned}
 LH_{Verd.1} &= A_{VL_{Winter}} * 5.088 \frac{h}{a} + A_{VL_{Sommer}} * 3.672 \frac{h}{a} \\
 &= 19,23\% * 5.088 \frac{h}{a} + 75\% * 3.672 \frac{h}{a} = 3732 \frac{h}{a}
 \end{aligned}$$

VLH<sub>Verd.1</sub> ... jährliche Volllaststunden von Verdichter 1

A<sub>VL\_Winter</sub> ... gemessene Auslastung im Winter

A<sub>VL\_Sommer</sub> ... Auslastung im Sommer (1.Mai bis 30. September) <sup>68</sup>

Die Berechnung des TK Verbundes erfolgte analog zu der Berechnung der Gärverzögerer Verbundanlage über die Nennleistung und die jährlichen Teil- bzw. Volllastlaufzeiten:

$$\begin{aligned}
 EV_{GV} &= (VLH_{Verd.1} + VLH_{Verd.2}) * P_{VL} + (TLH_{Verd.1} + TLH_{Verd.2}) * P_{TL} \\
 EV_{GV} &= \left( 3.732 \frac{h}{a} + 3.644 \frac{h}{a} \right) * 15 \text{ kW} + \left( 2.639 \frac{h}{a} + 2.451 \frac{h}{a} \right) * 9 \text{ kW} = 156.450 \frac{\text{kWh}}{a}
 \end{aligned}$$

Die nutzbare Abwärmemenge und die Kältenutzenergie werden nach zuvor besprochener Vorgehensweise abgeschätzt.

<b>Energieverbrauch TK-Verbundanlage [kWh/a]</b>	<b>156.450</b>
<b>Kältenutzenergie [kWh/a]</b>	<b>185,126</b>
<b>Nutzbare Abwärme [kWh/a]</b>	<b>273,261</b>

### 2.2.2.7 Sonstige Kleinanlagen

Aufgrund der fehlenden technischen Informationen der übrigen Kälteanlagen kann der Energieverbrauch dieser Anlagen lediglich über die Nennleistung grob abgeschätzt werden.

<sup>68</sup> Vgl. Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (2012), S. 16

$$EV_{Kältesystem} = (P_{Komp} * 0,6 + P_{P,C,O} * 0,9 + P_{L,C,O} * 0,9) * LZ$$

- EV<sub>Kältesystem</sub> ... Energieverbrauch Kältesystem pro Jahr [kWh/a]  
 P<sub>Komp</sub> ... Elektrische Leistungsaufnahme Kompressor [kW]  
 0,6 ... Auslegungsfaktor, für Tiefkühlanwendungen: Auslegung 0,7 ansetzen  
 P<sub>P,C,O</sub> ... Elektrische Leistungsaufnahme der Pumpenmotoren [kW] (mal 1,2 der Nennleistung), Verflüssigungs- und Verdampferseite  
 P<sub>L,C,O</sub> ... Elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatormotoren [kW] (mal 1,2 der Nennleistung), Verflüssigungs- und Verdampferseite  
 LZ ... Laufzeit der Anlage pro Jahr [h/a], z.B. 8.760 h für ganzjährigen Betrieb, für Sommerbetrieb von 1. Mai bis 30. September: 3.672 h, allerdings steigt in diesem Fall der durchschnittliche Auslastungsfaktor

In Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Kältekleinanlagen zusammengefasst. Der gesamte Stromverbrauch dieser Anlagen beträgt 481,35 MWh pro Jahr, die nutzbare Abwärme der Anlagen 608,28 MWh.

Kühlanlage	Kühlraum-Soll [°C]	P <sub>Komp</sub> [kW]	Auslastung (K=0,6, TK=0,7)	P <sub>L,c,o</sub> [kW]	Laufzeit [h/a]	Energieverbrauch [MWh/a]	Kältenutzenergie [MWh]	Nutzbare Abwärme [MWh]
TK 3	-20	2,424	0,7	0,216	8760	16,567	13,613	22,782
TK Expedit Verpackungsraum	+4	5,89	0,4	0,216	8760	22,342	65,174	68,650
GU 5 Eisvoigt Raum 7	0	6,5	0,6	0,216	8760	35,867	68,854	82,414
TK-Raum6 R&F Ofeneis	-20	5,5	0,7	0,216	8760	35,429	34,952	54,943
TK 28	-20	6,4	0,7	0,216	8760	40,948	46,603	68,678
KR 27	+4	5,5	0,6	0,216	8760	30,611	61,758	72,533
TK 4 Raum 29	-20	3,3	0,7	0,84	8760	26,858	20,236	32,377
KR 26	+4	1,5	0,6	0,216	8760	9,587	15,768	18,922
TK 24	-20	2	0,7	0,216	8760	13,967	13,797	20,849
KR 20	+4	1,5	0,6	0,216	8760	9,587	13,666	17,240
TK 23	+4	1,5	0,6	0,216	8760	9,587	7,884	12,614
TK 25	-20	2	0,7	0,216	8760	13,967	13,797	20,849
TK 22	-20	4,076	0,7	0,216	8760	26,697	21,290	37,027
KR 19	+4	2,2	0,6	0,216	8760	13,266	23,652	28,172
Klimaanlage	+23	20	0	0	8760	157,680	0,000	0,000
Eiswasser	2	2,2	0,6	0,216	8760	13,266	31,536	34,479
Klima Eisraum	+22	1,5	0,8	0,216	3672	5,120	15,276	15,746
<b>Summe</b>						<b>481,35</b>	<b>476,856</b>	<b>608,28</b>

Tabelle 30: Zusammenfassung Kleinanlagen

### 2.2.2.8 Zusammenfassung Kälteerzeugung

Der gesamte jährliche Stromverbrauch zur Kälteerzeugung beträgt rund 1204 MWh.

Bezeichnung Kühlanlage	Nutz- energie [MWh]	Nutzbare Abwärme [MWh]	Strom- verbrauch [MWh]
TK-Expedit Verpackungsraum EG	65,174	68,650	<b>22,342</b>
GU 5 Raum 7	68,854	82,414	<b>35,867</b>
TK3 Raum 18 u. KM 1.OG Garstoppz. Feinbäckerei	13,613	22,782	<b>16,567</b>
TK-Hochregallager (TK-Verbund neu Neubau)	88,806	154,526	<b>109,983</b>
Tiefkühlraum 1 und 2 (TK-Verbund alt )	93,452	134,708	<b>82,880</b>
TK-Raum6 R&F (Ofeneis/Eisraum)	34,952	54,943	<b>35,429</b>
Schocker Neu (Groß), Raum 3, EG	61,376	94,887	<b>81,172</b>
Schocker2 (Alt) - Raum 5 EG Schockkü.	90,530	136,70	<b>91,378</b>
KR 27	61,758	72,533	<b>30,611</b>
KR 26	15,768	18,922	<b>9,587</b>
KR 20	13,666	17,240	<b>9,587</b>
KR 19	23,652	28,172	<b>13,266</b>
Gärverzögerer Verbundanlage	252,540	366,544	<b>208,506</b>
Tiefkühl Verbundanlage	185,126	273,26	<b>156,450</b>
TK 28	46,603	68,678	<b>40,948</b>
TK 4 Raum 29	20,236	32,377	<b>26,858</b>
TK 24	13,797	20,849	<b>13,967</b>
TK 25	13,797	20,849	<b>13,967</b>
TK 22	21,290	37,027	<b>26,697</b>
TK 23	7,884	12,614	<b>9,587</b>
Klima WP		0,000	<b>157,680</b>
Klima Eisraum	15,276	15,746	<b>5,120</b>
Eiswasser	31,536	34,479	<b>13,266</b>
<b>GESAMT KÄLTEERZEUGUNG</b>	<b>1.221,36</b>	<b>1719,53</b>	<b>1204,06</b>

Tabelle 31: Zusammenfassung Kälteanlagen



### 2.2.3 Druckluftherzeugung

Die Druckluftversorgung erfolgt durch zwei luftgekühlte Schraubenkompressoren der Firma Kaeser Kompressoren GmbH, Type SK25 (Baujahr 2012) und Type SK19 (Baujahr 1989). Ein Druckbehälter mit einem Volumen von 2.000 Liter dient zum Lastenausgleich bzw. zur Verlängerung der Lauf- und Stillstandszeiten. Druckluft wird in der Produktion zur pneumatischen Betätigung von Stellgliedern (Klappen, Ventil, usw.), für Steueraufgaben und zur Reinigung verwendet. Der Betriebsdruck der Anlage liegt bei 8,0 bar, die meisten Verbrauchern können aber, laut Auskunft der Mitarbeiter der betriebsinternen Werkstätte, mit 6 bar betrieben werden. Auf Grund des weit verzweigten Druckluftnetzes und der entsprechenden Druckverluste ist ein höherer Netzdruck notwendig. Die Kompressoren verfügen über keine Wärmerückgewinnung, die warme Abluft wird ins Freie abgeführt.

Bis zum 25.05.2012 waren zwei Kompressoren vom Typ SK19 in Betrieb, der ältere Kompressor wurde durch den SK25 ersetzt. Da der ersetzte SK19 im Jahr 2012 lediglich 2 Laufstunden aufgezeichnet hat, wird dieser in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt.

Seit 10. Juli 2012 dient der verbliebene SK19 hauptsächlich als Ausfallreserve und übernimmt die Druckluftherzeugung nur noch 6 Stunden pro Woche (mittwochs 6 - 12 Uhr) Dies erfolgt durch Absenkung des Einschalt drucks des SK25 auf 8 bar (siehe Tabelle 32: Betriebsart B). Die Nennleistung des SK25 beträgt 15 kW, die des SK19 beträgt 11 kW. Die Betriebsdaten seit 10. Juli 2012 sind im Anhang in Tabelle 65 angegeben.

Die elektrische Leistung der Kompressoren unter Last und im Leerlauf kann durch Messung des elektrischen Stromes berechnet werden:

$$P_{Komp} = U_{Vers} * I_{Komp} * \sqrt{3} * \cos \rho = 400V * 30A * \sqrt{3} * 0,9 = 18,706 kW$$

- P ... elektrische Wirkleistung der Kompressoren
- $U_{Vers}$  ... Versorgungsspannung 400V, annähernd konstant
- $I_{Komp}$  ... gemittelter Betriebsstrom der Versorgungsleitung
- $\sqrt{3}$  ... „Verkettungsfaktor“, da es sich um ein Dreiphasenwechselstromnetz handelt
- $\cos(\rho)$  ... Leistungsfaktor<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> Vgl. Energie Graz Netzzugangsvertrag (2012), S.3

<b>Kompressor</b>	<b>1 (SK25)</b>	<b>2 (SK19)</b>
Hersteller	KAESER	KAESER
Type	SK25	SK19
Kühlung	Luft	Luft
Regelung	„QUADRO“	Druckgeregelt
Nennleistung [kW]	15	11
Baujahr	2012	1989
Nenndruck [bar]	10	10
Fördervolumen [m <sup>3</sup> /min] (bei [bar])	2,4 (8,75)	1,7 (8,0)
Stromaufnahme Last [A]	30	23,11
Stromaufnahme Leerlauf [A]	17,15	13,9
Leistungsaufnahme Last [kW]	18,7	14,4
Leistungsaufnahme Leerlauf [kW]	10,7	8,7
Druckband Ein [bar] - Aus [bar]	A: Ein 8,0 – Aus 9,5 B: Ein 7,0 – Aus 8,0	Ein 7,4 - Aus 8,4
Jahresbetriebsstunden [h]	5326	8760
Laufstunden [h]	1384	2590
Volllaststunden [h]	1066	1062
Leerlaufstunden [h]	318	1528

Tabelle 32 : Kompressordaten 2012

Betriebsart „QUADRO“ vom SK25 bedeutet, dass die Maschine nach Zeiten mit niedrigem Druckluftverbrauch von LAST in STILLSTAND schaltet. Nach Zeiten mit hohem Druckluftverbrauch schaltet die Maschine von LAST über LEERLAUF in STILLSTAND. In dieser Regelungsart benötigt die Regelung zwei vorgegebene Zeiten: Die Laufzeit und die Leerlauf-/Aussetzzeit. Je kürzer diese Zeiten gewählt werden, desto eher (und damit häufiger) steht der Kompressormotor still.<sup>70</sup>

Den Aufzeichnungen zufolge beträgt die Laufzeit des SK25 1384 h (25.05. bis 31.12.2012), die Laufzeit vom SK19 beträgt 2590 h im Jahr 2012. In den nächsten Jahren wird es zu einer Verschiebung der Laufzeiten kommen, weil wie zuvor erwähnt, der SK19 seit 10. Juli 2012 lediglich 6 h pro Woche (312 h pro Jahr) in Betrieb ist. Die Laufzeit des SK25 wird in Zukunft 2170h pro Jahr betragen, unter der Annahme derselben Druckluftliefermenge wie im zweiten Halbjahr 2012.

<sup>70</sup> Vgl. KAESER: Betriebsanleitung Schraubenkompressor SK

Die Betriebsdaten 2012 sind in Tabelle 34 zusammengefasst. Aus der Kompressorsteuerung Sigma Control vom SK25 wurde am 30.01.2013 der Volllastanteil an der Laufzeit ausgelesen, dieser beträgt 77%. Der Lastanteil vom SK19 kann durch die Messung vom 30.01.2013 (Messprotokoll siehe Anhang Seite 157) berechnet werden (siehe Tabelle 33).

	[s]	% der Messzeit	% der Laufzeit
Messzeit	3540	100	
Laufzeit	3296	93,11	100
Volllastzeit	1339	37,82	40,63
Leerlaufzeit	1957	55	59,37
Stillstandzeit	244	7	-

Tabelle 33: Messdaten SK19

Kompressor	SK25 (seit 25.05.2012)	SK19
Laufstunden [h]	1384	2590
Volllaststunden [h]	1066	1062
Leerlaufstunden [h]	318	1528
Volllastanteil von Lauf [%]	77 <sup>71</sup>	41
Volllastanteil von Betriebszeit [%]	20	38
Volllastlaufverbrauch [kWh]	19.934,2	15.292,8
Leerlaufverbrauch [kWh]	3.402,6	13.293,6
Energieverbrauch [kWh]	23.336,8	28.586,4
Liefermenge [m <sup>3</sup> ]	153.504	108.324
spezifischer Energieverbrauch [kWh/m <sup>3</sup> ]	0,152	0,2639
Gesamtliefermenge [m <sup>3</sup> ]	261.828	
<b>Gesamtenergie [kWh]</b>	<b>51.923,2</b>	
<b>Energiekosten [€]</b>	<b>5.389,63</b>	

Tabelle 34: Betriebsdaten der Druckluftanlage im Jahr 2012

Der geringe Lastanteil vom SK19 lässt sich durch den Umstand erklären, dass die Nachlaufzeit des Kompressors im Leerlauf, auf Grund der hohen Leistungsspitzen beim Anfahren bis zum Ausschalten 3 Minuten beträgt, während die durchschnittliche

<sup>71</sup> laut Sigma Control

Lastzeit etwas mehr als 2 Minuten beträgt (gemessen am 30.01.2013, Messdaten siehe Tabelle 67 im Anhang).

Aus dem Quotienten von Gesamtenergieverbrauch und Gesamtliefermenge aus Tabelle 34 lässt sich der spezifische Energieeinsatz pro m<sup>3</sup> Druckluft berechnen:

$$w_{DL} = \frac{W_{DL}}{V_{DL}} = \frac{51923,2 \text{ kWh}}{261828 \text{ m}^3} = 0,1983 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

w<sub>DL</sub> ... spezifischer Energieeinsatz pro m<sup>3</sup> Druckluft [kWh/m<sup>3</sup>]

W<sub>DL</sub> ... Gesamtenergieeinsatz Druckluftherzeugung [kWh]

V<sub>DL</sub> ... Gesamtliefermenge Druckluft [m<sup>3</sup>]

### **Energieersparnis durch Neuanschaffung des SK25**

Weil der neue SK25 Kompressor deutlich energiesparender als der davor betriebene SK19 ist, soll an dieser Stelle die Energieersparnis durch die Neuanschaffung berechnet werden. Zur Berechnung der jährlichen Energieersparnis werden die Laufzeiten errechnet die notwendig sind, um die Druckluftlieferung von 2012 bereit zu stellen, das sind 261.828 m<sup>3</sup>. Die Differenz ergibt die jährliche Ersparnis.

Kompressor	Volllast [kW]	Leerlauf [kW]	Volllast [h]	Leerlauf [h]	Stromverbrauch
SK19	14,4	8,7	2567	3694	69.103 kWh
<b>Energieverbrauch früher (2 x SK19)</b>					<b>69.103 kWh</b>
<b>Energiekosten früher (2 x SK19)</b>					<b>7.172,89 €/a</b>
SK25	18,7	10,7	1671	499	36.587 kWh
SK19	14,4	8,7	128	184	3.444 kWh
<b>Energieverbrauch IST Situation (SK25 und SK19)</b>					<b>40.031 kWh</b>
<b>Energiekosten IST Situation</b>					<b>4.155,22 €/a</b>
<b>Energieersparnis durch Neuanschaffung</b>					<b>29.072 kWh</b>
<b>Kostensparnis durch Neuanschaffung</b>					<b>3017,67 €/a</b>

Tabelle 35: Energieersparnis durch neuen Druckluftkompressor

Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgte am Beispiel des SK 25 folgendermaßen:

$$W_{DL_{SK25}} = t_{Last_{SK25}} * P_{Last_{SK25}} + t_{Leerlauf_{SK25}} * P_{Leerlauf_{SK25}}$$

$$= 1671 h * 18,7 kW + 499 h * 10,7 kW = 35.745 kWh$$

$W_{DL} \dots$	Energieeinsatz Erzeugung Druckluft [kWh]
$t_{Last / Leerlauf} \dots$	Last-, Leerlaufstunden Druckluftanlage [h]
$\eta_A \dots$	durchschnittliche Auslastung [%]
$P_{Last / Leerlauf} \dots$	Leistungsaufnahme unter Last / Leerlauf [kW]

Die Einsparung durch Neuanschaffung beträgt rund € 3.018,- pro Jahr.

### **Verluste durch Leckagen**

In einem Druckluftnetz dieser Größenordnung lassen sich Leckagen durch undichte Kupplungen oder poröse Schläuche nicht vermeiden. „Als vernünftige Zielgröße sollte ein Gesamtleckageanteil von 10 % und weniger angestrebt werden.“<sup>72</sup>

Laut Stefan Strabegg (Verkaufstechniker von KAESER Kompressoren GmbH) kann eine Leckagemenge von rund 15% der jährlichen Druckluftlieferungsmenge als wirtschaftlich sinnvoller, und technisch gut realisierbarer Wert angestrebt werden.

Zur Bestimmung der Leckageverluste im Druckluftsystem gibt es 2 Möglichkeiten:

1. Messung durch Druckbehälterentleerung:

Dabei wird gemessen, in welchem Zeitraum der Behälterdruck um welchen Wert fällt. Bei dieser Methode ist zu beachten, dass diese Messung während eines Betriebsstillstandes durchgeführt wird, d.h. es dürfen keine Luftverbraucher eingeschaltet werden. Weiters ist wichtig, dass der Kompressor während der Messzeit nicht läuft.

$$V_{Leck} \left[ \frac{l}{min} \right] = V_B * \frac{P_A - P_E}{t}$$

$V_{Leck} \dots$	Leckageverluste [l/min]
$V_B \dots$	Druckbehälterinhalt [Liter]
$P_A \dots$	Anfangs – Behälterdruck [bar]
$P_E \dots$	End – Behälterdruck [bar]
$t \dots$	Messzeit [min]

<sup>72</sup> Fraunhofer ISI (2006), S. 1

2. Messung durch Kompressorlastzeit:

Dabei wird die Zeitdauer, in der der Kompressor Druckluft liefert, in Relation zur Messzeit gesetzt. Auch diese Messung muss während Betriebsstillstand durchgeführt werden, die Mindestmesszeit beträgt einen Zyklus bis zur nächsten Belastung. Der sich dabei ergebenden Lastanteil kann auf jeden beliebigen Zeitraum hochgerechnet werden.

$$V_{\text{Leck}} = \frac{t}{T} * \text{kW} * h$$

- V<sub>Leck</sub> ... Jährliche Leckageverluste [kWh/a]
- t ... Lastzeit [sek]
- T ... Messzeit [sek]
- kW ... Leistung des Kompressors im Lastzyklus [kW]
- h ... Jahreslaufstunden (Volllast) [h/a]

Zur Bestimmung der Leckageverluste im Druckluftnetz wird die Messung durch Kompressorlastzeit gewählt. Es wurden zwei unabhängige Messungen an zwei aufeinanderfolgenden Samstagen (am 26.01.2013 von 18:20 bis 19:50 Uhr sowie am 02.02.2012 von 13:00 bis 14:00 Uhr) während Betriebsstillstandzeiten durchgeführt, wobei die Lauf-, Leerlauf- und Stillstandzeiten des SK 25 protokolliert wurden (Messdaten siehe Tabelle 68 und Tabelle 69 im Anhang). Dabei war das gesamte Druckluftnetz geöffnet und alle Verbraucher abgestellt. Unter der Annahme, dass die Verluste durch Leckagen das ganze Jahr über konstant sind, ergibt sich der in Tabelle 36 angeführte Leckagenanteil von 81,46% im Jahr 2012.

Der errechnete Leckagenanteil entspricht annähernd einer, von der Firma KAESER Kompressoren GmbH durchgeführten, Messdatenaufzeichnung im Zeitraum von 11.02.2013 bis 28.02.2013. Dabei wurde ein Leckagenanteil von 76,03 % ermittelt.

Messzeit [sek]	6284
Lastzeit [sek]	1251
Lastanteil von Messzeit[%]	19,91
<b>Leckageverluste pro Jahr [kWh/a]</b>	<b>32.611,2</b>
<b>Leckageanteil pro Jahr [%]</b>	<b>81,46</b>

Tabelle 36: Druckluft-Leckageverluste

$$V_{Leck} = \frac{1251s}{6284s} * \left( 18,7 kW * 8760 \frac{h}{a} \right) = 32611,2 \frac{kWh}{a}$$

h ... Jahresbetriebsstunden [h/a]

$$v_{Leck} = \frac{V_{Leck}}{W_{DL}} = \frac{32611,2 kWh}{40031 kWh} = 81,46 \%$$

Unter Berücksichtigung des Strompreises entstehen durch Leckagen im Druckluftnetz Kosten in der Höhe von € 3.385,- im Jahr 2012.

## 2.2.4 Zusammenfassung Energieumwandlung und -verteilung

Der Energieverbrauch im Bereich Energieumwandlung, -verteilung und -speicherung beträgt im Jahr 2012 rund 4.406 MWh, die Kosten dafür betragen € 274.212,-. In Tabelle 37 sind der Energieverbrauch, die Energiekosten sowie der Energieanteil der Umwandlungsanlagen am gesamten Energiebezug zusammengefasst.

Verbraucher	Energiepreis [€/kWh]	Verbrauch [MWh]	Anteil [%]	Energiekosten [€/a]
Thermoölanlage	0,0457	1.576	23,8	72.016
Heizkessel	0,0457	401	6,1	18.326
Dampfkessel	0,0457	1.241	18,8	56.727
Kälteanlagen	0,1038	1.204	18,2	124.981
Druckluftherzeugung	0,1038	52	0,8	5.389
<b>Summe</b>		<b>4474</b>	<b>67,7</b>	<b>277.439</b>

Tabelle 37: Energieumwandlung, -verteilung und -speicherung

## 2.3 Energieumwandlung bei Nutzung

Die Energieverwendung bzw. Energieumwandlung bei der Nutzung stellt das Ende der energetischen Umwandlungskette dar und dient zur Erstellung der nachgefragten Energiedienstleistung.<sup>73</sup>

### 2.3.1 Prozesswärme

In diesem Abschnitt werden jene Wärmeanwendungen zusammengefasst, welche direkt für den betrieblichen Produktionsprozess benötigt werden, das sind:

- Öfen
- Kistenwaschanlage
- Knödelbrottrockenanlage
- Fettbackanlagen

#### 2.3.1.1 Direkt mit Erdgas betriebene Anlagen

Jene Anlagen, welche direkt mit Erdgas betrieben werden, sind im folgenden Abschnitt kurz erklärt. Der gesamte Energieverbrauch der direkt mit Erdgas betriebenen Anlagen ergibt sich aus der Differenz der Liefermenge Erdgasleitung 1 und Dampfkesselverbrauch (Bilanz der Erdgasleitung 1):

$$EV_{DB} = EV_{Gas1} - EV_{DK} = 2596850 \frac{kWh}{a} - 1241279,5 \frac{kWh}{a} = 1355570,5 \frac{kWh}{a}$$

EV<sub>DB</sub> ... Energieverbrauch der direkt mit Erdgas betriebenen Anlagen

<b>Energieverbrauch direkt mit Erdgas betriebene Anlagen</b>	<b>1.355.571 kWh/a</b>
--	------------------------

#### Etagenbacköfen „Monsun“ - Firma DEBAG

In der Produktion der Bäckerei Sorger sind zwei Etagenbacköfen vom Type „Monsun SM B 1000“ (in weiterer folge Monsun 1 und Monsun 2 genannt) sowie vier Etagenbacköfen vom Typ „Monsun 573“ (Monsun 3 bis 6) in Betrieb. Die Betriebszeiten der Öfen sind Sonntag bis Freitag jeweils von 17:00 bis 03:00 Uhr des Folgetages. Die hergestellten Backwaren sind verschiedene Brote.

<sup>73</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989), S. 104f.



Die technischen Daten sind in Tabelle 38 angegeben.

Benennung	Typ	Leistung [kW]	Baujahr	Backfläche
Monsun 1	SM B 1000	68	2006	10,8 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 9 Etagen)
Monsun 2	SM B 1000	68	2006	10,8 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 9 Etagen)
Monsun 3	Monsun 573	45	1985	7,2 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 6 Etagen)
Monsun 4	Monsun 573	45	1985	7,2 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 6 Etagen)
Monsun 5	Monsun 573	40	1982	7,2 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 6 Etagen)
Monsun 6	Monsun 573	40	1976	7,2 m <sup>2</sup> (1,2 m <sup>2</sup> /Etage x 6 Etagen)
<b>Summe</b>				<b>50,4 m<sup>2</sup></b>

Tabelle 38: Daten Monsun 1 bis 6

Etagenbacköfen besitzen mehrere übereinander angeordnete Backherde. Die Herdflächen sind unbeweglich, so dass das Backgut mittels Abziehapparaten eingebracht wird. Die Beheizung der Etagenbacköfen erfolgt direkt über Erdgas. Die Wärmeübertragung an das Backgut erfolgt durch die bewegte Backluft. Die Schwadenerzeugung erfolgt direkt am Heizregister (Kaltwasserosmose) und ermöglicht eine gleichmäßige Befeuchtung und somit gleichmäßige Bräunung des Gebäcks.<sup>74</sup>

#### Stikkenöfen „Roto Passat“ - Firma König

In der Produktion der Bäckerei Sorger sind 10 Stikkenöfen vom Typ Roto Passat der Firma König in Betrieb. Fünf dieser Öfen sind in der Bäckerei (EG) von Montag bis Samstag jeweils von 05:30 bis 12:00 Uhr sowie Sonntag bis Freitag jeweils von 15:00 bis 03:00 Uhr des Folgetages in Betrieb. Die übrigen fünf Öfen stehen in der Konditorei (1.Stock) wobei Montag bis Samstag jeweils von 06:30 bis 12:00 Uhr nur drei Öfen betrieben werden. Sonntag bis Freitag jeweils von 15:00 bis 03:00 Uhr des Folgetages sind alle fünf Öfen in Betrieb. In der Bäckerei wird mit den Öfen unterschiedlichstes Weißgebäck hergestellt, in der Konditorei wird Feingebäck hergestellt. Die Backfläche pro Ofen ist laut Hersteller mit 11,3 m<sup>2</sup> angegeben.

Anders als Etagenbacköfen, besitzen Stikkenöfen einen hohen Backraum in den das Backgut mit einem Wagen (Stikken) eingefahren wird. Ein Stikken fasst dabei, abhängig vom Backgut, 18 bzw. 20 Backbleche. Diese Bleche können außerhalb des Ofens belegt und geleert werden und haben eine Größe von 0,57 m<sup>2</sup> (Erdgeschoß) bzw. 0,45 m<sup>2</sup> (1. Stock). Fertige Bleche können darüber hinaus auch vorbereitet und in einem

<sup>74</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 34f.

Gärunterbrecher gekühlt werden. Besonderes Merkmal des Stikkenofens ist die kleine Stellfläche bzw. Ofenoberfläche im Verhältnis zur großen Backfläche und die schnelle und problemlose Beschickung des Ofens. Dabei können Abkühlverluste weitgehend vermieden werden. Auch die Aufheizzeiten sind gegenüber einem Etagenofen wesentlich kürzer. Bei Stikkenöfen liegen die Aufheizzeiten zwischen 15 und 30 Minuten, wogegen bei Etagenöfen mit Aufheizzeiten um etwa eine Stunde gerechnet werden muss. Bei den drehenden Stikken wird die Heißluft seitwärts zugeführt und der Stikken selbst rotiert um seine Achse, um ein gleichmäßiges Backergebnis zu gewährleisten.<sup>75</sup> Der Ofen verfügt über einen internen Schwadenapparat, über welchen aufbereitetes Wasser (von der Kaltwasserosmoseanlage) auf großen Speichermassen verdunstet wird.

#### Erdgasbeheizte Fettbackanlage (Krapfenanlage „TEMAC2“)

Die Herstellung von Krapfen, Donuts, „Jakomini“ (Topfenbällchen), ect. erfolgt auf zwei baugleichen Fettbackanlagen. Die Anlage „TEMAC1“ wird mit elektrischer Energie beheizt, die „TEMAC2“ mit Erdgas. Die mit Erdgas betriebene „TEMAC2“ ist mit 5 modulierenden Erdgasbrennern mit einer Nennleistung von je 40 kW ausgestattet. Aufgrund fehlender Messeinrichtungen zur Erfassung des Erdgasverbrauchs sowie dem hohen organisatorischem Aufwand eines nachträglichen Einbaus (Dichtheitsprüfung des gesamten Erdgasnetzes erforderlich) konnte der Energieverbrauch der erdgasbeheizten Fettbackanlage nicht ermittelt werden. Laut dem Energieaudit der AEE INTEC betrug der Verbrauch 2009 ca. 298 MWh.

#### Kleinverbraucher Erdgas

Der Energieverbrauch der übrigen Kleinverbraucher (Gaskocher, Zentralküche) kann über die Energiebilanz der Gasleitung 1 errechnet werden und beträgt demnach 11 MWh pro Jahr.

#### **2.3.1.2 Elektrisch beheizte Fettbackanlage (Krapfenanlage „TEMAC1“)**

Die elektrisch beheizte Anlage „TEMAC1“ hat eine elektrische Anschlussleistung von 119 kW. Aufgrund fehlender Messeinrichtungen konnte der Energieverbrauch im

---

<sup>75</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 35

Rahmen dieser Diplomarbeit nicht ermittelt werden, laut dem 2009 durchgeführten Energieaudit<sup>76</sup> betrug der Energieverbrauch 2009 rund 300 MWh.

### **2.3.1.3 Indirekt beheizte Anlagen**

Darunter fallen alle Anlagen welche indirekt mit Thermoöl, Dampf oder Warmwasser betrieben werden. Der Energieverbrauch dieser Anlagen wurde im Kapitel 2.2: Energieumwandlung, -verteilung, und -speicherung berechnet.

#### **Thermoölbeheizte Anlagen**

##### 5 - Etagen Durchlauföfen - Firma DAUB

Bei diesen Öfen durchwandert das Backgut auf einem Netzband die einzelnen Backzonen mit gesteuerter Ober- und Unterhitze und erreicht als fertige Backware das Ende des Bandes. Die Beheizung erfolgt indirekt mit Thermoöl. Durch Öffnen oder Schließen von Schiebern können über die Ofenstrecke unterschiedliche Temperaturen eingestellt werden. Durchlauföfen eignen sich für die Produktion von großen Stückzahlen.<sup>77</sup> Die Beschwadung erfolgt durch Einspritzen des im Dampfkessel erzeugten Wasserdampfes direkt in den Backraum.

Backwaren: 10er Semmeln, Knollen für Semmelwürfel, diverse Brote

Backfläche: 108 m<sup>2</sup>

##### Thermo-Roll Ofen (Wagenöfen) - Firma DAUB

Die DAUB Thermo-Roll Öfen werden mit Thermoöl beheizt und kombinieren die schnelle und einfache Bedienung eines Wagenofens mit der gleichmäßigen Backqualität eines Etagenofens.<sup>78</sup>

Anzahl: 3 Öfen

Backfläche: pro Ofen 11,37m<sup>2</sup> (2 Waagen zu je 10 Bleche, 0,6 m<sup>2</sup> pro Blech)

Backwaren: Semmeln, Brot, Weißgebäck

---

<sup>76</sup> Vgl. Fluch/Hubmann (2012), S. 4

<sup>77</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 36

<sup>78</sup> Vgl. DAUB Backtechnik GmbH

## **Dampfbetriebene Anlagen**

### Gärräume

Die notwendige Endgare bei den Teiglingen wird in Gärräumen erreicht.<sup>79</sup> Die Gärräume werden mit Dampf über einen Wärmetauscher beheizt, die Luftfeuchteregelung erfolgt durch Einspritzen des Dampfes direkt in den Gärraum. Der Energieverbrauch der Gärräume konnte nicht getrennt erfasst werden, sondern ist im Energieverbrauch des Dampfkessels enthalten.

### Kistenwaschanlage

Die Transportkisten, werden in einer Durchlaufwaschstraße (Bandwaschanlagen) gereinigt. Die Waschanlage wird mit Warmwasser gespeist, die Nachheizung erfolgt durch Einspritzen von Dampf direkt in die Wassertanks der Waschanlage über ein temperaturgeregeltes Magnetventil. Die Betriebszeit der Waschanlage ist Montag bis Samstag:

- Erstbefüllung 06:00 – 06:30 Uhr
- Waschbetrieb 07:30 – 13:30 Uhr
- 

<b>Hersteller</b>	<b>MTV Förder und Reinigungssysteme</b>	
Typ	U05 - UKD 39.1 NS	
Kapazität	Herstellerangabe: ca. 300 Kisten/h	

Aus Platzgründen ist eine Auslagerung der Kistenreinigung geplant, daher wurden die derzeitigen Kosten der Kistenwaschanlage berechnet.

#### 1. Elektrischer Energieverbrauch:

Der elektrische Energieverbrauch der Anlage wird über die Nennleistung der Pumpen, Motoren und Ventilatoren und die Betriebszeit ermittelt. Die elektrische Nennleistung der gesamten Anlage beträgt laut der technischen Dokumentation 17,37 kW (siehe Tabelle 70 im Anhang):

<sup>79</sup> Vgl. Weigl, Lummerstorfer (1998), S. 49

$$EV_{El} = P_{El} * Bh = 17,37 \text{ kW} * 7,5 \frac{\text{h}}{\text{d}} * 255 \frac{\text{d}}{\text{a}} = 33220 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

$$K_{El_{KWA}} = EV_{El} * k_{el} = 33220 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * 0,1038 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 3449 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

- $EV_{El}$  ... Jährlicher Stromverbrauch der Anlage  
 $P_{El}$  ... elektrische Nennleistung der gesamten Anlage  
 $Bh$  ... jährliche Betriebsstunden  
 $K_{El_{KWA}}$  ... Stromkosten der Kistenwaschanlage  
 $k_{El}$  ... durchschnittlicher Strompreis 2012: 0,1038 €/kWh (siehe Tabelle 8)

## 2. Wärmeenergiebedarf zur Bereitstellung des Warmwassers:

Die Kistenwaschanlage wird mit Warmwasser versorgt. Der Wasserverbrauch zur Erstbefüllung beträgt täglich 360 Liter, im Betrieb beträgt der Wasserverbrauch 350 Liter pro Stunde. Die Waschanlage ist an 255 Tagen pro Jahr in Betrieb, daraus ergibt sich ein jährlicher Wasserverbrauch von 761.175 Liter pro Jahr. Der verlustlose, energetische Aufwand wird thermodynamisch wie folgt berechnet:

$$Q_{WW} = m_{WW} * c_p * \Delta T = 761175 \frac{\text{kg}}{\text{a}} * 4,181 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 45 \text{ K} * \frac{1}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = 39781 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

- $Q_{WW}$  ... Energetischer Aufwand, erforderliche Wärmemenge  
 $m_{WW}$  ... Masse des jährlichen Wasserverbrauchs  
 $\Delta T$  ... Temperaturdifferenz (Kaltwassertemperatur = 10°C, Warmwassertemperatur = 55°C)

Durch die Verluste in der Warmwasserbereitung berechnet sich der Erdgasverbrauch zur Bereitstellung des Warmwassers wie folgt:

$$W_{HK} = \frac{Q_{WW}}{\eta_{ges_{HK}}} = \frac{39781 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{87,3 \%} = 45568 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

$$K_{HK_{KWA}} = W_{HK} * k_{Gas} = 45568 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * 0,0457 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 2084 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

- $W_{HK}$  ... Erdgasverbrauch  
 $\eta_{ges_{HK}}$  ... Wirkungsgrad der Warmwasserbereitung (siehe Abschnitt 2.2.1.1)  
 $K_{HK_{KWA}}$  ... Erdgaskosten zum Bereitstellen des Warmwassers durch den Heizkessel  
 $k_{Gas}$  ... Erdgaspreis = 0,0457 €/kWh

3. Wärmeverluste im Betrieb:

Zur Temperaturregelung des Waschwassers wird Wasserdampf direkt in das Wasserbad der Kistenwaschanlage durch Öffnen eines temperaturgesteuerten Magnetventils eingespritzt. Der Wasserdampf muss also die Verluste der Anlage abdecken. Die benötigte Dampfmenge konnte aufgrund fehlender Messeinrichtungen nicht gemessen werden.

Die Verluste der Waschanlage werden über die Wärmeverluste durch Aufheizen der gereinigten Transportkisten berechnet.

Es werden täglich Kisten in drei unterschiedlichen Größen gereinigt. Die Masse der Kisten wurde mit einer geeichten Waage gemessen. Die Masse sowie die Anzahl der täglich gereinigten Kisten ist in Tabelle 39 angegeben. Die Kisten bestehen aus PE HD, die spezifische Wärmekapazität wird laut IEC 1006<sup>80</sup> mit 1,9 kJ/kgK angegeben. Die Kisten haben vor der Reinigung Raumtemperatur (23 °C) und verlassen die Waschanlage mit einer durchschnittlichen Temperatur von 45 °C.

	Masse [kg]	Anzahl [Stk./Tag]
Große Kiste	1,675	920
Mittlere Kiste	1,414	3100
Kleine Kiste	1,201	1350

Tabelle 39: Daten der Transportkisten

$$V_{Ki} = m_{Ki} * c_{p_{Ki}} * \Delta T_{Ki} = 7546 \frac{kg}{d} * 255 \frac{d}{a} * 1,9 \frac{kJ}{kgK} * 22 K * \frac{1}{3600 \frac{s}{h}} = 22343 \frac{kWh}{a}$$

- V<sub>Ki</sub> ... Verluste durch Erwärmung der Kisten [kWh/a]
- m<sub>Ki</sub> ... Masse der täglich geeinigten Kisten = 7546 kg
- c<sub>p\_Ki</sub> ... spezifische Wärmekapazität der Kisten = 1,9 kJ/kgK
- ΔT<sub>Ki</sub> ... Erwärmung der Kisten

Benötigte Dampfmenge zum Abdecken dieser Wärmeverluste:

Der Wärmeinput pro kg Dampf berechnet sich aus der Enthalpiedifferenz von Sattedampf bei 1,8 bar und der Waschtemperatur bei 55 °C.

$$q_{Dampf} = h''_{Dampf} - h_{Wasser_{55^{\circ}C}} = 2699,8 \frac{kJ}{kg} - 209,11 \frac{kJ}{kg} = 2490,69 \frac{kJ}{kg_{Dampf}}$$

Die jährlich benötigte Dampfmenge in kg lässt sich daraus wie folgt berechnen:

<sup>80</sup> Kern GmbH (2013)

$$m_{DKWA} = \frac{V_{Ki}}{q_{Dampf}} = \frac{22343 \frac{kWh}{a} * 3600 \frac{kJ}{kWh}}{2490,69 \frac{kJ}{kg_{Dampf}}} = 32294,2 \frac{kg_{Dampf}}{a}$$

$m_{D\_KWA}$  ... Dampfbedarf der Kistenwaschanlage

Die jährlichen Kosten zur Bereitstellung des Dampfbedarfs der Kistenwaschanlage lassen sich, unter Berücksichtigung der spezifischen Dampfkosten, wie folgt berechnen:

$$K_{DKWA} = m_{DKWA} * k_{Dampf} = 32294,2 \frac{kg_{Dampf}}{a} * 0,041 \frac{€}{kg_{Dampf}} = 1324 \frac{€}{a}$$

$K_{D\_KWA}$  ... Kosten des Dampfbedarfs der Kistenwaschanlage

#### 4. Gesamter Energieverbrauch und Energiekosten der Kistenwaschanlage

Die jährlichen Energiekosten der Kistenwaschanlage betragen € 6857,-.

$$K_{EKWA} = K_{ElKWA} * K_{ZHKWA} * K_{DKWA} = 3449 \frac{€}{a} + 2084 \frac{€}{a} + 1324 \frac{€}{a} = 6857 \frac{€}{a}$$

#### 5. Gesamtkosten der Anlage:

Der Wasserverbrauch der Kistenwaschanlage beträgt rund 794 m<sup>3</sup> jährlich, bei Kosten von 1,544 € pro m<sup>3</sup> ergeben sich dadurch Wasserkosten von 1226 €/a. Die Kosten für Personal, Wartung, Waschmittel sowie die gebildeten Rücklagen sind Angaben von der Bäckerei Sorger. Die jährlichen Gesamtkosten der Kistenwaschanlage in der Höhe von € 101.967,- sowie die Kosten pro gereinigter Kiste sind in Tabelle 40 angegeben.

	<b>Kosten pro Jahr [€/a]</b>
Personal	81.649
Energie	6.857
Frischwasser	1.226
Wartung	4.800
Waschmittel	4.435
Rücklagen	3.000
<b>Summe</b>	<b>101.967 €</b>
<b>Pro Kiste</b>	<b>0,0745 €</b>

Tabelle 40: Kosten der Kistenwaschanlage

Kostenvergleich externe Reinigung:

Aus Platzgründen ist eine Auslagerung der Kistenreinigung geplant, daher wurden zwei Kostenvoranschläge zur externen Reinigung der Kisten eingeholt. Zu den Kosten der Kistenreinigung kommen Kosten für einen zusätzlichen Zwischenstopp des Kistentransports bei der externen Reinigungsfirma hinzu, welche mit dem Transportunternehmen erst abgeklärt werden müssen.

- Angebot 1

ÖKO-Service GmbH

Kosten: 15Cent je Kiste (ex. MwSt)

Im Preis inkludiert ist:

- Trennung von Boxen und Inhalt (Kunststoff, Papier, Brotreste)
- Reinigung der Boxen in Bandwaschanlagen
- Hygienenachweis (regelmäßiger Abklatschtest)
- Bereitstellen der Boxen auf Paletten

Die jährlichen Kosten betragen € 205.402,5, also rund das Doppelte als die derzeitigen Reinigungskosten

- Angebot 2:

EKW Service GmbH

Kosten:

€/große Kisten	0,16
€/mittlere Kisten	0,08
€/kleine Kisten	0,05

Daraus ergeben sich jährliche Kosten in der Höhe von € 117.989,-. Das Angebot ist um 15% teurer als die derzeitigen Kosten zur Kistenreinigung. Bei einer Kostenreduktion der mittleren und großen Kisten um 1 Cent würden die Kosten der Kistenreinigung gleich hoch sein wie derzeit. Ein Gespräch über eine mögliche Kostenreduktion wird angestrebt.



Knödelbrotrocknung

Die Liefermenge an Knödelbrot (Semmelwürfel) beträgt 2700 kg pro Lieferung. Diese Menge wird in 3 Produktionsdurchgängen zu je 900 kg an 3 Produktionstagen hergestellt. Nach dem Backen werden die Knollen im ersten Schritt für 20 h getrocknet. Anschließend werden aus den Knollen die Semmelwürfel geschnitten und nochmals für 3 Stunden getrocknet.

Die Knödelbrotrockenanlage wird mit Dampf über zwei Wärmetauscher beheizt. Es wird Raumluft über die beiden Wärmetauscher erwärmt und in den Trockenraum geleitet. Die Abluft wird anschließend gereinigt und direkt ins Freie abgegeben, es gibt keine Wärmerückgewinnung. Die Regelung der Trockenanlage erfolgt ausschließlich zeitgesteuert im Intervallbetrieb. Dabei beträgt die Trocknungstemperatur abwechselnd 30 Minuten lang 100°C und 30 Minuten 50°C. Die zur Knödelbrotherstellung benötigte Dampfmenge wird durch Vergleich des Speisewasserbedarfs des Dampfkessels während die Knödelbrotrockenanlage in Betrieb ist, mit dem durchschnittlichen Wasserverbrauch außerhalb der Knödelbrotproduktionszeiten, ermittelt. Der durchschnittliche Wasserverbrauch außerhalb der Knödelbrotproduktionszeiten erfolgt durch Auswertung der protokollierten Wasserzählerstände (siehe Anhang Kapitel 6) und ist in Tabelle 41 dargestellt. Aus den Verbrauchsdaten ist ersichtlich, dass es bei der Knödelbrotrockenanlage keine Rückführung des Kondensats gibt, weil sich kein Anstieg in der rückgeführten Kondensatmenge zeigt, sondern lediglich ein Anstieg des Frischwasserbedarfs des Dampfkessels erkennbar ist.

<b>Ø Speisewasser pro Tag</b> <b>[m³]</b>	<b>Ø Frischwasser pro Tag</b> <b>[m³]</b>	<b>Ø Rückführung pro Tag</b> <b>[m³]</b>
<b>3,837</b>	<b>1,38</b>	<b>2,538</b>

Tabelle 41: Durchschnittlicher Wasserverbrauch außerhalb der Knödelbrotproduktionszeiten

Der Speisewasser-Mehrbedarf des Dampfkessels wird aus 3 Messungen in Relation zu Referenzzeiträumen (mit dem durchschnittlichen Wasserverbrauch außerhalb der Knödelbrotproduktionszeiten) gebildet und beträgt pro Lieferung durchschnittlich 7,57 m³ Wasser. Der Wasserverbrauch während der Knödelbrotproduktion sowie der Referenzverbrauch ist in Tabelle 42 und Tabelle 43 angegeben.

	Beobachtungs- zeitraum	Speisewasser [m <sup>3</sup> ]	Frischwasser [m <sup>3</sup> ]	Rückführung [m <sup>3</sup> ]
Produktion	Mo. 19.11 - Do. 29.11.	46,25	20,62	25,63
Referenz	10 Tage	38,37	13,8	25,38
<b>Differenz</b>		<b>7,88</b>	<b>6,82</b>	<b>0,25</b>

Tabelle 42: Mehrverbrauch des Dampfkessels im Beobachtungszeitraum 19. bis 29.11.2012

Im Zeitraum zwischen 02. und 11.01.2013 wurden 2 Lieferungen Knödelbrot hergestellt.

	Beobachtungs- zeitraum	Speisewasser [m <sup>3</sup> ]	Frischwasser [m <sup>3</sup> ]	Rückführung [m <sup>3</sup> ]
Produktion	Mi. 02.01 - Fr. 11.01.	49,37	25,2	24,17
Referenz	9 Tage	34,533	12,42	22,842
<b>Differenz</b>		<b>14,843</b>	<b>12,82</b>	<b>1,332</b>

Tabelle 43: Mehrverbrauch des Dampfkessels im Beobachtungszeitraum 02. bis 11.01.2013

Der Durchschnittliche Mehrverbrauch des Dampfkessels berechnet sich aus dem Mehrverbrauch des Dampfkessels während der drei Knödelbrotproduktionszeiträume wie folgt:

$$MV_{KBT} = \frac{MV_1 + MV_2}{3 \text{ Lieferungen}} = \frac{7,88 \text{ m}^3 + 14,843 \text{ m}^3}{3 \text{ Lieferungen}} = 7,574 \frac{\text{m}^3}{\text{Lieferung}}$$

MV<sub>KBT</sub> ... Mehrverbrauch des Dampfkessels pro Lieferung

MV<sub>1</sub> ... Mehrverbrauch im Betrachtungszeitraum 1

MV<sub>2</sub> ... Mehrverbrauch im Betrachtungszeitraum 2

Aus dem Speisewassermehrverbrauch von 7,574 m<sup>3</sup> werden 7529,91 kg Dampf erzeugt. Die Kosten pro Lieferung können mit den spezifischen Kosten pro kg Dampf berechnet werden:

$$K_{KBT} = k_{Dampf} * MV_{KBT} = 0,041 \frac{\text{€}}{\text{kg}_{Dampf}} * 7529,91 \frac{\text{kg}_{Dampf}}{\text{Lieferung}} = 309 \frac{\text{€}}{\text{Lieferung}}$$

Unter Berücksichtigung der Produktionsmenge pro Lieferung ergeben sich Dampfkosten zur Trocknung des Knödelbrot von 0,1144 €/kg Knödelbrot. Laut Auskunft vom Produktionsleiter der Bäckerei Sorger Herrn Karl-Heinz Knapp (26.11.2012) sind die kalkulierten Herstellkosten 1,09 €/kg und der Verkaufspreis 1,65 €

pro kg Knödelbrot. Im Jahr 2012 wurden 14 Lieferungen produziert, was Dampfkosten zur Trocknung in Höhe von € 4.322,- verursacht.

### 2.3.1.4 Zusammenfassung Prozesswärme

Der gesamte Energiebedarf zur Bereitstellung der Prozesswärme ergibt sich aus dem Energieverbrauch der direkt beheizten Anlagen (elektrisch betriebene Fettbackanlage, direkt beheizte Öfen) sowie der gelieferten Energiemenge, exklusive der Verluste von Thermoölkessel und Dampfkessel, und ist in Tabelle 44 angegeben.

	Prozesswärme [kWh]	Verluste [kWh]
Thermoölbetriebene Öfen	1.214.903	siehe Kapitel 2.2.1.2
Dampfbetriebene Anlagen	981.585	88.471
Elektrische Fettbackanlage	300.000	-
Erdgasbetriebene Anlagen	1.355.571	176.224
<b>Summe Prozesswärme</b>	<b>3.852.059</b>	<b>264.695</b>

Tabelle 44: Prozesswärme und Verluste

Die Verluste der dampfbetriebenen Anlagen ergeben sich aus den Auskühlverlusten des Kondensats (siehe Kapitel 2.2.1.3). Die Abgasverluste der direkt mit Erdgas betriebenen Anlagen wurden mit einem gemittelten Wirkungsgrad der Anlagen (laut Emissionsprotokolle) von 87%<sup>81</sup> berechnet.

<sup>81</sup> Vgl. Emissionsprotokolle HAUZENDORFER (2012)

## 2.3.2 Prozesskälte

In diesem Abschnitt werden jene Kälteanwendungen zusammengefasst, welche direkt für den betrieblichen Produktionsprozess benötigt werden, das sind sämtliche Kühlräume und der Crash-Eis-Verbrauch.

### 2.3.2.1 Kühlräume

Kühlräume werden zur Konservierung, zur Vorratshaltung von Teiglingen und Gebäck und zur besseren Organisation der Produktion eingesetzt. Gerade bei Spezialgebäck mit kleinen täglichen Absatzmengen, aber auch für das Backen in den Filialen ist Kältetechnik ein unverzichtbarer Bestandteil. Mit Hilfe der Kältetechnik ist es möglich, die Zeiten der Teigzubereitung und des Backens voneinander zu entkoppeln.<sup>82</sup>

Je nach Temperatur im Kühlraum wird folgende Einteilung getroffen:

Anlage	Temperatur [°C]
Schockkühlung	- 26
Tiefkühlung	-20
Kühlung	+ 4
Gärverzögerer/Gärunterbrecher	- 10 bis + 4

Tabelle 45: Einteilung der Kühlräume

Der Energieverbrauch der Kälteanlagen wurde bereits in Kapitel 2.2.2. behandelt. Die von den Kälteanlagen versorgten Räume sind im Anhang (Seite 154) in einer Gesamtübersicht zusammengefasst.

### 2.3.2.2 Crash-Eis

Derzeit wird die zur Teigbereitung benötigte Eismenge, um € 0,25 pro kg, zugekauft. Der jährliche Crash-Eis-Bedarf beträgt 112.000 kg, die Kosten dafür belaufen sich somit auf 28.000 € pro Jahr.

---

<sup>82</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer, (1998), S. 52

### 2.3.3 Heizwärme, Lüftung und Klimatisierung

Heizwärme und Raumklimatisierung schaffen einerseits Voraussetzungen für menschengerechte Arbeitsplätze, andererseits sind sie für den Ablauf von technologischen Prozessen erforderlich.<sup>83</sup> Die Raumbeheizung des Bürogebäudes und der angeschlossenen Cafe-Filiale erfolgt durch den Heizkessel, der dafür benötigte Energieeinsatz wurde in Kapitel 2.2.1.1 behandelt. Die Beheizung der Filiale erfolgt über eine Luftheizung, die des Bürogebäudes über Konvektionsheizungen. Da die Verluste der Umwandlung und Verteilung bereits beim Heizkessel berücksichtigt wurden, beträgt der Nutzenergieinhalt der Raumbeheizung 166.849 kWh/a.

<b>Nutzenergieinhalt Raumbeheizung Büro und Cafe</b>	<b>166.849 kWh/a</b>
--	----------------------

Die Raumbeheizung der Produktion wird mit Dampf über einen zentralen Wärmetauscher betrieben und erfolgt über Strahlungsheizungen (Deckenheizung), deren Regelung nicht geklärt werden konnte. Die Garderoben werden mittels Fußbodenheizungen beheizt, deren Regelung außer Betrieb („manueller Betrieb“) ist.

Der Energiebedarf der dampfbetriebenen Raumheizung konnte aufgrund der ungeklärten Regelung nicht getrennt erfasst werden, sondern ist im Energieverbrauch des Dampfkessels und in weiterer Folge in der Prozesswärme enthalten (siehe Kapitel 2.2.1.3).

---

<sup>83</sup> Vgl. Wohinz/Morr (1989), S. 107

### 2.3.4 Beleuchtung

Der Energieverbrauch zur Beleuchtung der Räumlichkeiten der Produktion der Bäckerei Sorger beträgt 210.193 kWh pro Jahr. Die genaue Anzahl sowie Typen der Beleuchtungskörper und der jeweilige Energieverbrauch sind im Anhang in Tabelle 71 aufgelistet. In einigen Bereichen ist die Beleuchtungsstärke nicht ausreichend. Des Weiteren sind Beleuchtungskörper teilweise in äußerst schlechtem Zustand. Großteils sind die vorhandenen Leuchtstofflampen, auch in den Kühlräumen, mit KVG (konventionellen Vorschaltgeräten) ausgerüstet.

**Energieverbrauch Beleuchtung**

**210.193 kWh/a**

### 2.3.5 Elektrischer Energieverbrauch Kleinverbraucher

In diesem Bereich werden sämtliche elektrische Verbraucher zusammengefasst, die im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht getrennt analysiert wurden. Dazu gehören die Bereiche EDV, Produktionsmaschinen (Teigknetter, Rührmaschinen), Laminieranlage, Förderanlagen, Hebekipper, Verpackungsanlagen sowie Anlagen zur Reinigung der Backbleche. Des weiteren fallen Pumpen, Lüfter, Ventilatoren (bei Kälteanlagen teilweise berücksichtigt, siehe Kapitel 2.2.2) unter den Begriff Kleinverbraucher.

Der Energieverbrauch dieser Anlagen errechnet sich über die Energiebilanz des Stromverbrauchs und beträgt 273.938 kWh/a.

$$\begin{aligned}
 W_{El_{KI}} &= W_{Strom} - (W_{Kälte} + W_{DL} + W_{El_{FBA}} + W_{Licht}) \\
 &= 2040100 - (1204060 + 51923 + 300000 + 210193) \left[ \frac{kWh}{a} \right] \\
 &= 273924 \frac{kWh}{a}
 \end{aligned}$$

$W_{El_{KI}}$ ...	elektrischer Energieverbrauch der Kleinverbraucher [kWh/a]
$W_{Strom}$ ...	Gesamter Stromverbrauch (siehe Kapitel 2.1.3) [kWh/a]
$W_{Kälte}$ ...	elektrischer Energiebedarf zur Kälteerzeugung (Kapitel 2.2.2.8) [kWh/a]
$W_{DL}$ ...	elektrischer Energiebedarf zur Druckluftherzeugung (Kapitel 2.2.3) [kWh/a]
$W_{El_{FBA}}$ ...	elektrischer Energiebedarf der Fettbackanlage (Kapitel 2.3.1.1) [kWh/a]
$W_{Licht}$ ...	Energieverbrauch zur Beleuchtung (siehe oben)

**Elektrischer Energieverbrauch Kleinverbraucher**

**273.924 kWh/a**

## 2.4 Energieabgabe und Rückgewinnung

In diesem Kapitel werden alle Energieflüsse behandelt, die über die in Kapitel 2 definierten Systemgrenzen hinaus, den Betrieb verlassen. Da die bestehende Wärmerückgewinnung außer Betrieb ist, wird die gesamte zugeführte Energie nach der Verwertung in der Produktion wieder an die Umgebung abgegeben.

### 2.4.1 Wasser

Der jährliche Warmwasserverbrauch beträgt  $3425 \text{ m}^3/\text{a}$ <sup>84</sup>. Es wird angenommen, dass die Energieabgabe durch Warmwasser dem Nutzenergieinhalt entspricht. Dieser wurde in Kapitel 2.2.1.1 berechnet und beträgt 179.256 kWh.

Hinzu kommt die nicht rückgeführte Kondensatmenge, darunter fällt der Dampfverbrauch der Knödelbrotbackung und der Kistenwaschanlage (siehe Kapitel 2.3.1.3). Es wird angenommen, dass das Kondensat der Knödelbrotbackenanlage den Betrieb annähernd mit Siedetemperatur bei 1,8 bar (117 °C) verlässt:

$$V_{KBT} = MV_{KBT} * 14 \frac{\text{Lieferungen}}{a} * c_{\text{Wasser}} * \Delta T$$

$$V_{KBT} = 7529,91 \frac{\text{kg}}{\text{Lieferung}} * 14 \frac{\text{Lieferung}}{a} * 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 105 \text{ K} * \frac{\text{kWh}}{3600\text{kJ}}$$

$$= 12873,8 \text{ kWh}$$

Das Abwasser der Kistenwaschanlage verlässt den Betrieb mit 55°C:

$$V_{KWA} = m_{D_{KWA}} * c_{\text{Wasser}} * \Delta T$$

$$V_{KWA} = 32294 \frac{\text{kg}}{a} * 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 43\text{K} * \frac{\text{kWh}}{3600\text{kJ}} = 1615 \text{ kWh}$$

Damit beträgt die gesamte Energieabgabe durch Warmwasser 193.745 kWh.

<b>Energieabgabe Wasser</b>	<b>193.745 kWh/a</b>
-----------------------------	----------------------

<sup>84</sup> Aufzeichnungen der Werkstätte „Zählerstände Wasser.xls“

### 2.4.2 Kälteanlagen

Die Abwärme der Kälteanlagen ergibt sich aus dem elektrischen Energieverbrauch und der berechneten Kältenutzenergie und beträgt 2.425.409 kWh/a.

<b>Energieabgabe Kälteanlagen</b>	<b>2.425.409 kWh/a.</b>
-----------------------------------	-------------------------

Die Nutzbare Abwärme bei Vollkondensation wurde getrennt berechnet und beträgt 1.719.523 kWh/a (siehe Kapitel 2.2.2.8)

<b>Nutzbare Abwärme der Kälteanlagen</b>	<b>1.719.523 kWh/a</b>
--	------------------------

### 2.4.3 Abluft

Ein Großteil der zugeführten Energie wird in Form von Wärme über die Abluft an die Umgebung abgegeben. Aufgrund der fehlenden Aufzeichnungen über Be- und Entlüftung wird an dieser Stelle nicht zwischen geregelter und ungeregelter Abluft differenziert. Die Energieabgabe über die Abluft lässt sich aus der Gesamtenergiebilanz berechnen, wobei die Annahme getroffen wurde, dass sämtliche angeführte Verluste innerhalb der Systemgrenzen anfielen.

<b>Energieinput</b>	<b>[kWh]</b>
Elektrische Energie	2.040.100
Erdgas	4.573.692
Wärme über Kühlräume (Kältenutzenergie)	1.221.362
<b>Gesamter Energieinput</b>	<b>7.835.154</b>

Durch Bilanzierung des gesamten Energieinputs bleiben, unter Berücksichtigung der über das Wasser abgeführten Energiemenge, 7.655.765 kWh zur Abgabe über die Abluft.

<b>Energieabgabe Abluft</b>	<b>7.641.409 kWh/a</b>
-----------------------------	------------------------



## 2.5 Zusammenfassung der IST Analyse

In Abbildung 16 ist der jährliche Energiebedarf nach Verwendungszweck in Relation zueinander, in Abbildung 17 ist der Anteil am gesamten Energiebedarf dargestellt. Den größten Anteil am Energiebedarf haben die Thermoölkessel, sowie der Dampfkessel und die Kälteanlagen.

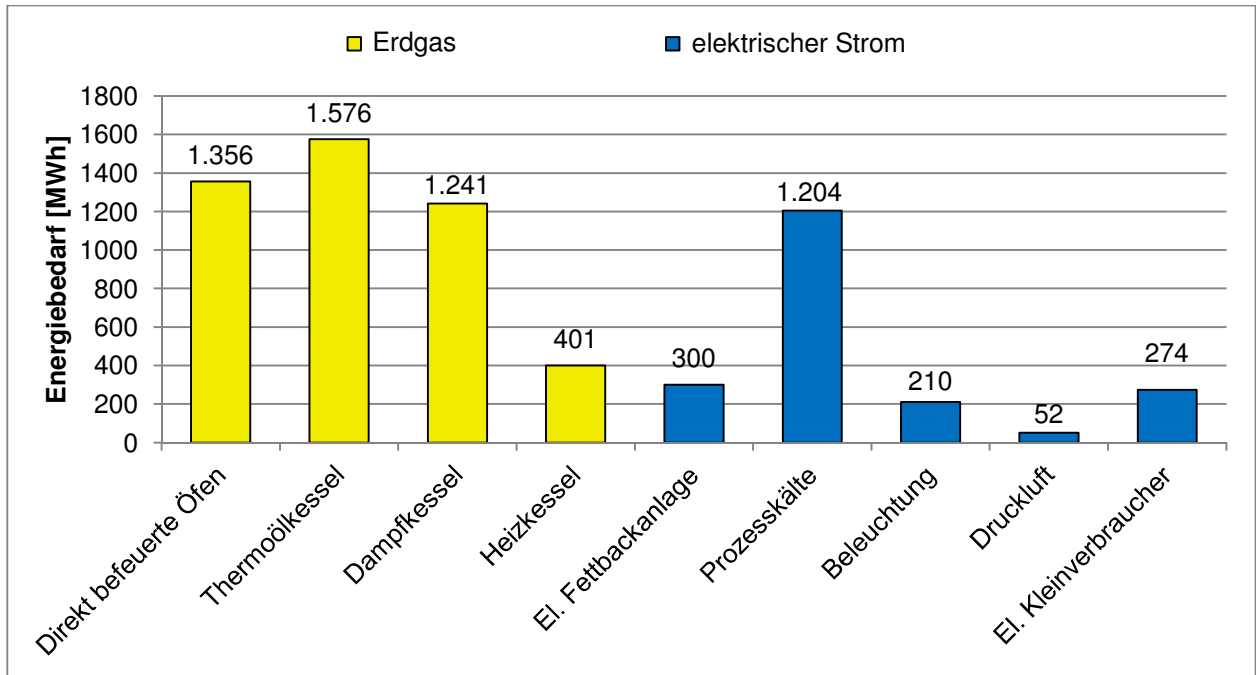


Abbildung 16: Energiebedarf nach Verwendungszweck

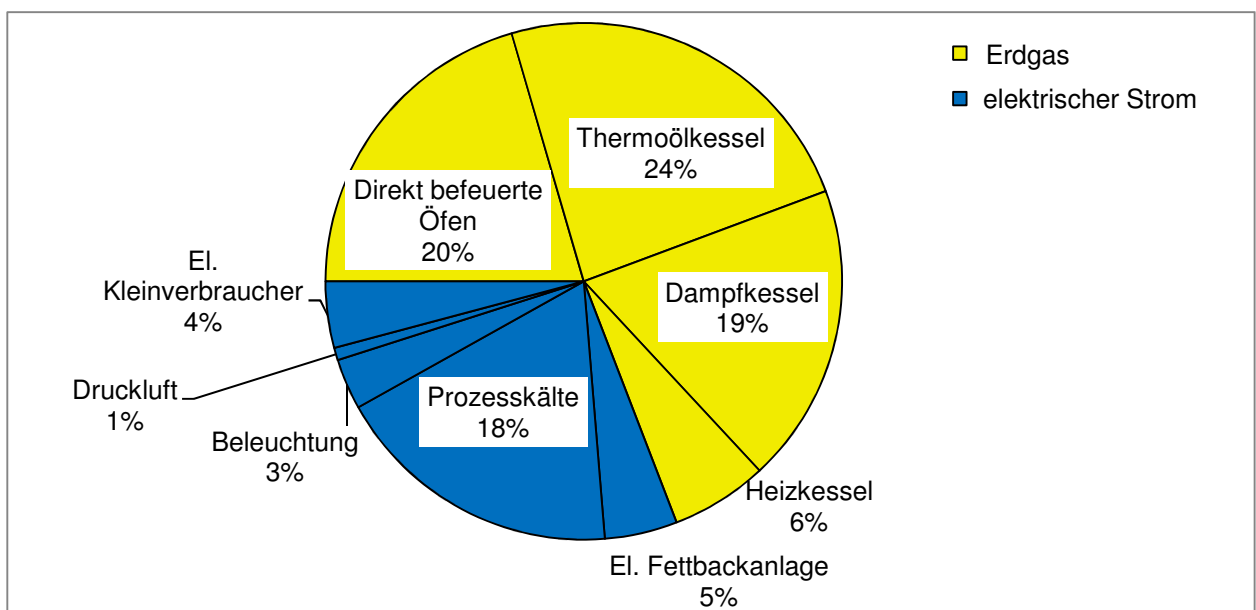


Abbildung 17: Anteil am gesamten Energiebedarf nach Verwendungszweck

In Abbildung 18 sind die jährlichen Energiekosten nach Verwendungszweck in Relation zueinander, in Abbildung 19 ist der Anteil an den gesamten Energiekosten dargestellt. Auffällig sind die hohen Kosten für Kälteanwendungen. Die Energiekosten der Kälteanlagen sind fast gleich groß, wie die Energiekosten der Backöfen (Thermoölkessel und direkt befeuerte Öfen).

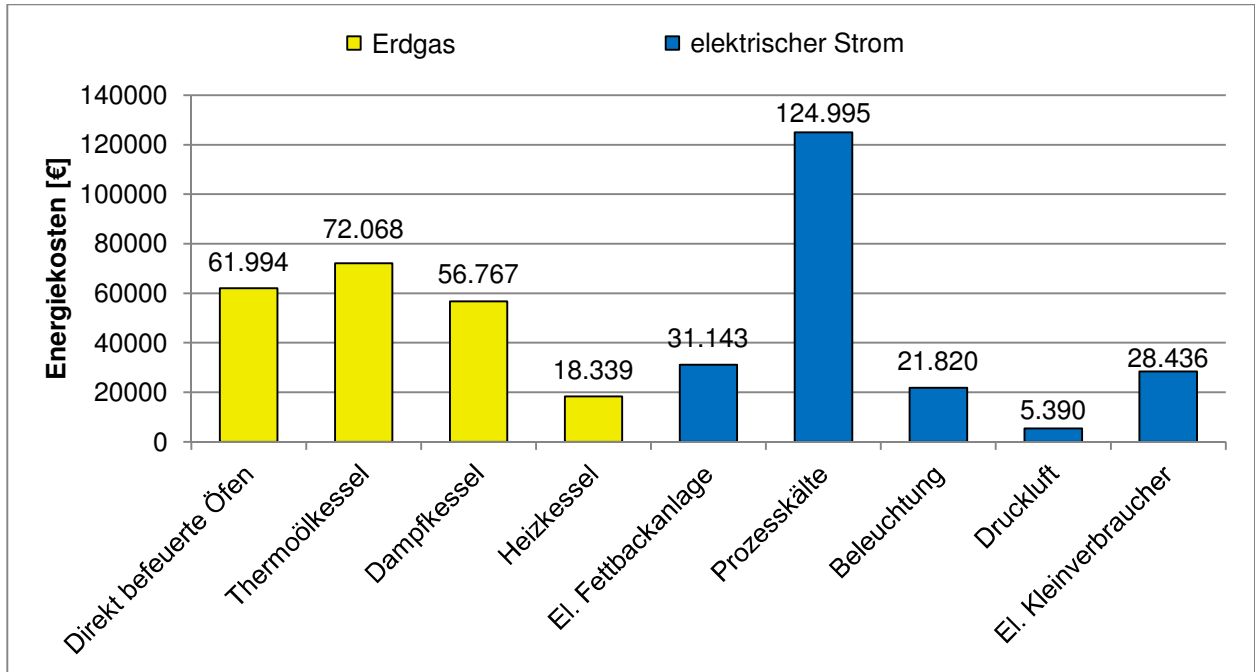


Abbildung 18: Energiekosten nach Verwendungszweck

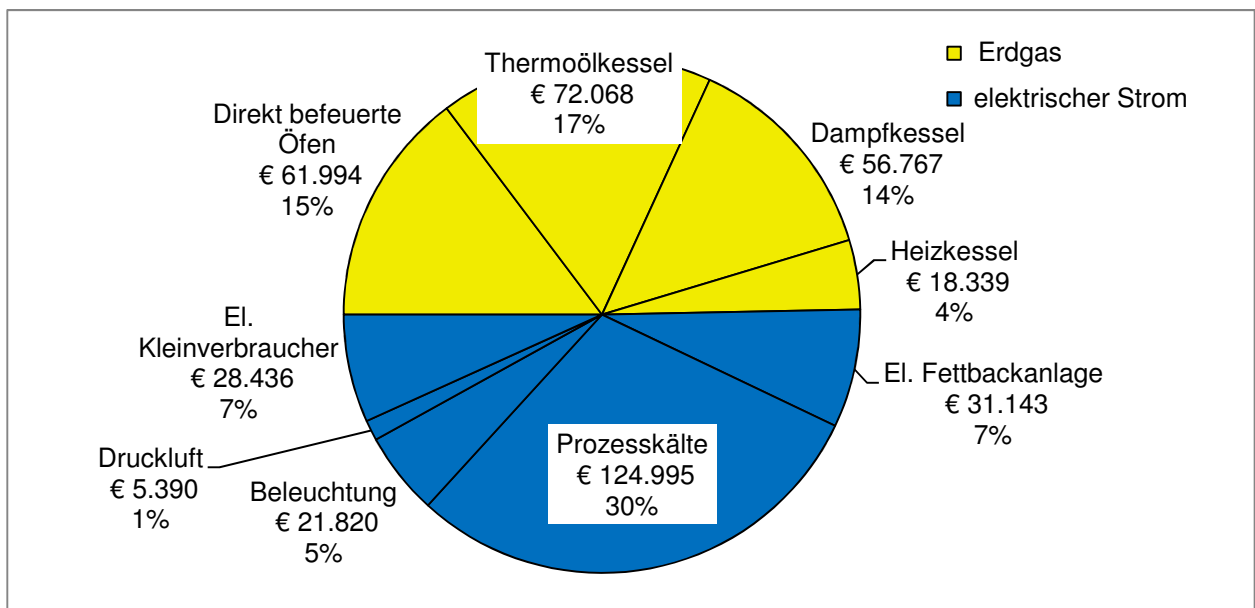


Abbildung 19: Kostenverteilung nach Verwendungszweck

## 2.6 Energieflussdiagramm

Zur Visualisierung der in der energetischen Betriebsanalyse gewonnenen Daten wird ein Energieflussdiagramm nach Sankey (Abbildung 20) erstellt. Darin werden die Ergebnisse in ihren Wirkzusammenhängen dargestellt. Entsprechend dem untersuchten Bereich kann der Detaillierungsgrad der Betrachtung von einzelnen Aggregaten bis zur gesamtbetrieblichen Darstellung reichen, wie es im Rahmen dieser Diplomarbeit der Fall ist. Teilbereiche werden in Form einer „Black Box“ Betrachtung zu einzelnen Prozessen zusammengefasst, wodurch die Zusammenhänge sowie die über die Prozessgrenzen zu- und abfließenden Energieströme in übersichtlicher Weise, maßstabgetreu und zueinander proportional, dargestellt werden.<sup>85</sup>

### Interpretation des Energieflussdiagramms (Abbildung 20):

Mit rund 69% stellt Erdgas den wichtigsten Energieträger dar. Die größten Energieverbraucher sind: Thermoölkessel, direkt beheizte Öfen, die Kälteanlagen sowie der Dampfkessel. Auffällig ist die große Abwärmemenge der Kälteanlagen, die ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Der Anteil der genutzten Energie entspricht in etwa der Energiemenge, die ungenutzt den Betrieb verlässt. Hier ist das Potential zur Wärmerückgewinnung deutlich erkennbar. Die Energieflüsse, die den Betrieb wieder verlassen, sind in der Energieabgabe zusammengefasst. Der hohe Anteil der über Luft abgeführten Energiemenge wird durch Backprozesse hervorgerufen, auch hier wird das Potential zur Wärmerückgewinnung deutlich. Der zur Beschwädung benötigte Wasserdampf, verlässt den Betrieb ebenfalls über die Abluft, auch hier besteht Potential zur Wärmerückgewinnung, über einen Schwadenkondensator.

---

<sup>85</sup> Vgl. Wohinz/Moor (1989) S.73f.

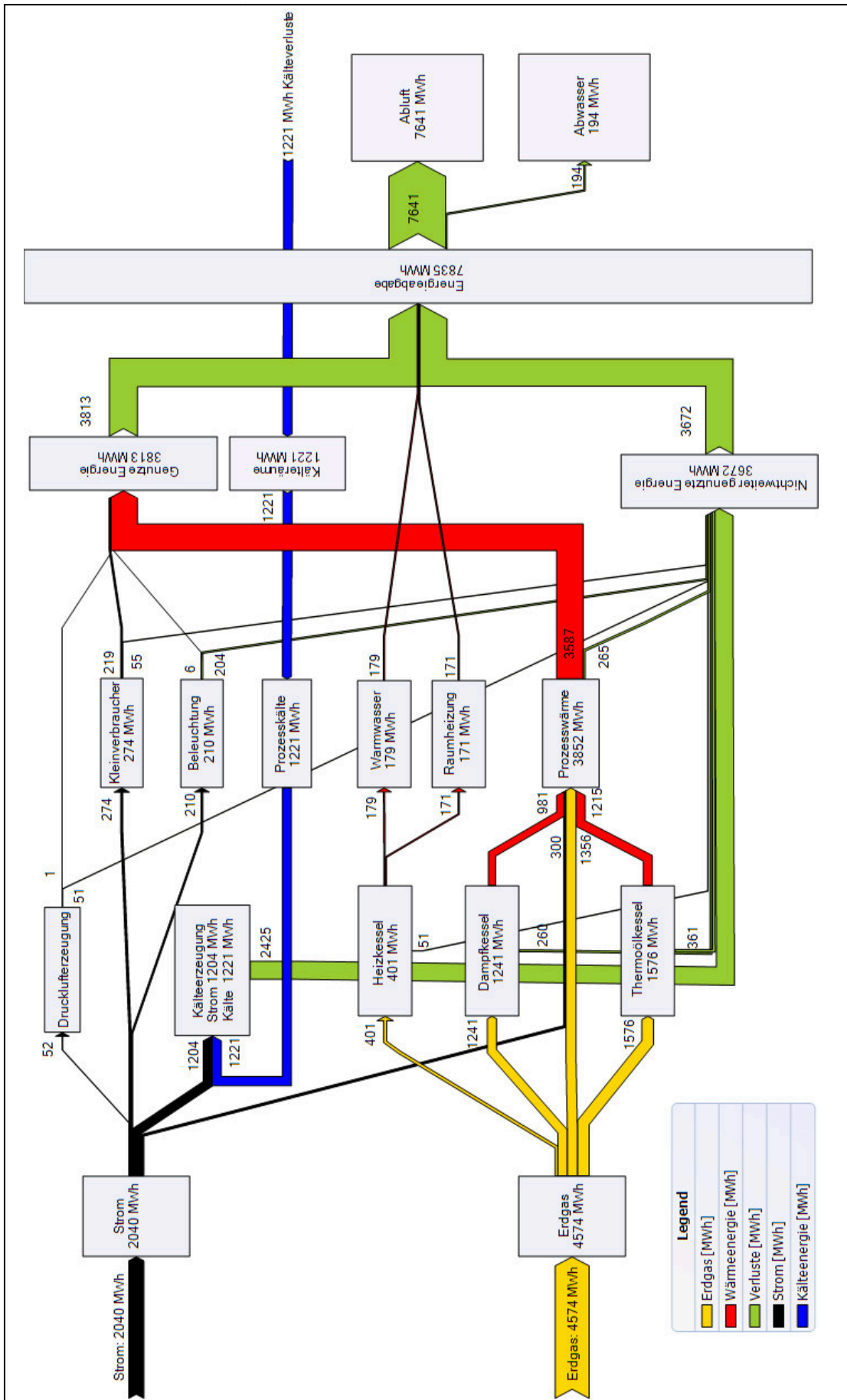


Abbildung 20: Energieflussdiagramm 2012

### 3 Schwachstellenkatalog

Die Analyse der energetischen IST Situation und das Energieflussdiagramm (Abbildung 20) bilden die Voraussetzungen zum Auffinden von Schwachstellen. Die aufgefundenen Schwachstellen werden nach ihrer Behebbarkeit in kurz-, mittel-, und langfristig unterteilt.

#### 3.1 Kurzfristig behebbar Schwachstellen

Gegen kurzfristig behebbar Schwachstellen sind Maßnahmen, ohne größere Vorbereitungen von technischer und organisatorischer Seite, sofort durchführbar.

- Elektrische Anlagen
  - Bestehende Blindleistungskompensationsanlage defekt
  - Bestehendes Lastmanagementsystem außer Betrieb
  - Fehlende Kenntnis über die eigene Bezugsleistungscharakteristik
- Druckluft:
  - Leckageverluste
  - Mangelndes Bewusstsein der Mitarbeiter für Kosten der Druckluftenergie
- Wärmeprozesse
  - Großer Energiebedarf zur Beschwadung
  - Regelung der Fußbodenheizung in Garderoben außer Betrieb („manuell“)
  - Falschzirkulation im Warmwassernetz
  - Kein Warmwasser bei den Duschen in Garderoben
  - Hallentore für Zulieferer stehen teilweise lange offen
  - Teilweise defekte Türdichtungen der Öfen
  - Kistenwaschanlage: Keine Kenntnis über Energieverbrauch/-kosten
  - Knödelbrottrockenanlage: Keine Kenntnis über Energieverbrauch/-kosten
  - Fettbackanlage: Betrieb hauptsächlich mit elektrischer Anlage
- Kälteprozesse
  - Verunreinigung der luftgekühlten Kondensatoren
  - Keine Überwachung des Energieverbrauchs der Kälteanlagen
  - Teilweise defekte Türdichtungen der Kühlräume
  - Kühlraumtüren stehen teilweise längere Zeit offen (z.B. bei TK Expedit Verpackungsraum)

- Wärmerückgewinnung
  - Warmwasserspeicheranlage zur Rückgewinnung ungeeignet
  - Bestehende Wärmerückgewinnung bei Schocker 2 (Alt) außer Betrieb
- Organisatorisch
  - Mangelnde Kommunikation bei energetisch relevanten Themen
  - Unterschiedliche Bezeichnung der Kälteanlagen und Kälteräume → Missverständnisse, Unklarheiten
  - Kosten für Erdgasminderleistung

### 3.2 Mittelfristig behebbare Schwachstellen

Maßnahmen gegen mittelfristig behebbare Schwachstellen sind mit größeren finanziellen Ausgaben oder höherem technischen und organisatorischen Aufwand verbunden und müssen sich daher einer Bewertung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit stellen.

- Beleuchtung
  - Beleuchtungsstärke teilweise nicht ausreichend
  - Beleuchtungskörper teilweise in sehr schlechtem Zustand
  - Leuchtstofflampen großteils mit KVG (auch in Kälteräumen)
  - Keine Tageslicht- oder Luxsensorik
- Wärmeprozesse
  - Regelung der Knödelbrottrockenanlage zeitgesteuert
  - Regelung der dampfbetriebenen Raumheizung
  - Regelung der Nachheizung bei Kistenwaschanlage mit Dampf über temperaturgesteuerte Magnetventile
  - Beheizung der Gärräume mit Dampf
  - Abgastemperaturen der Etagenbacköfen
- Kälteprozesse
  - Regelung der Kälteanlagen teilweise nicht Stand der Technik<sup>86</sup>
  - Teilweise keine Kälteschutzvorhänge /-schleusen bei Kälteräumen
  - Regelung der Türrahmenbeheizung bei Kälteräumen
  - LKW Andockstelle nicht passend für verwendete LKW (dichtet nicht ab)

---

<sup>86</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 21

- Wärmerückgewinnung
  - Keine Wärmerückgewinnung bei Kälteanlagen
- Organisatorisch
  - Fehlende Messeinrichtungen (Strom, Kälte, Wärme, Erdgas)
  - Kein Energiemanagementsystem
  - Crash-Eisbedarf wird zugekauft

### **3.3 Langfristig behebbare Schwachstellen**

Langfristig behebbare Schwachstellen sind mit großem finanziellen, technischen oder organisatorischen Aufwand verbunden und müssen daher vor der Umsetzung sinnvoll geplant werden.

- Niedrigtemperaturprozesse (z.B. Fußbodenheizung) werden mit Dampf beheizt
- Wärmerückgewinnung
  - Keine Abgaswärmetauscher (Economiser) bei Öfen und Dampfkessel
  - Kein Schwadenkondensator zur Dampfückgewinnung
  - Keine Wärmerückgewinnung in der Druckluftherzeugung
  - Hohe Verluste durch Auskühlen des rückgeführten Dampfkondensats
  - Keine Kondensatrückführung bei Knödelbrottrockenanlage

## **4 Einsparpotentiale**

Die Einsparpotentiale werden mit den durchschnittlichen Energiepreisen 2012 bewertet. Die Personalkosten werden laut Wolfgang Leitner (Buchhaltung) mit € 30,- pro Stunde inklusive Lohnnebenkosten angesetzt. Alle Einsparungsberechnungen beziehen sich auf die Werte der IST Analyse aus 2012.

### **4.1 Elektrische Anlagen**

In diesem Bereich werden die Einsparungsmöglichkeiten der elektrisch betriebenen Anlagen näher erörtert.

#### **4.1.1 Blindleistungskompensation**

Diese Schwachstelle wurde bereits behoben, eine ausführliche Beschreibung der dazu notwendigen Maßnahmen sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

#### **4.1.2 Elektrisches Lastmanagementsystem**

Der Leistungspreis bezieht sich auf den höchsten Monatswert der viertelstündigen Leistungsmessung. Der Leistungspreis wird also für den gesamten Monat auf Grund dieser einen Lastspitze verrechnet. Die Netznutzung entspricht dem Mittelwert der monatlichen Maximalleistungen, eine Verrechnung findet bei Überschreitung des vereinbarten Ausmaßes statt und kostet pro angefangenem 1 kW € 139,- .

Ein funktionierendes automatisches Lastmanagementsystem kann Leistungsspitzen reduzieren, und führt somit zu einer monatlichen Kostenreduktion der verrechneten Leistung von 2,13 €/kW. Weiters kann eine Erhöhung der Netzbereitstellung, von € 139,- pro angefangenem 1 kW, vermieden werden. Bei einer Absenkung der monatlichen Maximalleistung auf 350 kW werden jährlich € 1431,- eingespart (2,13 €/kW). Im Jahr 2012 wurde die 350 kW Grenze 779-mal überschritten, das Lastmanagementsystem müsste also durchschnittlich 2x täglich aktiv werden.

In den Jahren 2010 bis 2012 kam es durch Erhöhung der Netzbereitstellung zu Kosten in der Höhe von € 4587,-. Die Kosten betragen durchschnittlich € 1529,- pro Jahr.



Schwachstelle: Das installierte Lastmanagementsystem zur Reduktion der elektrischen Leistungsspitzen ist außer Betrieb. Die Übertragungsleitung des Lastmanagementsystems wurde an den Verbrauchern abgesteckt.

Maßnahme: Auftretende Lastspitzen identifizieren, vorhandenes Lastmanagementsystem wieder in Betrieb nehmen, eine Überprüfung auf Funktionalität und Aktualisierung auf neue Anforderungen ist notwendig.

Personalkosten: Das automatische Lastmanagementsystem ist vorhanden, daher entstehen lediglich Kosten für die Überprüfung auf Funktionalität und Aktualisierung auf neue Anforderungen. Dieser Aufwand wird grob mit zwei Arbeitstag für einen Mitarbeiter abgeschätzt und beträgt somit € 480,-.

#### Jährliche Ersparnis:

Absenkung der monatlichen Maximalleistung auf 350 kW	€ 1.431,36
Vermeiden einer Erhöhung der Netzbereitstellung	€ 1.529,00

<b>Kostenersparnis automatisches Lastmanagementsystem</b>	<b>€ 2.960,36</b>
<b>Personalkosten</b>	<b>€ 480,-</b>
<b>statische Amortisationszeit</b>	<b>2 Monate</b>

### 4.1.3 Druckluft

Der Bereich Druckluft weist, aufgrund des weitverzweigten Verteilungsnetzes, sowie der hohen Verluste bei der Erzeugung, ein großes Potential für Einsparungen auf.

#### **4.1.3.1 Reduktion der großen Leckagen**

Die Druckluftleckagen betragen 81,46% der Jahresliefermenge. Laut Stefan Strablegg (Verkaufstechniker von KAESER Kompressoren GmbH) ist eine Reduktion auf unter 15% möglich. Typische Quellen für Leckagen sind flexible Elemente und Anschlussstücke, wie Kupplungen, Schläuche oder Dichtungen an pneumatischen Schaltkomponenten und Zylindern.<sup>87</sup>

Große Leckagen können in betriebsfreier Zeit ohne Einsatz zusätzlicher Messgeräte akustisch geortet und entsprechend behoben werden. Ein niedriges Geräuschniveau ist

<sup>87</sup> Kulterer et al. (2010), S. 7

die Grundvoraussetzung für diese Art der Leckagenortung. Damit sollte eine Reduktion auf 15% möglich sein. Der Arbeitsaufwand zur Ortung und Behebung der großen Leckagen wird mit 8 Stunden angenommen, daraus ergeben sich Personalkosten in der Höhe von € 240,-.

Eine Reduktion des Leckagenanteils auf 15% senkt den Energieverbrauch der Druckluftkompressoren um etwa 26.600 kWh/a und kann wie folgt ermittelt werden:

$$E_{Leck_{15\%}} = W_{DL} * (81,45\% - 15\%) = 40031 \text{ kWh} * 66,45\% = 26606,6 \text{ kWh}$$

$E_{Leck_{15\%}}$  Einsparung durch Reduktion der Leckagen auf 15 %

Diese Energieeinsparung bewirkt eine Reduktion der Stromkosten in der Höhe von € 2.760,- .

<b>Einsparung durch Leckagenreduktion auf 15%</b>	<b>2.760 €/a</b>
<b>Personalkosten</b>	<b>240 €</b>

#### 4.1.3.2 Wärmerückgewinnung

Bei luftgekühlten Kompressoren stehen 80 bis 90% der Kompressor-Nennleistung als nutzbare Wärme zur Verfügung. Da die Luft der Kompressoren eigentlich 20°C (max. 35°C) nicht überschreiten sollte, kann die anfallende Wärme für folgende Anwendungen genutzt werden:<sup>88</sup>

- Gewinnung von Heizluft
- Brauch- und Heißwasser-Erwärmung (für z.B. Raumheizung, Brauchwasser, Produktions- oder Reinigungszwecke)
- Trocknungsprozesse
- Vorwärmung von Speisewasser für Dampfkessel oder Brennerluft

Die einfachste Möglichkeit der Wärmerückgewinnung ist die direkte Nutzung der vom Kompressor erwärmten Kühlluft. Dabei wird die Abwärme über ein Luftkanalsystem in die zu beheizenden Räume geleitet.<sup>89</sup> In wie weit die Luftqualität den hohen Hygieneansprüchen in der Lebensmittelbranche genügt, muss gegebenenfalls geprüft werden.

<sup>88</sup> Vgl. Kulterer et al. (2010), S. 15f.

<sup>89</sup> Vgl. KAESER Kompressoren GmbH (2013), S. 18

Die Warmluft lässt sich auch für Trocknungsprozesse, für Torschleieranlagen oder zum Vorwärmen von Brennerluft einsetzen. Durch den Einbau eines Wärmetauschers ist es möglich, Warmwasser für verschiedene Zwecke zu erzeugen, wie z.B. für Heizzwecke, als Dusch- und Waschwasser oder bei Produktions- und Reinigungsprozessen. Hierfür kommen Plattenwärmetauscher oder Sicherheitswärmetauscher (Warmwasser mit Trinkwasserqualität) zum Einsatz, mit denen Wassertemperaturen bis maximal 70°C erreichbar sind. Diese Wärmerückgewinnung amortisiert sich laut Firma KAESER Kompressoren GmbH bei Kompressoranlagen ab 18,5 kW innerhalb von zwei Jahren.

#### Einsparpotential der Wärmerückgewinnung:

Anhand der, in Kapitel 2.2.3 ermittelten, jährlichen Laufzeiten der beiden Druckluftkompressoren kann das Einsparpotential einer Wärmerückgewinnung beim SK25 wie folgt berechnet werden:<sup>90</sup>

$$E_{WRG} = \frac{(P_{VL} * t_{VL} + P_{TL} * t_{TL}) * \eta_{WRG}}{\eta_{HK}} * k_{Erdgas}$$

$$= \frac{(18,7 \text{ kW} * 1671 \frac{\text{h}}{\text{a}} + 10,7 \text{ kW} * 499 \frac{\text{h}}{\text{a}})}{87,3\%} * 0,0457 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1340,69 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

$P_{VL}$ ...	Kompressorleistung bei Volllast [kW]
$t_{VL}$ ...	Volllastlaufzeit [h/a]
$P_{TL}$ ...	Kompressorleistung bei Teillast [kW]
$t_{TL}$ ...	Teillastlaufzeit [h/a]
$\eta_{WRG}$ ...	Nutzbarer Wärmeanteil abhängig von WRG-Art (70 bis 90%), Annahme 70%
$\eta_{HK}$ ...	Wirkungsgrad des Heizsystems (87,30 %)
$k_{Erdgas}$ ...	Kosten pro kWh eingesetzten Brennstoff des Heizsystems (Erdgaspreis: 0,0457 €/kWh)

Schwachstelle: Keine Wärmerückgewinnung der Abluftwärme bei den Druckluftkompressoren.

Behebung: Direkte Nutzung der erwärmten Kühlluft über ein Luftkanalsystem in die zu beheizenden Räume oder Umbau der Kompressoren zur Warmwassererzeugung. Die Kosten eines Sicherheitswärmetauschers können grob mit € 8.300,-<sup>91</sup> abgeschätzt werden, damit ergibt sich eine statische Amortisationszeit von 6,2 Jahren

#### Jährliche Ersparnis und Amortisationszeit:

<b>Jährliche Ersparnis Wärmerückgewinnung SK25</b>	<b>1.340,69 €/a</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>6,2 Jahre</b>

<sup>90</sup> Vgl. KAESER Kompressoren GmbH (2013), S. 16

<sup>91</sup> Kulterer et al. (2010), S. 17

#### 4.1.4 Beleuchtungsoptimierung

Der Energieverbrauch zur Beleuchtung der Produktionsräumlichkeiten beträgt 210.193 kWh pro Jahr. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit Herrn Gardowsky von der 0800 SUPPORT Vertriebs GmbH ein optimales Beleuchtungskonzept entwickelt, welches sich bereits in der Umsetzungsphase befindet. Die Details zum Projekt Beleuchtungsoptimierung werden in Kapitel 5.2 behandelt.

#### 4.1.5 Photovoltaikanlage

Zur Reduktion der elektrischen Leistungsspitzen der Kühlräume, vor allem im Sommer, würde sich eine eigene PV-Anlage (Photovoltaikanlage) anbieten. Die PV-Anlage erbringt theoretisch dann die meiste Leistung, wenn auch die Kälteanlagen den größten Leistungsbedarf aufweisen, daher ergänzen sich diese beiden System sehr gut. Im Rahmen dieser Diplomarbeit war die Analyse einer solchen Anlage nicht möglich, zur weiteren Analyse und Bewertung der Anschaffung einer PV-Anlage wird geraten.

#### 4.1.6 Bezugsleistungscharakteristik Strom

Damit das automatische Lastmanagementsystem auf die aktuellen Anforderungen angepasst werden kann, ist die Kenntnis über die Bezugsleistungscharakteristik erforderlich. Im Folgenden ist der Wochen-, Monats- und Jahresgang des Leistungsbedarfs dargestellt. Bevor das automatische Lastmanagementsystem wieder in Betrieb genommen werden kann, sollte eine Analyse durchgeführt werden, wodurch die Leistungsspitzen verursacht wurden. Das nachfolgenden Diagramm, sowie die weiteren Diagramme im Anhang ab Seite dienen als Basis für die tiefergehende Analyse. Aktuelle Lastprofile können über das Online Service der Energie Graz jeweils bis zum vorausgegangen Monat erstellt werden.

Schwachstelle: Keine Kenntnis über die Bezugsleistungscharakteristik.

Maßnahme: Analyse des Lastganges sowie Ursachen der Leistungsspitzen abklären.

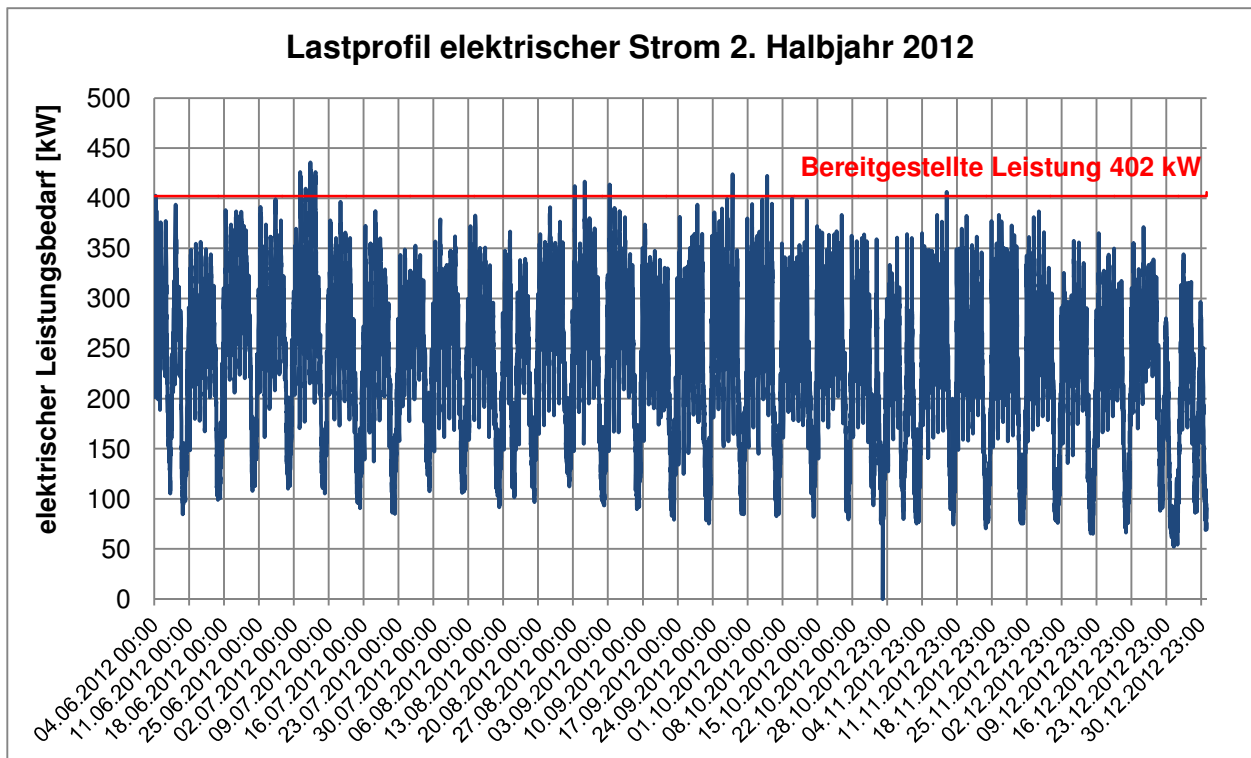


Abbildung 21: Halbjahreslastprofil 2012

## 4.2 Wärmeprozesse

In diesem Bereich werden die Einsparungsmöglichkeiten in der Energieumwandlung und -verwendung näher erörtert.

### 4.2.1 Warmwassernetz

#### ***Falschzirkulation***

Auf Grund einer Falschzirkulation im Warmwassernetz kam bei den Duschen in den Garderoben kein warmes Wasser. Die MitarbeiterInnen haben am Ende ihres Arbeitstages das Warmwasser der Duschen teilweise bis zu 30 Minuten ungenutzt aufgedreht.

Dieser Fehler wurde bereits behoben, die Ersparnis ist in Kapitel 5.6 behandelt.

#### ***Ungedämmte Rohrleitungen***

Im Heizraum sind ca. 35 Meter der Warmwasser- und Heizungsrohrleitungen, der Warmwasserwärmetauscher, die gesamte Verteilungsleitung der Wärmerückgewinnung

(20 Meter) sowie nicht benötigte Anschlüsse der Wasserspeicher nicht wärmegeklämt. Eine gute Wärmedämmung würde die Verluste auf ca. 10% reduzieren.

Maßnahme: Wärmedämmung aller warmen Rohrleitungen, des Wärmetauschers sowie der nicht benötigten Anschlüsse der Pufferspeicher.

Ersparnis: Die Wärmeverluste durch nicht gedämmte Rohrleitungen wurden in Kapitel berechnet und betragen 30.660 kWh/a. Eine Reduktion auf 10 % spart jährlich 27.594 kWh an Erdgas, bzw. € 1260,- ein.

Investitionskosten: Die Investitionskosten für die Dämmung von Heizungsrohren liegen je nach Aufwand zwischen € 10,- und € 30,- pro Meter Rohr<sup>92</sup>. Unter der Annahme von € 30,- pro Meter würden die Investitionskosten bei 35 Meter Rohrlänge auf € 1050,- kommen, was eine Amortisation unter einem Jahr zur Folge hat.

<b>Energieeinsparung durch Wärmedämmung</b>	<b>27.600kWh/a</b>
<b>Energiekostensparnis</b>	<b>1.260 €/a</b>
<b>Investitionskosten</b>	<b>1.050 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>0,83 Jahre</b>

#### 4.2.2 Umstellung auf erdgasbetriebene Fettbackanlage

Die Herstellung von Krapfen, Donuts und „Jakomini“ (Topfenbällchen) erfolgte hauptsächlich auf der elektrisch beheizten Anlage „TEMAC1“. Die mit Erdgas betriebene Anlage „TEMAC2“ war lediglich zu Spitzenzeiten in Betrieb. Eine Umstellung auf die mit Erdgas betriebene Anlage ist bereits erfolgt, die Ersparnis dieser Maßnahme ist in Kapitel 0 angegeben.

#### 4.2.3 Dampfprozesse

##### ***Rohrleitungsverluste***

Die hohen Wärmeverluste der Dampfrohrlösungen könnten reduziert werden, wenn nicht benötigte Leitungen durch Magnetventile abgesperrt werden und nur öffnen, wenn der Verbraucher in Betrieb genommen wird.

Maßnahme: Einbau von Magnetventilen in die Dampfversorgungsleitungen

<sup>92</sup> Vgl. ikz.de Online Ausgabe 3/2004, Seite 3

### ***Beschwadungsmenge optimieren***

Etwa ein Drittel des Energieverbrauchs eines Backofens entfällt auf die Beschwadung. Die Beschwadungsmenge sollte daher auf das für das Backgut unbedingt benötigte Maß beschränkt bleiben, natürlich unter Einhaltung aller Qualitätsanforderungen. Durch Reduktion der Schwadenabgabe auf das unbedingt notwendige Maß oder durch Vermeiden der Schwadenabgabe durch Bestreichen des Backgutes mit Wasser ist eine Verringerung des Energieverbrauchs des Backofens um 10% und mehr möglich.<sup>93</sup>

Maßnahme: Erhebung der notwendigen Beschwadungsmenge durchführen. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse sollte eine Schulung der MitarbeiterInnen, zur Optimierung der Beschwadungsmenge, durchgeführt werden.

### ***Knödelbrottrocknung***

Die Knödelbrottrockenanlage wird mit Dampf über zwei Wärmetauscher beheizt. Es wird Raumluft über die beiden Wärmetauscher erwärmt und in den Trockenraum geleitet. Die Abluft wird anschließend gereinigt und direkt ins Freie abgegeben, es gibt keine Wärmerückgewinnung. Die Regelung der Trockenanlage erfolgt ausschließlich zeitgesteuert im Intervallbetrieb. Dabei beträgt die Trocknungstemperatur abwechselnd 30 Minuten lang 100°C und 30 Minuten 50°C. Nach dem Backen werden die Knollen im ersten Schritt für 20 Stunden getrocknet. Anschließend werden aus dem Knollen die Semmelwürfel geschnitten und nochmals für 3 Stunden getrocknet.

Maßnahme: Regelung der Trocknungszeit über die Luftfeuchte in der Abluft, damit die Anlage abschaltet, wenn der geforderter Trocknungsgrad erreicht ist.

Aus den Verbrauchsdaten ist ersichtlich, dass es bei der Knödelbrottrockenanlage keine Rückführung des Kondensats gibt, weil sich kein Anstieg in der rückgeführten Kondensatmenge zeigt sondern lediglich ein Anstieg des Frischwasserbedarfs des Dampfkessels sichtbar ist. Durch die Knödelbrottrocknung kommt es zu einem jährlichen Zusatzwasserbedarf des Dampfkessels von 106 m<sup>3</sup>. Das Kondensat aus dem Wärmetauscher hat noch einen beachtlichen Energieinhalt. Da es nicht rückgeführt wird, muss es von der Kaltwasseroseanlage aufbereitet werden.

Maßnahme: Rückführung des Dampfkondensats der Knödelbrottrockenanlage führt zu einer Entlastung der Kaltwasseroseanlage durch Reduktion des Frischwasserbedarfs zur Dampferzeugung.

---

<sup>93</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 17

### ***Dampfbetrieben Raumheizung***

Die Regelung der dampfbetrieben Raumheizung konnte nicht geklärt werden.

Maßnahme: Analyse der Regelung und gegebenenfalls Reparatur oder Austausch. Im Falle einer Erneuerung sollte die Versorgung über Wärmerückgewinnung oder über den Heizkessel bevorzugt werden.

### ***Fußbodenheizung in den Garderoben***

Die Fußbodenheizung wird über den Dampfwärmetauscher versorgt. Die Regelung ist außer Betrieb (manueller Betrieb). Daher sollte im Ersten Schritt die Regelung analysiert und gegebenenfalls repariert oder ausgetauscht werden. Niedrigtemperaturprozesse stellen den optimalen Anwendungsbereich zur Versorgung über eine Wärmerückgewinnung. Auch die Beheizung über einen Heißwasserkessel wäre effizienter, weil dieser geringere Leitungs- und Umwandlungsverluste aufweist.

Maßnahme: Bei einer zukünftigen Erneuerung sollte die Versorgung über Wärmerückgewinnung oder über den Heißwasserkessel bevorzugt werden<sup>94</sup>.

### ***Dampfbeheizung Kistenwaschanlage***

Die Waschanlage wird mit Warmwasser gespeist, die Nachheizung erfolgt durch Einspritzen von Dampf direkt in die Wassertanks der Waschanlage über ein temperaturgeregeltes Magnetventil. Es gibt keine Überwachung der eingespritzten Dampfmenge, die Magnetventile sind bis zum Erreichen einer einstellbaren Solltemperatur geöffnet. Sollte das Warmwasser, aufgrund einer Störung in der Warmwasserbereitung oder weil schlichtweg das gesamte Warmwasser aufgebraucht wurde, nicht mit den geforderten 55°C bereitgestellt werden, bedeutet dies einen enormen Dampfverbrauch. Die Kistenwaschanlage verfügt über keinerlei Warnsignale, die auf einen derartigen Fehler hinweisen könnten.

Maßnahme: Installation einer Regelung der eingespritzten Dampfmenge. Weiters wird eine Überwachung der Waschtemperatur empfohlen, und bei Unterschreiten einer geforderten Mindesttemperatur sollte ein akustisches oder optisches Warnsignal abgegeben werden.

---

<sup>94</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 6



### ***Beheizung der Gäräume***

Die Gäräume werden mit Dampf über einen Wärmetauscher beheizt, die Luftfeuchteregelung erfolgt durch Einspritzen des Dampfes direkt in den Gärraum. Die Beheizung über einen Heißwasserkessel wäre effizienter, weil dieser geringere Leitungs- und Umwandlungsverluste aufweist.

Maßnahme: Bei einer zukünftigen Erneuerung der Dampfverbraucher, Wärmetauscher etc. sollte ein Anschluss an den Heißwasserkessel bevorzugt werden<sup>95</sup>.

### ***Optimierung der Kondensatrückführung***

Das Kondensat aus den Wärmetauschern hat noch einen beträchtlichen Energieinhalt. Dieser Energieinhalt geht aber durch Auskühlen in den beiden Sammelbehältern verloren.

## **4.2.4 Reduktion der Abgastemperaturen**

Die Abgastemperaturen der Etagenbacköfen Monsun 5 und 6 betragen 431°C und 483°C. Dadurch ergeben sich enorme Verluste von über 25% über das Rauchgas der Öfen.<sup>96</sup>

Maßnahme: Erneuerung bzw. Einbau von Rauchgasschikanen/Turbulatoren in den Rauchgaszügen<sup>97</sup>, Überprüfen und Optimierung der Erdgasbrenner-Einstellung.

---

<sup>95</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 6

<sup>96</sup> Vgl. Emissionsprotokolle „Bäckerei“ HAUZENDORFER (2012)

<sup>97</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 27

## 4.3 Kälteprozesse

In diesem Bereich werden die Einsparungsmöglichkeiten in der Kälteerzeugung und -verwendung näher erörtert.

### 4.3.1 Kälteerzeugung

#### Kontinuierliche Überwachung des Energieverbrauchs der Kälteanlagen

Die Grundlage für eine Optimierung der Kälteanlagen stellt die Überwachung des Energieverbrauchs dar. Dadurch können weitere Schwachstellen aufgefunden und Maßnahmen abgeleitet sowie Abweichungen festgestellt werden. Die Kontrolle der umgesetzten Maßnahmen wird durch eine Überwachung des Energieverbrauchs erst möglich.

#### Regelmäßige Reinigung der außenluftgekühlten Kondensatoren

Verschmutzte Kondensatoren verschlechtern die Wärmeabfuhr der Kälteanlage, was einen Anstieg der Kondensationstemperatur zur Folge hat, wodurch der Energieverbrauch der Kälteanlage um 3-4% ansteigt.<sup>98</sup>

Maßnahme: Regelmäßige Reinigung der Kühlrippen der außenluftgekühlten Kondensatoren.<sup>99</sup> Überwachung des Energieverbrauchs der Kälteanlagen.

Einsparung: Reduktion des Energieverbrauchs der Kälteanlage um 3-4%. Der elektrische Energieverbrauch der Verbundanlagen beträgt rund 730.000 kWh/a, damit ergibt sich, unter Annahme einer Energieersparnis von 3%, eine Kostenreduktion von € 2270,- pro Jahr.

Die Reinigung sollte 2x jährlich erfolgen, der Arbeitsaufwand wird mit jeweils 8 Stunden abgeschätzt, damit ergeben sich Personalkosten von € 480,-.

<b>Energieeinsparung durch Reinigung der Kondensatoren</b>	<b>21.900 kWh/a</b>
<b>Kostensparnis</b>	<b>2.270 €/a</b>
<b>Personalkosten</b>	<b>480 €</b>

<sup>98</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 20

<sup>99</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 23

### 4.3.2 Kälteverwendung

Im Rahmen der Diplomarbeit konnte festgestellt werden, dass die Kühlraumtüren teilweise längere Zeit offen stehen, besonders beim TK Expedit Verpackungsraum. Der größte Wärmeeintrag erfolgt bei Kühlräumen über die Türen (ca. 30%<sup>100</sup>). Daher ist die Installation von Warnsignalen empfohlen, die z.B. ein akustisches Signal abgeben, wenn die Kühlraumtüre eine gewisse Zeit offen steht. Weiters sind einige Türdichtungen der Kühlraumeingänge defekt, ein Austausch dieser Türdichtungen ist dringen nötig.

Die Produktion der Teiglinge sollte möglichst so erfolgen, dass sie gleich nach der Fertigung im Ofen gebacken werden können und nicht für kurze Zeit in den TK Raum eingelagert werden müssen.

Um Kondensation rund um Türdichtungen zu vermeiden, ist eine Rahmenbeheizung installiert. Diese läuft normalerweise rund um die Uhr (also 8760 h/a). Durch Messung des Taupunkts und der Luftfeuchtigkeit kann diese Heizung an die tatsächlichen Anforderungen angepasst werden. Die Einsparung liegt bei ca. 6% des Gesamtenergieverbrauchs für Tiefkühlräume. In den USA werden diese Rahmenheizungen bereits mit Heißgas aus dem Kühlkreislauf betrieben, in Europa ist dies noch nicht der Fall.<sup>101</sup>

#### Maßnahmen:<sup>102</sup>

- Alarm nach bestimmter Öffnungszeit
- Regelmäßige Überprüfung, Reinigung und Reparatur der Türdichtungen
- Automatische Türschließmechanismen für Kühlräume (Kosten ca. € 120,-)
- Installation von PVC-Streifenvorhängen
- Optimierung der LKW Andockstelle
- Regelung der Rahmenheizung optimieren
- Steuerung der Abtauheizung optimieren
- Minimierung des Wärmeeintrags durch Beleuchtung (wurde bereits umgesetzt)

Einsparung: Für PVC Streifenvorhänge kann eine Einsparung des Gesamtenergieverbrauchs für Tiefkühlräume von 13-24%<sup>103</sup> angenommen werden.

---

<sup>100</sup> Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 35

<sup>101</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 38

<sup>102</sup> Vgl. Weigl/Lummerstorfer (1998), S. 35f.

<sup>103</sup> European Commission (2011), S. 15

## 4.4 Wärmerückgewinnung

Die anfallende Wärme wird derzeit ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Eine Wärmerückgewinnung kann für folgende Anwendungen genutzt werden:<sup>104</sup>

- Gewinnung von Heizluft (zur Beheizung des angeschlossenen Cafés oder der Produktion)
- Brauch- und Heißwasser-Erwärmung (für z.B. Heizzwecke, Dusch- und Waschwasser, Produktions- oder Reinigungszwecke)
- Trocknungsprozesse (Knödelbrottrockenanlage)
- Vorwärmung von Speisewasser für Dampfkessel oder Brennerluft
- Vorwärmung der Verbrennungsluft der Öfen
- Geregelt Beheizung der Produktionsräume

Es gibt zwar eine WRG (Wärmerückgewinnung) zur Brauchwassererwärmung aus der Abwärme der Kälteanlage Schocker 2 „Alt“, diese ist aber schon seit Jahren außer Betrieb. Durch den hohen Warmwasserbedarf, vor allem durch die Kistenwaschanlage, ist die Wiederinbetriebnahme der bestehenden Wärmerückgewinnung empfehlenswert. Durch die Analyse der Warmwasserbereitung und -speicherung konnte festgestellt werden, dass die Warmwasserspeicheranlage zur Rückgewinnung ungeeignet ist, weil der Heizkessel auch die beiden, für die WRG vorgesehenen Warmwasserspeicher, auf 55°C durchheizt, die WRG aber höchstens 45°C erreichen kann. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Möglichkeit zum Umbau der Warmwasserspeicher entwickelt. Dazu müssen nur kleine Änderungen sowie der Einbau eines Rückschlagventiles vorgenommen werden. Nach dem Umbau steht das gesamte Volumen eines Warmwasserspeichers ausschließlich der WRG zur Verfügung. Das Hydraulikschema nach dem Umbau, zur effizienten Nutzung der WRG, ist im Anhang ab Seite 149 abgebildet. Die notwendigen Änderungen sind im Schema mit einem roten Kreis gekennzeichnet.

### 4.4.1 Wiederinbetriebnahme Wärmerückgewinnung

Laut Auskunft von Herrn Haselbacher von der Firma Johnson Controls kann durch Rückgewinnung der Enthitzerwärme ca. 15% der Abwärme rückgewonnen werden. Aus

---

<sup>104</sup> Vgl. Kulterer et al. (2010), S. 15f.

der Berechnung der Kälteanlagen im Kapitel 2.2.2.2 ergibt sich eine Abwärmemenge (=Kältenutzenergie + elektrischer Energieverbrauch der Anlage) von 181.908 kWh/a.

Die Energieersparnis berechnet sich, unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Warmwasserbereitung (87,3%, siehe Kapitel 2.2.1.1), wie folgt:

$$E_{WRG} = \frac{181908 \frac{kWh}{a} * 15\%}{87,3\%} = 31255,7 \frac{kWh}{a}$$

Unter Berücksichtigung des Erdgaspreises ergibt sich somit eine jährliche Kostenreduktion von rund € 1.430,-

$$K_{WRG} = 31255,7 \frac{kWh}{a} * 0,0457 \frac{€}{kWh} = 1428,38 \frac{€}{a}$$

Um die bestehende WRG wieder in Betrieb zu nehmen sind folgende Tätigkeiten erforderlich:

- Regelung der Wärmerückgewinnung:

Die Regelung der Wärmerückgewinnung entspricht teilweise nicht dem Stand der Technik, es sind z.B. einfache Anlegethermometer zur Ansteuerung der Ventile vorgesehen. Diese Thermostate weisen eine hohe Schaltdifferenz (Hysterese) auf und sind daher ungeeignet für diesen Einsatz.<sup>105</sup>

Maßnahme: Umbau der Regelung, Erneuerung und Modernisierung der Wärmerückgewinnung an den Kältemaschinen (Wärmetauscher, Verrohrung, Regelung)

- Umbau der Warmwasserspeicheranlage:

Es wurde am 06.02.2013 ein Angebot der Firma Krobath eingeholt, (Angebotsnr.: 130983). Demnach belaufen sich die Kosten für den Umbau auf Netto € 1.069,85 inklusive Montagekosten.

- Wiederinbetriebnahme der bestehenden Wärmerückgewinnung:

Auch für die Wiederinbetriebnahme der bestehenden WRG wurde ein Angebot von der Firma Krobath (06.02.2013, Angebotsnr.: 130978) eingeholt, demnach belaufen sich die Kosten auf Netto € 2.818,23. Das Angebot umfasst folgende Leistungen: Spülung,

<sup>105</sup> Vgl. Großbauer (2009), S. 21

Neubefüllung mit lebensmittelechtem Frostschutz, Einbau eines Wärmemengenzählers, zur Erfassung der rückgewonnen Energiemenge und Überwachung der Funktion der WRG, sowie Montage.

<b>Energieeinsparung Wiederinbetriebnahme WRG</b>	<b>31.255,7 kWh/a</b>
<b>Kostensparnis</b>	<b>1.428 €/a</b>
<b>Kosten Wiederinbetriebnahme Wärmerückgewinnung</b>	<b>3.888,08 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>2,7 Jahre</b>

#### 4.4.2 Zusätzliche Wärmerückgewinnung Hochregallager

Weiters wird die Installation einer zusätzlichen WRG zur Brauchwassererwärmung aus der Abwärme der Kälteanlage Hochregallager geprüft. Dazu wurde ein Angebot von der Firma Johnson Controls eingeholt. Die Kosten belaufen sich laut Angebot Netto auf ca. € 3.250,-. Inkludierte Leistungen:

Wärmetauscher (6 kW)	595,-
Regler (auch für bestehende WRG)	419,-
Ventile, Temperaturfühler, Stellmotoren	1549,-
<u>Montage</u>	<u>690,-</u>
Gesamtkosten Netto	3253,-

Die Energieersparnis der zusätzlichen WRG berechnet sich, unter Berücksichtigung der Wärmetauscherleistung, der Volllaststunden der Kälteanlage „Hochregallager“ sowie des Wirkungsgrades der Warmwasserbereitung (87,3%, siehe Kapitel 2.2.1.1), wie folgt:

$$E_{WRG} = \frac{6 \text{ kW} * 6500 \frac{\text{VLh}}{\text{a}}}{87,3 \%} = 44673,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Unter Berücksichtigung des Erdgaspreises ergibt sich somit eine jährliche Kostenreduktion von rund € 2042,-

$$K_{WRG} = 44673,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * 0,0457 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 2041,58 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

<b>Energieeinsparung zusätzliche WRG Hochregallager</b>	<b>44.674 kWh/a</b>
---	---------------------

<b>Kostenersparnis</b>	<b>2.042 €/a</b>
<b>Kosten zusätzliche Wärmerückgewinnung Hochregallager</b>	<b>3.253 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>1,6 Jahre</b>

#### 4.4.1 Zusammenfassung Wärmerückgewinnung

Durch die Wiederinbetriebnahme der bestehenden WRG sowie Installation einer zusätzlichen WRG bei der Kälteanlage „Hochregallager“ ergibt sich eine zurückgewonnene Energiemenge von knapp 76.000 kWh/a. Bei einem Wasserverbrauch von 3480 m<sup>3</sup> im Jahr 2012, bedeutet dies eine durchschnittliche Temperaturerhöhung um 19 K. Diese Berechnung dient der Abschätzung, ob die zurückgewonnen Energiemenge auf das Warmwasser übertragen werden kann.

$$Q = m * cp * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\dot{Q}}{\dot{m} * cp} = \frac{76000kWh * 3600 \frac{kJ}{kWh}}{3480m^3 * 1000 \frac{kg}{m^3} * 4,182 \frac{kJ}{kgK}} = 18,8 K$$

Das bedeutet, dass die Kaltwassertemperatur durch WRG auf 30°C angehoben wird, was durchaus realistisch ist. Die eingesparte Energiemenge (76.000 kWh) führt zu einer Reduktion des Erdgasverbrauchs zur Warmwasserbereitung (205.333 kWh) von ca. 37%.

<b>Gesamte Energieeinsparung WRG</b>	<b>76.000 kWh/a</b>
<b>Anteils des Energiebedarfs der Warmwasserbereitung</b>	<b>37 %</b>
<b>Kostenersparnis</b>	<b>3473 €/a</b>
<b>Gesamtkosten Wärmerückgewinnung</b>	<b>7.141 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>2,1 Jahre</b>

#### 4.5 Organisatorische Maßnahmen

- Optimierung der Aufheizzeiten der Öfen

- Vermeidung unnötiger Warmhaltezeiten
- Überwachung des Energieverbrauchs der Kälteanlagen
- Einheitliche und eindeutige Benennung der Kälteanlagen und -räume
- Laufende Kontrolle der Monatsabrechnungen des Energiebezugs

#### 4.6 Zusammenfassung Einsparpotentiale

Das jährliche Einsparpotential der empfohlenen Maßnahmen beträgt rund € 12.730,-, die statische Amortisationszeit der Wärmerückgewinnung der Kälteanlagen beträgt 2,1 Jahre, allen übrigen Maßnahmen amortisieren sich bereits im ersten Jahr.

empfohlene Maßnahme	Elektrische-einsparung [kWh/a]	Erdgas-einsparung [kWh/a]	Einsparung [€/a]	Kosten [€]	Amortisation [Jahre]
Lastmanagement	-	-	2.960	480	0,16
Leckagenreduktion	26.607	-	2.762	240	0,10
Rohrleitungen Wärmedämmen	-	27.600	1.261	1.050	0,83
luftgekühlte Kondensatoren reinigen (Kälteanlagen)	21.900	-	2.273	480	0,25
Wärmerückgewinnung	-	76.000	3.473	7.141	2,10
<b>Mögliche Einsparung</b>	<b>48.507</b>	<b>103.600</b>	<b>12.729,-</b>	<b>9.391,-</b>	

Tabelle 46: mögliche Einsparung der empfohlenen Maßnahmen



## 5 Umgesetzte Maßnahmen

Im Folgenden werden jenen Maßnahmen beschrieben, welche zur Behebung der aufgefundenen Schwachstellen bereits durchgeführt wurden oder gerade in Umsetzung sind.

### 5.1 Reparatur der Blindleistungskompensationsanlage

Blindenergie ist Energie, die nur zwischen Netz und Verbraucher hin und her pendelt, also nicht zum Antrieb von Maschinen oder für Heizzwecke nutzbar ist. Sie belastet lediglich die Stromnetze, ohne einen Nutzeffekt (die Leistung von Arbeit) zu bringen. Wenn ein Verbraucher einer Wechselstromleitung für eine gewisse Zeit eine konstante Blindleistung entzieht, entspricht das insgesamt einer Blindarbeit (auch Blindenergie bezeichnet), die das Produkt von Blindleistung und Zeitdauer ist. Eine gebräuchliche Einheit der Blindarbeit ist kvarh (Kilo Volt-Ampere Reaktanz-Stunde): 1 kvarh bedeutet 1 kvar (= 1000 var) über eine Stunde, oder auch z. B. 2 kvar über eine halbe Stunde.<sup>106</sup>

Eine Verrechnung von Blindarbeit erfolgt ab einem Leistungsfaktor, dessen Absolutbetrag  $< 0,9$  ist; d.h., wenn der Anteil der Blindarbeit mehr als 48% der monatlich an jener Übergabestelle entnommenen Wirkenergie übersteigt, wird das Entgelt für Blindarbeit in Rechnung gestellt.<sup>107</sup>

Daher ist der Betrieb einer Anlage zur Blindleistungskompensation (BlindLK) notwendig.

#### Blindleistungskompensation

Die (BlindLK) dient nicht nur der Reduktion von Energieverlusten in Stromleitungen, sondern auch der Spannungshaltung, da Blindströme auch die Spannungsabfälle beeinflussen.<sup>108</sup>

Bei der BlindLKA der Bäckerei Sorger handelt es sich um eine regelbare (veränderbare) Blindleistungskompensation bei der einzelne Kondensatoren oder Drosselspulen über Thyristoren zugeschaltet werden können.

Aufgrund einer Störung der installierten BlindLKA sind seit 2010 Kosten für Blindarbeit von knapp € 8.110,- angefallen.

---

<sup>106</sup> Vgl. Paschotta (2013)

<sup>107</sup> Vgl. Stromnetz Steiermark GmbH (2013a)

<sup>108</sup> Vgl. Paschotta (2013b)

<b>Jahr</b>	<b>Blindarbeit [kvarh]</b>	<b>Kosten Blindarbeit [€]</b>
2010	111.580	2.019,61
2011	108.010	1.955,00
2012	228.470	4.135,35
<b>Summe</b>	<b>448.060</b>	<b>8.109,96</b>

Tabelle 47: Blindarbeit und -kosten 2010 bis 2012

Die bestehende Anlage wurde in der KW 51/2012 repariert, wobei alle 24 Kondensatoren ausgetauscht wurden. Die Kosten für die Reparatur der Blindleistungskompensationsanlage betragen Netto € 3.635,75. Bei Blindleistungskosten im Jahr 2012 von € 4.135,35 liegt die statische Amortisationszeit damit unter einem Jahr. Sollten weiterhin Kosten für Blindarbeit anfallen, wird eine Erweiterung der bestehenden Anlage empfohlen.

<b>Jährliche Einsparung Blindleistungskompensation</b>	<b>4.135,35 €</b>
<b>Reparaturkosten Blindleistungskompensation</b>	<b>3.636 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>0,9 Jahre</b>

## 5.2 Beleuchtungsoptimierung

Der Energieverbrauch zur Beleuchtung der Produktionsräumlichkeiten beträgt 210.193 kWh pro Jahr. In einigen Bereichen ist die Beleuchtungsstärke nicht ausreichend, des Weiteren sind Beleuchtungskörper teilweise in äußerst schlechtem Zustand. Großteils sind die vorhandenen Leuchtstofflampen, auch in den Kühlräumen, mit KVG (konventionellen Vorschaltgeräten) ausgerüstet.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit Herrn Gardowsky von der 0800 SUPPORT Vertriebs GmbH ein optimales Beleuchtungskonzept entwickelt, welches sich bereits in der Umsetzungsphase befindet. Das Konzept sieht unter anderem die Montage von Feuchtraumwannenleuchten mit Spezial EVGs vor, die der Hitze standhalten und mit Qualitäts Biolicht der Firma Narva ausgestattet sind. Die Besonderheit dieser Leuchten ist die Ausstattung mit Reflektoren, und Designerfolie, eine österreichische Entwicklung der Firma EcoCan GmbH. Durch diese spezielle Reflektor- und Folientechnik wird die Lichtdichte im Abstrahlkanal um den Faktor 3-4

erhöht. Die Reflektoren können gedreht werden, somit kommt es, wo notwendig, zu noch besserer Ausleuchtung. Das Ergebnis ist hervorragendes blendfreies Arbeitslicht, bei reduziertem Energieverbrauch. Bestehende Lichtschienen können zum Großteil erhalten bleiben. So wurde jede einzelne Lichtstelle im Betrieb Sorger, von der 0800 SUPPORT Vertriebs GmbH geprüft, und eine optimale energiesparende Lichtlösung angeboten. Die "Neonlampen" im Gang- und Lagerbereich können durch Leuchten mit oben genannter Reflektor- und Folientechnik ersetzt werden.<sup>109</sup> Des Weiteren sieht das Konzept vor, dass in den Kälteräumen nur mehr LED Technik eingesetzt wird, meist in Verbindung mit Präsenzmelder. Der Vorteil der LED Technik gegenüber den jetzt eingesetzten Leuchtstofflampen mit KVG ist, dass die LED Leuchten bis zum Erreichen der vollen Lichtstärke weniger als 1 Sekunde benötigen und deutlich unempfindlicher gegenüber häufigem Ein- Ausschalten sind, was eine Voraussetzung für den Einsatz von Präsenzmeldern darstellt.

#### Details zum Beleuchtungskonzept:

Vor den Backöfen sind Feuchtraumwannenleuchten mit Spezial EVGs vorgesehen, die der Hitze standhalten, sowie mit Qualitäts-Biolicht der Firma Narva (Farbechtheit) sowie Reflektor- und Folientechnik zur Bündelung der Lichtdichte im Abstrahlkanal ausgestattet sind.

In den Gängen und Lagerbereichen werden die eingesetzten Leuchtstofflampen mit KVG durch energieeffizienter T5 Feuchtraumwannenleuchten mit Reflektor- und Folientechnik ersetzt sowie Lichtsteuerung mittels Präsenzmelder und Lichtsensor installiert. In den Stiegenhäusern werden die Leuchtstofflampen durch 16 W STEINEL LED Sensor-Leuchten, mit Zeit- und Dämmerungsschwelle, ersetzt.

In den Kälteräumen werden die eingesetzten Leuchtstofflampen mit KVG durch LED TUBE „Leuchte in Leuchte“ mit 20W ersetzt. Dabei kann der Beleuchtungskörper erhalten bleiben, es kommt lediglich zu einem Austausch der Leuchtstoffröhre und einer Überbrückung des Starters. Weiters werden die in den Kühlräumen eingesetzten 60W Glühbirnen durch Rertofit LED Glühbirne (E 27) mit 12 W ersetzt. Die Umrüstung der Beleuchtung in den Kälteräumen führt nicht nur zu einer Reduktion des Energieverbrauchs der Beleuchtung sondern senkt weiters die Kühllast und führt somit auch zu einer Reduktion des Energieverbrauchs der Kälteanlagen.

Alle neu zu montierenden Leuchten werden im montagefertigen Zustand, mit einem vorkonfektionierten Adels Stecker, ausgeliefert. Dadurch ist die Neumontage deutlich

---

<sup>109</sup> Vgl. Gardowsky-Stoimaier (2013)

einfacher, weil die Lampen in der Werkstätte vorbereitet und vor Ort nur eingesteckt werden müssen. Auch im Falle eines Lampenbruchs bietet diese Ausführung Vorteile: So kann die defekte Lampe sofort durch eine Reservelampe ausgetauscht werden, die Reparatur kann in der Werkstätte erfolgen. Dadurch ist eine Kontaminierung des Produktionsbereiches durch Glassplitter ausgeschlossen.

#### Zusammenfassung:

Nach der Umrüstung herrscht in allen geforderten Bereichen absolute Splitterfreiheit, in vielen Bereichen kommt es zu einer deutlichen Anhebung der Beleuchtungsstärke, vor den Öfen werden farbechte Bioleuchtmittel eingesetzt, in den Kühlräumen erreichen die eingesetzten LED Leuchten sofort ihre volle Beleuchtungsstärke. Durch den Einsatz von Präsenzmeldern und Lichtsensoren kommt es in einigen Bereichen zu einer deutlichen Reduktion der Einschaltdauer.

Die genaue Anzahl sowie Typen der Beleuchtungskörper und der jeweilige Energieverbrauch vor und nach der Beleuchtungsoptimierung sind im Anhang auf Seite 160 angegeben.

#### Investitionskosten und Amortisation:

Die Investitionskosten der Beleuchtungsoptimierung belaufen sich Netto auf rund € 32.000,- exklusive Montagekosten. Die Montage wird in Eigenleistung durchgeführt, die Kosten dafür werden in Zusammenarbeit mit Adolf Benedikt (technischer Leiter) mit rund € 12.000,- angenommen.

Durch die Optimierung der gesamten Beleuchtungsanlage wird der Energieverbrauch für Beleuchtung um ca. 48% bzw. 102.000 kWh/a gesenkt, die Stromkosten reduzieren sich dadurch um ca. € 10.590,- .

<b>Jährliche Energieeinsparung Beleuchtungsoptimierung</b>	<b>102.000 kWh/a</b>
<b>Energiekostensparnis</b>	<b>10.590 €/a</b>
<b>Investitionskosten (inkl. Montagekosten)</b>	<b>44.000 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>4,2 Jahre</b>

### 5.3 Umstellung auf erdgasbetriebene Fettbackanlage

Bis 26.11.2012 war hauptsächlich die elektrisch beheizte TEMAC1 in Betrieb, die erdgasbetriebene TEMAC2 war lediglich zu Spitzenzeiten in Betrieb. Eine Umstellung auf die mit Erdgas betriebene TEMAC2 erfolgte am 27.11.2012, die Energiekostensparnis wird unter der Annahme ermittelt, dass sich der Energiebedarf der elektrischen Anlagen auf 10 % reduziert, wogegen der Energieverbrauch der erdgasbetriebenen Anlage um diesen Betrag, unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades (93,1%), erhöht. Die Kostenreduktion wird wie folgt berechnet:

Energieeinsparung elektrische Anlage:	270 MWh
Energiekostensparnis:	€ 28.026,-
Mehrverbrauch erdgasbetrieben Anlage:	290 MWh
Mehrkosten:	€ 13.258,-

<b>Jährliche Kostensparnis durch erdgasbetrieben Anlage</b>	<b>14.768 €/a</b>
---	-------------------

### 5.4 Schockkühlung von Schwarzbrot

Der Ablauf in der Schwarzbrotproduktion wurde so geändert, dass kein Brot mehr zum Schneiden tiefgekühlt werden muss. Vor der Umstellung ist der Schocker Neu „groß“ für vier Stunden durchgelaufen, um die Brote von 90°C auf 20°C herunter zu kühlen. Die jährliche Betriebszeit der Anlage für die Schockkühlung von Schwarzbrot betrug bis zur Umstellung am 18.01.2013 ca. 1.120 Stunden. Da Schockfroster meist im Vollast-Betrieb laufen<sup>110</sup>, kann von einer durchschnittlichen Auslastung von 90 % ausgegangen werden.

Die Energieersparnis dieser Maßnahme kann wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned}
 EV_{\text{Schwarzbrot}} &= 2 * P_{\text{Komp}} * BZ_{\text{Komp}} * 0,9 + P_{\text{L,C,O}} * BZ_{\text{L,C,O}} * 0,9 \\
 &= 2 * 16,19\text{kW} * 1120 \frac{\text{h}}{\text{a}} * 0,9 + 6,4\text{kW} * 1120 \frac{\text{h}}{\text{a}} * 0,9 = 39090 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \\
 K_{\text{Schwarzbrot}} &= 39090 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} * 0,1038 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 4057,57 \frac{\text{€}}{\text{a}}
 \end{aligned}$$

<b>Jährliche Energieeinsparung</b>	<b>39.090 kWh/a</b>
<b>Energiekostensparnis</b>	<b>4.058 €/a</b>

<sup>110</sup> Vgl. Kulterer/Mair (2012), S. 52

## 5.5 Anschaffung eines Scherbeneiserzeugers

Die zur Teigbereitung benötigte Eismenge wurde bis vor kurzem zugekauft. Durch einen eigenen Eiserzeuger können die Kosten deutlich reduziert werden, daher kam es bereits zur Anschaffung eines Scherbeneiserzeugers vom Typ F1500 der Firma FUNK GmbH. Im Folgenden wird die Kostenreduktion durch die Anschaffung, sowie die statische Amortisationszeit dieser Investition berechnet:

Derzeitiger Eisbedarf: 112.000 kg

Derzeitige Kosten: 28.000 €/a

Der Scherbeneiserzeuger hat eine Eisleistung von ca. 1.500 kg/24h und eine elektrische Leistungsaufnahme von 4,4 kW. Die Investitionskosten betragen € 18.880,-.

Der Energiebedarf zur Erzeugung von einem Kilogramm Eis ( $EV_{EisE}$ ) beträgt somit:

$$EV_{EisE} = \frac{4,4 \text{ kW} * 24 \text{ h}}{1500 \text{ kg}} = 0,0704 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

Daraus ergeben sich Kosten für 1000 Kilogramm ( $K_{EisE}$ ) von € 8,85-:

$$\begin{aligned} k_{EisE} &= EV_{EisE} * 1000 \text{ kg} * k_{Strom} + k_{Wasser} \\ &= 0,0704 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} * 1000 \text{ kg} * 0,1038 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} + 1,544 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 8,85 \frac{\text{€}}{1000 \text{ kg}_{Eis}} \end{aligned}$$

Zur Bereitstellung des jährlichen Eisbedarfs (EB) von 112 to/a entstehen Kosten von rund € 991,-.

$$K_{EisE} = k_{EisE} * EB = 8,85 \frac{\text{€}}{\text{to}_{Eis}} * 112 \frac{\text{to}_{Eis}}{\text{a}} = 991,2 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

Durch Kostenvergleich ergibt sich eine jährliche Ersparnis von rund € 27.009,-.

$$E = K_{EisK} - K_{EisE} = 28000 \frac{\text{€}}{\text{a}} - 991,2 \frac{\text{€}}{\text{a}} = 27008,8 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

$K_{EisK}$  ... Jährliche Kosten der zugekauften Eismenge

Die statische Amortisationszeit des Eiserzeugers beträgt 0,7 Jahre.

<b>Jährliche Kosteneinsparung</b>	<b>27.009 €/a</b>
<b>Investitionskosten</b>	<b>18.880 €</b>
<b>Statische Amortisationszeit</b>	<b>0,7 Jahre</b>

## 5.6 Falschzirkulation im Warmwassernetz behoben

Auf Grund einer Falschzirkulation im Warmwassernetz kam bei den Duschen in den Garderoben kein warmes Wasser. Die MitarbeiterInnen haben am Ende ihres Arbeitstages das Warmwasser der Duschen teilweise bis zu 30 Minuten ungenutzt aufgedreht.

Dieser Fehler wurde bereits behoben, die Ersparnis wird unter Berücksichtigung der Wasserkosten (1,5439 €/m<sup>3</sup>) und der eingesparten Wassermenge ermittelt. Die Durchflussmenge bei den Duschen wurde gemessen und beträgt ca. 10 Liter pro Minute, die Duschen waren 30 Minuten täglich ungenutzt aufgedreht. Daraus ergibt sich eine jährlich eingesparte Wassermenge von 109,5 m<sup>3</sup>, bzw. rund € 170,- Kostenersparnis von Frischwasser.

<b>Jährliche Wassereinsparung</b>	<b>110 m<sup>3</sup></b>
<b>Kostenersparnis</b>	<b>170 €/a</b>

## 5.7 Kosten für Erdgasminderleistung

Aufgrund eines Verrechnungsfehlers seitens der Energie Graz, wurden seit Juli 2009 monatlich Kosten für Erdgasminderleistung verrechnet (siehe Tabelle 48), obwohl die bezogene Erdgasleistung immer über der Minderleistungsmenge lag. Aus der vereinbarten, maximalen Stundenleistung von 1.420 kWh/h (siehe Kapitel 2.1.2.1) ergibt sich eine Mindestabnahmemenge von 284 kWh/h (= 20% der vereinbarten Leistung). Es wurden aber Kosten im Bezug auf eine Mindestabnahmemenge von 2337 kWh/h verrechnet (Lastprofil siehe Abbildung 29 im Anhang). Diese Kosten wurden, inklusive Zinsen (Kapitalkosten), rückgefordert. Im Jänner und März 2013 hat die Bäckerei Sorger die Kosten in Form einer Gutschrift rückerstattet bekommen.

Jahr	Kosten Erdgas-Minderleistung [Netto €]
2009	2.445,30
2010	5.204,63
2011	5.834,43
2012	5.239,79
Zinsen	1.351,67
<b>Summe</b>	<b>20.075,82</b>

Tabelle 48: Rückerstatter Kosten für Erdgasminderleistung seit Juli 2009

Die monatlichen Kosten für Minderleistung betragen durchschnittlich € 457,41, daraus ergibt sich eine jährliche Ersparnis von € 5.488,91.

<b>Jährliche Kostenersparnis</b>	<b>5.488,91 €/a</b>
<b>Kostenrückerstattung Erdgasminderleistung</b>	<b>20.076 €</b>



## 5.8 Einführung eines Energiemanagementsystems

Ein Energiemanagementsystem (EnMS) in Übereinstimmung mit der Norm ISO 50001 hat als wesentliche Ziele die Energieeffizienz zu steigern, und Energiekosten, Energieverbrauch sowie CO<sub>2</sub> Emissionen zu Reduzieren. Diese internationale Norm kann freiwillig im Unternehmen umgesetzt werden, und unterliegt grundsätzlich keiner externen Zertifizierung.

Bei der Einführung eines EnMS kommt es zunächst zu einer Erhebung des energetischen IST Zustands. Empfehlungen für konkrete energiesparende Maßnahmen werden abgeleitet und deren Umsetzung erfolgt im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung. Dieser Grundstein konnte bereits im Rahmen der Diplomarbeit gelegt werden. Weitere wesentliche Kernpunkte eines EnMS bilden Energiepolitik des Unternehmens, Register der energierelevanten Rechtsvorschriften, Bewusstseinsbildung und Schulung der MitarbeiterInnen hinsichtlich energietechnischer Aspekte, Aufbau interner Kontrollmechanismen inkl. Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen und ein Management-Review, die Bewertung durch die oberste Leitung.<sup>111</sup>

Durch kontinuierliche Erfassung der Energieverbräuche sowie deren Auswertung, wird der Energieverbrauch transparent, bei gravierenden Abweichungen können rasch Maßnahmen gesetzt, sowie Verbesserungen aufrechterhalten werden. Der Energieverbrauch steht über eine systematische und strukturierte Dokumentation zur Verfügung. Als indirekte Effekte ergeben sich u.a. eine bessere Umweltsituation, Senkung der Kosten für (Ausfall-) Versicherung und Instandhaltung, bessere Arbeitsbedingungen, ect.<sup>112</sup>

Wesentlich für den Erfolg des EnMS sind klare Verantwortlichkeiten, MitarbeiterInnen im Bezug auf effizienten Energieumgang zu motivieren und den Stellenwert des Themas unternehmensintern zu kommunizieren.<sup>113</sup>

Die Geschäftsführung der Bäckerei Sorger hat mit 1. März 2013 einen Mitarbeiter eingestellt, der u.a. mit der Einführung eines Umweltmanagementsystem beauftragt wurde.

---

<sup>111</sup> Vgl. WIFI Unternehmensservice der Wirtschaftskammer Österreich (2013), S. 4

<sup>112</sup> Vgl. Lackner/Holanek (2007), S. 7

<sup>113</sup> Vgl. Großbauer (2009), S.8

## 5.9 Zusammenfassung der umgesetzten Maßnahmen

In Tabelle 49 sind die jährlichen Energie- und Kosteneinsparungen der umgesetzten Maßnahmen sowie die dafür notwendigen Investitionen und die statische Amortisationszeit jeder Maßnahme, sowie aller Maßnahmen gemeinsam, angegeben.

Durch die Umstellung auf die erdgasbetriebe Fettbackanlage TEMAC 2 steigt zwar der Erdgasverbrauch mehr als der Stromverbrauch sinkt, aber durch den deutlich geringeren Erdgaspreis reduzieren sich die Energiekosten um fast € 14.800,-. Auch die CO<sub>2</sub> Emissionen sinken durch diese Maßnahme, weil in der Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie mehr CO<sub>2</sub> entsteht, als durch Erdgas.

Zur jährlichen Ersparnis der Kosten für Erdgasminderleistung kommt zusätzlich die Kostenrückerstattung durch die Energie Graz in Form einer Gutschrift in der Höhe von € 20.076 hinzu.

Die Gesamtersparnis der bereits umgesetzten Maßnahmen beträgt € 66.049,- pro Jahr, das sind 15,7 % der Energiekosten. Der gesamte Energieverbrauch konnte um 113.205 kWh (1,7%) gesenkt werden.

<b>Kostenrückerstattung Erdgasminderleistung</b>	<b>20.076 €</b>
--	-----------------

<b>Maßnahme</b>	<b>Einsparung el. Strom [kWh/a]</b>	<b>Einsparung Erdgas [kWh/a]</b>	<b>Investition [€]</b>	<b>Kosten- reduktion [€/a]</b>	<b>Amortisation [Jahre]</b>
BlindLK	-	-	3.636,-	4.135,-	0,9
Beleuchtungsoptimierung	102.000	-	44.000,-	10.590,-	4,2
Umstellung TEMAC 2	270.000	- 290.000	-	14.768,-	-
Schockkühlung Schwarzbrot	39.090	-	-	4.058,-	-
eigener Eiserzeuger	- 7.885	-	18.880,-	27.009,-	0,7
Erdgasminderleistung	-	-	-	5.489,-	-
<b>Summe Einsparung</b>	<b>403.205</b>	<b>-290.000</b>	<b>66.516,-</b>	<b>66.049,-</b>	<b>-</b>

Tabelle 49: jährliche Kostenersparnis der bereits umgesetzten Maßnahmen

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Steigende Öl- sowie schwankende Energiepreise führen zu schlechter Planbarkeit und einem raschen Anstieg der Energiekosten. Weil eine Reduktion dieser Kosten direkten Einfluss auf den Unternehmensgewinn hat, gewinnt das Thema ökonomische Energienutzung zunehmend an Bedeutung. Um im Wettbewerb zu bestehen, müssen laufend Verbesserungen in Produkte und Prozesse einfließen. Daher wurde im Zuge dieser Diplomarbeit der Produktionsstandort der Bäckerei Sorger einer energetischen Analyse unterzogen, Verbesserungspotentiale abgeleitet, bewertet und dokumentiert, sowie ausgewählte Maßnahmen zur Energieeinsparung umgesetzt.

Im Rahmen der IST Analyse konnten einfach umsetzbare Energieeinsparpotentiale, etwa bei der Beschwagung der Öfen, oder der Nutzung der Kälte- und Schockgefrierräume klar detektiert werden. Zur Energiekostenkontrolle und -reduktion sind technische Anlagen, wie Blindleistungskompensationsanlage, automatisches Lastmanagement sowie Wärmerückgewinnung aus der Abwärme einer Kälteverbundanlage vorhanden. Diese waren jedoch mangels Anlagenwartung außer Betrieb. Aufgrund der fehlenden bzw. lückenhaften technischen Dokumentation stellte sich die Erhebung des energetischen IST Zustandes als große Herausforderung dar.

Zur Visualisierung der in der energetischen Betriebsanalyse gewonnenen Daten, wurde der Energiefluss in Form eines Sankey-Diagramms (Abbildung 20) dargestellt. Darin werden die Ergebnisse in ihren Wirkzusammenhängen gezeigt. Durch die ungenutzte Abwärme der Kälteanlagen, sowie Verluste in der Wärmeerzeugung und -verteilung (etwa des Dampfkessels) zeigte sich, dass die Energiemenge, die den Betrieb ungenutzt verlässt, beinahe dem gesamten Nutzenergiebedarf entspricht. Hier ist das enorme Potential zur Wärmerückgewinnung deutlich erkennbar.

Damit die gewonnenen Erkenntnisse nachhaltig für die Bäckerei Sorger nutzbar sind, wurde ein Schwachstellenkatalog erstellt, sowie Maßnahmen zur Behebung abgeleitet und dokumentiert. So wurden beispielsweise Leckagen im Druckluftnetz von fast 82% ermittelt. Die Behebung der großen Leckagen würde sich in einer jährlichen Stromkostenreduktion von € 2.760,- niederschlagen und ist durch akustische Ortung, ohne Einsatz zusätzlicher Messgeräte, möglich. Weiters könnten rund 37% des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitstellung durch Wärmerückgewinnung eingespart werden. Dazu benötigte Anlagen sind größtenteils vorhanden und müssten lediglich modernisiert werden (neue Regelung). Dadurch kommt es bereits nach zwei Jahren zur Amortisierung der dafür notwendigen Investition.

Basierend auf den Erkenntnissen der gegenständlichen Diplomarbeit kamen bereits zahlreiche empfohlenen Maßnahmen zur Umsetzung. So wurde ein Projekt zur

Beleuchtungsoptimierung durchgeführt, welches den Energieverbrauch der Beleuchtung in etwa halbiert. Weiters kam es zur Anschaffung eines Scherbeneiserzeugers, wodurch sich eine Kostenreduktion für das zur Teigzubereitung benötigte Eis von € 28.000,- auf unter € 1.000,- ergibt. In Summe führen die bereits umgesetzten Maßnahmen zu einer jährlichen Kostenreduktion von rund € 66.000,-. Der Energieverbrauch konnte um mehr als 113.000 kWh pro Jahr gesenkt werden, das entspricht ca. 1,7 % des Jahresenergiebedarfs.

Weiteres Einsparpotential liegt u.a. in der Modernisierung und Optimierung der Kälteanlagen. Dazu zählten Erneuerung der Regelung der Kälteanlagen sowie Optimierung der Türrahmen- und Abtaubeheizung. Weiters sollte der Wärmeeintrag in die Kälteräume, etwa durch Installation von Alarmsignalen nach bestimmter Öffnungszeit der Kälteraumtüren, automatische Türschließer bzw. PVC-Streifenvorhänge, reduziert werden. Eine Senkung des Dampfverbrauchs, beispielweise durch Minimierung der Beschwadungsmenge auf das notwendige Mindestmaß, sowie Versorgung der Raumheizung durch den Heizkessel, und Instandsetzung der dampfbetriebenen Heizungsregelung, birgt weiteres Einsparpotential.

Durch organisatorische Umstellungen, etwa durch Optimierung der Backprozesse sowie Reduktion bzw. Verzicht auf Zwischenkühlung, kann der Energieverbrauch weiter gesenkt werden. Als Beispiel kann die Adaptierung der Schwarzbrot herstellung angeführt werden, wodurch auf die Schockkühlung vor dem Schneiden des Brotes zur Gänze verzichtet werden kann. Vor der Umstellung wurde der Schockkühlraum dafür täglich vier Stunden betrieben.

Auch der bis jetzt nicht analysierte Bereich der mechanischen Energie (Teigknetter, Rührmaschinen, Förderanlagen etc.) birgt weiteres Einsparpotential, eine nähere Untersuchung wird hier empfohlen.

Die im Rahmen dieser Diplomarbeit offengelegten Einsparpotentiale haben die Bäckerei Sorger dazu veranlasst, einen technischen Produktionsleiter anzustellen. Dieser ist u.a. für die weitere Umsetzung der durch diese Diplomarbeit empfohlenen Maßnahmen, sowie für die Einführung eines Energiemanagementsystems zuständig. Dadurch kann die Bäckerei Sorger die Erkenntnisse dieser Diplomarbeit nachhaltig nutzen und den Output für das Unternehmen maximieren.

## 7 Literaturverzeichnis

**Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich:** 440. Verordnung: Systemnutzungsentgelte-Verordnung 2012, SNE-VO 2012, ausgegeben am 22. Dezember 2011, Inkrafttreten: 1. Jänner 2012

**Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich:** 481. Verordnung: Systemnutzungsentgelte-Verordnung 2012-Novelle 2013, SNE-VO 2012-Novelle 2013, ausgegeben am 21. Dezember 2012, Inkrafttreten: 1. Jänner 2013

**Eichelseder, H.:** Skriptum Thermodynamik, Graz 2005

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Energieliefervertrag SE1 Nr. 022/2009, Graz 2009

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Energieliefervertrag SE1 Nr. 015/2011, Graz 2011

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Energieliefervertrag SE1 Nr. 029/2012, Graz 2012

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Zusatzvereinbarung zu Energieliefervertrag, Graz 2009-2012

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Entgelt für Systemnutzung, Stand 01.01.2013

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Entgelt für Systemnutzung, Stand 01.01.2012

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Verbrauchsabrechnungen Strom 2010 bis 2012, Graz

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Neues Gasmarktmodell - Neue Regelung ab 01.01.2013, Graz 2013

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Netzzugangsvertrag, Beginn des Netzzugangsvertrages 01.10.2002

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Bedingungen für den Netzzugang zu Verteilerleitungen, Marktregeln Gas - November 2006

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Erdgasliefervertrag mit Index EGG-GE2-2008, Graz 2008

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Erdgasliefervertrag mit Index EGG-GE2-2011, Graz 2011

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Zusatzvereinbarung zum bestehenden Erdgasliefervertrag Nr. GE2-2011-011, 29.11.2011, Graz 2012

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Entgelt für Messleistung (Höchstpreise lt. GSNT-VO 2008-Novelle 2010 bzw. 1,5% des Wertes je angefangenem Kalendermonat), gültig ab 01.01.2010

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Erdgas - Netznutzungsentgelt (Gas-Systemnutzungstarife-Verordnung 2008-Novelle 2012), gültig ab 01.01.2012

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Verbrauchs- und Kostenaufstellungen Erdgas 2010 bis 2012, Graz

**Energieinstitut der Wirtschaft GmbH:** Auswertung der Ergebnisse der KMU-Scheck-Beratung für sechs ausgewählte Branchen - Fleischer, Bäcker, Drucker, Metallverarbeiter, Tischler, KFZ-Betriebe, Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2011

**Fluch, J.; Hubmann, M.:** Energy Audit Summary Report AEE INTEC - Audit no. 28 - AUT 08 - Bakery; Ergebnisse Einstein Audit Albin Sorger „zum Weinrebenbäcker“ GmbH & Co KG, Gleisdorf 2012

**Freund, W.:** Verfahrenstechnik Brot & Kleingebäck, Band 5, in: Bäckerei-Konditorei-Management, Alfeld (Leine) 1995

**Gardowsky-Stoimaier F.:** Maßnahmen Beleuchtungsoptimierung Bäcker Sorger Betriebsgebäude und Büro, Beilage zum Förderantrag der Umweltförderung: Energiesparen in Betrieben, Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 2013

**Großbauer, R.:** WIN Öko-Beratung - Untersuchung auf Energiesparpotentiale für die Firma Albin Sorger GmbH & Co KG, Graz 2009

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Kessel“ 2011, Graz 2011

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Bäckerei“ 2011, Graz 2011

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Krapfenstraße“ 2011, Graz 2011

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Feinbäckerei“ 2011, Graz 2011

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Kessel“ 2012, Graz 2012

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Bäckerei“ 2012, Graz 2012

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Krapfenstraße“ 2012, Graz 2012

**Hauzendorfer und Kober GmbH:** Emissionsprotokolle „Feinbäckerei“ 2012, Graz 2012

**Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik:** Thermodynamik - Studienblätter, Graz 2004

**Johnson Control Austria GmbH & CO OHG:** Prüfbuch und Anlagenbuch für Kälte-, Klima- und Wärmepumpen- Geräte und Anlagen, Sämtliche Kälteanlagen, Graz 2012

- Jumo Mess- und Regeltechnik, M.K. Juchheim GmbH & CO:** Betriebsanleitung: Kompakter Mikroprozessregler dTRON 04.1, 9.97/00321353
- Kaeser Kompressoren GmbH:** Betriebsanleitung - Schraubenkompressor SK Sigma Control 2 (9\_9461 02 D), Deutschland
- Kaeser Kompressoren GmbH:** Betriebsanleitung - SK19/26 mit Kaeser Control, Österreich 03.89
- König Maschinen GmbH:** Bedienungsanleitung - Roto Passat, Ausgabe 2/96
- Kulterer, K.:** Leitfaden für Energieaudits in Dampfsystemen, Version 25.09.2012  
Herausgeber: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Wien 2012
- Kulterer, K. et al.:** Die 7 Topmaßnahmen zur Optimierung von Druckluftsystemen, Herausgeber: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Wien 2010
- Kulterer, K.; Mair, O.:** Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen, Version September 2012, Herausgeber: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Wien 2012
- Kulterer, K. et al.:** Die 7 Topmaßnahmen zur Optimierung von Druckluftsystemen, Herausgeber: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Wien 2010
- Lackner, P; Holanek, N.:** Handbuch - Schritt für Schritt Anleitung für die Implementierung von Energiemanagement, Herausgeber: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency, Wien 2007
- Premm, G.:** Energetische Analyse und Bewertung von Einsparungspotentialen für die Geislinger GmbH am Produktionsstandort Bad St.Leonhard, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 2009
- Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, E.-R.:** Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 73. Auflage, Herausgeber: Schramek, E.-R., München 2007
- Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, E.-R.:** Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 75. Auflage, E-Book auf DVD, 2011/2012
- Schünemann, C.; Treu, G.:** Technologie der Backwarenherstellung, 2.Auflage 1986, Alfeld (Leine) 1984
- Stromnetz Graz GmbH & Co KG:** Netzzugangsvertrag Nr. 54298303, Graz 2012
- Verein Deutscher Ingenieure:** VDI-Richtlinie 3922 - Energieberatung in Industrie und Gewerbe, Beuth-Verlag GmbH, Berlin 1998
- Verein Deutscher Ingenieure:** VDI-Berichte 1286 - Energieberatung in Industrie und Gewerbe nach VDI 3922, VDI Verlag, Düsseldorf 1996

**Verein Deutscher Ingenieure:** VDI-Wärmeatlas, 10. Auflage, VDI Verlag, Düsseldorf 2006

**Weigl, J. A.; Lummerstorfer, K.:** Branchenberatung Energie - Energiekennzahlen und -sparpotentiale in Bäckereien, Linz 1998

**WIFI Unternehmerservice der Wirtschaftskammer Österreich:** Energiemanagementsysteme nach ISO 50001 - Tipps für die Umsetzung, WIFI-Schriftenreihe Nr. 348, Auflage: 2. Auflage, 2.000 Stück, stand: Februar 2013, Verlags- und Herstellungsort: Wien 2013

**Wohinz, J. W.:** Industrielles Management – Das Grazer Modell, Wien/Graz 2003

**Wohinz, J. W.:** Industriewissenschaftliches Forschungsmanual, Auflage 2007, Graz 2007



## 8 Internetquellenverzeichnis

**DAUB Backtechnik GmbH:** Thermo Roll

[http://www.cream.pl/cgs\\_files//pdfall/Daub\\_Thermo\\_Roll\\_Dui.pdf](http://www.cream.pl/cgs_files//pdfall/Daub_Thermo_Roll_Dui.pdf) ,  
Zugriffsdatum: 19.03.2013

**BITZER Kühlmaschinenbau GmbH :** Download BITZER Software 6.3.2

<http://www.bitzer.de/ger/productservice/software/3> , Zugriffsdatum: Dezember 2012

**Energie-Control Austria (a):** Netzverlustentgelt

<http://www.e-control.at/de/industrie/strom/strompreis/netzentgelte/netzverlustentgelt> ,  
Zugriffsdatum: 11.01.2013

**Energie-Control Austria (b):** Ökostromförderbeitrag

<http://www.e-control.at/de/industrie/oeko-energie/kosten-fuer-stromkunden/%C3%B6kostromf%C3%B6rderbeitrag> , Zugriffsdatum: 06.03.2013

**Energie-Control Austria (c):** Kosten für Stromkunden bis 30.6.2012

<http://www.e-control.at/de/industrie/oeko-energie/kosten-fuer-stromkunden/oekostromkosten-bis-30-06-2012> , Zugriffsdatum: 23.03.2013

**Energie-Control Austria (d):** Kosten für Stromkunden

<http://www.e-control.at/de/industrie/oeko-energie/kosten-fuer-stromkunden> ,  
Zugriffsdatum: 23.03.2013

**Energie Control GmbH (e):** Erdgas Steuern und Abgaben

<http://www.e-control.at/de/industrie/gas/gaspreis/steuern-und-abgaben> ,  
Zugriffsdatum: 15.03.2013

**Energie Graz GmbH & Co KG:** Online Services,

<https://online-services.energie-graz.at> , Zugriffsdatum: mehrfach

**European Commission, DG ENTR:** Preparatory Study for Eco-design Requirements of EuPs, Lot 1: Refrigerating and freezing equipment, Task 6: Improvement Potential, Final report, Paris 2011

[http://www.ecofreezercom.org/documents\\_2.php](http://www.ecofreezercom.org/documents_2.php) , Zugriffsdatum: 02.03.2013

**Fraunhofer ISI:** Infoblatt Druckluftleckagen, Karlsruhe, September 2006,

[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_800391399.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_800391399.pdf) , Zugriffsdatum: 14.03.2013

**GIS Land Steiermark:** Digitaler Atlas Steiermark

<http://www.gis.steiermark.at/> Zugriffsdatum: 23.04.2013

**Heinemann M.:** Lexikon, Betriebszeit (2013)

<http://www.it-administrator.de/lexikon/betriebszeit.html> ; Zugriffsdatum: 31.03.2013

**IEC 1006** (1991), zitiert in: **Kern GmbH:** Polyethylen hoher Dichte

<http://www.kern.de/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1411&lng=1&popup=1> ,

Zugriffsdatum: 19.03.2013

**ikz.de:** Onlineportal der Zeitschriften IKZ HAUSTECHNIK, IKZ-FACHPLANER, IKZ-ENERGY und IKZ-PRAXIS, Herausgeber und Verlag: STROBEL VERLAG GmbH & Co. KG; Online Ausgabe 3/2004, Seite 3 ,

<http://www.ikz.de/ikz-praxis-archiv/p0403/040303.php>

Zugriffsdatum: 06.04.2013

**KAESER Kompressoren GmbH:** Ratgeber Drucklufttechnik

<http://www.kaeser.at/Images/P-2010-D-tcm7-6752.pdf> , Zugriffsdatum: 26.03.2013

**Paschotta R. (a):** Blindarbeit

<http://www.energie-lexikon.info/blindarbeit.html> , Zugriffsdatum: 26.03.2013

**Paschotta R. (b):** Blindleistungskompensation

<http://www.energie-lexikon.info/blindleistungskompensation.html> ,

Zugriffsdatum: 26.03.2013

**Stromnetz Graz GmbH & Co KG (a):** Messleistung Strom, Stand 01.01.2013

[http://www.stromnetz-graz.at/home/service/SGG\\_Entgelte-fuer-](http://www.stromnetz-graz.at/home/service/SGG_Entgelte-fuer-Messleistung_01_01_2013.pdf)

[Messleistung\\_01\\_01\\_2013.pdf](http://www.stromnetz-graz.at/home/service/SGG_Entgelte-fuer-Messleistung_01_01_2013.pdf) , Zugriffsdatum: 11.01.2013

**Stromnetz Graz GmbH & Co KG (b):** Entgelte für Systemnutzung, Stand 01.01.2013

[http://www.stromnetz-graz.at/home/service/2012-12-27\\_SGG\\_Entgelte-fuer-](http://www.stromnetz-graz.at/home/service/2012-12-27_SGG_Entgelte-fuer-Systemnutzung_1_1_2013_screen.pdf)

[Systemnutzung\\_1\\_1\\_2013\\_screen.pdf](http://www.stromnetz-graz.at/home/service/2012-12-27_SGG_Entgelte-fuer-Systemnutzung_1_1_2013_screen.pdf) , Zugriffsdatum:11.01.2013

**Stromnetz Steiermark GmbH:**

<http://www.stromnetzsteiermark.at/wissenswertes/glossar.htm>,

Zugriffsdatum: 11.01.2013

**Wikipedia:** <http://de.wikipedia.org/wiki/Jahresdauerlinie> ; Zugriffsdatum 18.03.2013

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umsatz nach Warengruppe in € und % von Gesamtumsatz .....	2
Abbildung 2: Layoutplan der Produktion in der Eggenberger Allee 36 .....	3
Abbildung 3: Ablauf der Diplomarbeit .....	7
Abbildung 4: Monatlicher Energieverbrauch 2010 bis 2012 .....	13
Abbildung 5: Jährlicher Energieverbrauch 2010 bis 2012 .....	14
Abbildung 6: Zusammensetzung der Stromkosten 2012 .....	15
Abbildung 7: Elektrische Maximalleistung pro Monat .....	18
Abbildung 8: Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung .....	21
Abbildung 9: Monatlicher Stromverbrauch 2010 bis 2012 .....	24
Abbildung 10: Schema der Erdgasverwendung.....	29
Abbildung 11: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 1 und 2 von 2010 bis 2012 .....	29
Abbildung 12: Energie- und Kostenverteilung nach Energieträger 2012 .....	30
Abbildung 13: Erdgasverbrauch von Sa. 18 bis So. 3 Uhr, vor und nach der Optimierung am 18.02.2013.....	41
Abbildung 14: Schema der Dampfverwendung .....	42
Abbildung 15: Energieaufteilung Dampfkessel .....	49
Abbildung 16: Energiebedarf nach Verwendungszweck.....	89
Abbildung 17: Anteil am gesamten Energiebedarf nach Verwendungszweck .....	89
Abbildung 18: Energiekosten nach Verwendungszweck .....	90
Abbildung 19: Kostenverteilung nach Verwendungszweck .....	90
Abbildung 20: Energieflussdiagramm 2012 .....	92
Abbildung 21: Halbjahreslastprofil 2012 .....	101
Abbildung 22: Wochenlastprofil mit höchster Leistung im Jahr 2012.....	140
Abbildung 23; Wochenlastprofil mit höchster Leistung im Dezember 2012 .....	140
Abbildung 24: Monatslastprofil Oktober 2012.....	141
Abbildung 25: Monatslastprofil November 2012 .....	141

---

Abbildung 26: Monatslastprofil Dezember 2012 .....	141
Abbildung 27: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 1 .....	143
Abbildung 28: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 2 .....	143
Abbildung 29: Jahreslastprofilwerte Erdgas 2012.....	144
Abbildung 30: Wochenlastprofilwerte Erdgas 15 - 22.09.2012 .....	144
Abbildung 31: Anlagenschema der Thermoölanlage .....	146
Abbildung 32: Schema Warmwasserbereitung - Ladung der Speicher .....	148
Abbildung 33: Schema Warmwasserbereitung - Kleine Entnahme und Ladung.....	148
Abbildung 34: Schema Warmwasserbereitung - Große Entnahme .....	149
Abbildung 35: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Ladung der Speicher .....	149
Abbildung 36: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Kleine Entnahme und Ladung .....	150
Abbildung 37: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Große Entnahme	150

---

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unternehmensdaten Bäckerei Sorger.....	1
Tabelle 2: Netzbereitstellung Strom.....	17
Tabelle 3: Verbrauch und Kosten von Blindarbeit seit 2010 .....	19
Tabelle 4: Netztarife in der Ebene 6 laut Stromnetz Graz GmbH & Co KG (Netto Preise) .....	22
Tabelle 5: Jährlicher Stromverbrauch, -leistung und -kosten sowie Blindarbeitskosten 2010 bis 2012.....	24
Tabelle 6: Übersicht Strom 2012 .....	24
Tabelle 7: Übersicht Gaszähler .....	28
Tabelle 8: Zusammenfassung Energiebezug, Kosten und Preis 2012 .....	30
Tabelle 9: Technische Daten des Heizkessels und der Warmwasserbereitung .....	32
Tabelle 10: Betriebsstunden des Heizkessels .....	32
Tabelle 11: Leistung und Wirkungsgrad des Heizkessels .....	34
Tabelle 12: Energieverbrauch und Nutzenergieinhalt nach Verwendungsart.....	37
Tabelle 13: Technische Daten der Thermoölanlage .....	38
Tabelle 14: Wirkungsgrade der Thermoölkessel .....	39
Tabelle 15: Technische Daten Dampfkessel .....	43
Tabelle 16: Dampfkessel Durchflussmessung.....	44
Tabelle 17: Zustandsgrößen Wasser und Wasserdampf.....	46
Tabelle 18: Betriebsstunden des Dampfkessels.....	46
Tabelle 19: Zusammenfassung Dampfverluste .....	49
Tabelle 20: Verbundanlagen.....	50
Tabelle 21: Laufstunden und Energieverbrauch Schocker Neu „groß“ im Messzeitraum .....	53
Tabelle 22: Betriebsdaten der Kompressoren Schocker Neu „groß“ .....	54
Tabelle 23: Energieverbrauch Schocker Neu „groß“ .....	55
Tabelle 24: Zusammenfassung Schocker 2 „Alt“ .....	56
Tabelle 25: Laufstunden und Energieverbrauch TK Hochregallager im Messzeitraum ..	57

Tabelle 26: Laufdaten der Kompressoren TK Hochregallager.....	58
Tabelle 27: Betriebsdaten und Energieverbrauch TK 1 und 2.....	59
Tabelle 28: Laufstunden und Lastanteile Gärverzögerer Verbund.....	60
Tabelle 29: Laufstunden und Lastanteile TK Verbund.....	61
Tabelle 30: Zusammenfassung Kleinanlagen.....	63
Tabelle 31: Zusammenfassung Kälteanlagen.....	64
Tabelle 32 : Kompressordaten 2012.....	66
Tabelle 33: Messdaten SK19.....	67
Tabelle 34: Betriebsdaten der Druckluftanlage im Jahr 2012.....	67
Tabelle 35: Energieersparnis durch neuen Druckluftkompressor.....	68
Tabelle 36: Druckluft-Leckageverluste.....	70
Tabelle 37: Energieumwandlung, -verteilung und -speicherung.....	71
Tabelle 38: Daten Monsun 1 bis 6.....	73
Tabelle 39: Daten der Transportkisten.....	78
Tabelle 40: Kosten der Kistenwaschanlage.....	79
Tabelle 41: Durchschnittlicher Wasserverbrauch außerhalb der Knödelbrotproduktionszeiten.....	81
Tabelle 42: Mehrverbrauch des Dampfkessels im Beobachtungszeitraum 19. bis 29.11.2012.....	82
Tabelle 43: Mehrverbrauch des Dampfkessels im Beobachtungszeitraum 02. bis 11.01.2013.....	82
Tabelle 44: Prozesswärme und Verluste.....	83
Tabelle 45: Einteilung der Kühlräume.....	84
Tabelle 46: mögliche Einsparung der empfohlenen Maßnahmen.....	112
Tabelle 47: Blindarbeit und -kosten 2010 bis 2012.....	114
Tabelle 48: Rückerstatte Kosten für Erdgasminderleistung seit Juli 2009.....	120
Tabelle 49: jährliche Kostenersparnis der bereits umgesetzten Maßnahmen.....	122
Tabelle 50: Maschinenliste Erdgeschoß.....	139
Tabelle 51: elektrische Leistungsüberschreitungen 2012.....	142
Tabelle 52: Technische Daten der Thermoölanlage.....	145

Tabelle 53: Protokoll Wasserzähler und Betriebsstunden Dampfkessel.....	152
Tabelle 54: Schocker Neu Auslesewerte.....	152
Tabelle 55: Tiefkühlraum Hochregallager: Eingabewerte Bitzer Software.....	152
Tabelle 56: Tiefkühlraum Hochregallager Auslesewerte .....	152
Tabelle 57:Tiefkühlräume 1 und 2: Eingabewerte Bitzer Software .....	153
Tabelle 58: Tiefkühlräume 1 und 2: Auslesewerte.....	153
Tabelle 59:Gärverzögerer Verbundanlage: Eingabewerte Bitzer Software .....	153
Tabelle 60: Gärverzögerer Verbundanlage: Auslesewerte .....	153
Tabelle 61: TK Verbund: Auslesewerte .....	153
Tabelle 62: Übersicht der Kälteanlagen und der versorgten Räume .....	155
Tabelle 63: Erhebung der Komponenten und Verschaltung der Verbundanlagen.....	156
Tabelle 64 Betriebsdaten Druckluft 2011.....	157
Tabelle 65: Betriebsdaten Druckluft seit 10.Juli 2012.....	157
Tabelle 66: Messdaten SK 19 am 30.01.2013.....	157
Tabelle 67: Last- und Leerlaufanteil SK 19.....	158
Tabelle 68: Messdaten Leckagemessung 26.01.2013 .....	158
Tabelle 69: Messdaten Leckagemessung 02.02.2013 .....	158
Tabelle 70: elektrische Nennleistung der Kistenwaschanlage.....	159
Tabelle 71: Energieverbrauch der Betriebsbeleuchtung.....	160

## 11 Abkürzungsverzeichnis

BGZ .....	Balgengaszähler
BlindLK .....	Blindleistungskompensation
BlindLKA.....	Blindleistungskompensationsanlage
DKZ .....	Drehkolbenzähler
DL.....	Druckluft
EEX .....	European Energy Exchange
EnMS.....	Energiemanagementsystem
GSNE-VO.....	Gas-Systemnutzungsentgelte-Verordnung
GU .....	Gärunterbrechung
HT .....	Hochtarif
KVG .....	Konventionelles Vorschaltgerät
NNE.....	Netznutzungsentgelt
NT .....	Niedertarif
NVE .....	Netzverlustentgelt
ÖSG .....	Ökostromförderbeitragsverordnung
SHT .....	Sommer Hochtarif
SNE-VO.....	Systemnutzungsentgelt - Verordnung
WHT .....	Winter Hochtarif
WRG .....	Wärmerückgewinnung



---

## Anhang

1	Maschinenliste laut Layoutplan .....	138
2	Strombezug.....	140
2.1	Wochen- und Monatslastprofile.....	140
3	Erdgasbezug.....	143
4	Thermoölanlage .....	145
4.1	Lineares Interpolieren .....	147
5	Schema Warmwasserbereitung .....	148
5.1	Betriebszustände der Warmwasserbereitung IST Zustand.....	148
5.2	Betriebszustände der Warmwasserbereitung nach dem Umbau .....	149
6	Dampfkessel .....	151
7	Daten Kühlanlagen.....	152
7.1	Schocker NEU .....	152
7.2	Tiefkühlraum Hochregallager .....	152
7.3	Tiefkühlräume 1 und 2 .....	153
7.4	Gärverzögerer Verbundanlage.....	153
7.5	Tiefkühlverbund .....	153
7.6	Übersicht der Kälteanlagen und der versorgten Kälteräume.....	154
7.7	Komponenten und Verschaltung.....	156
8	Daten Druckluft .....	157
9	Daten Kistenwaschanlage.....	159
10	Beleuchtung .....	160

## 1 Maschinenliste laut Layoutplan

Nr.	Projekt	Hersteller	Typ	BJ
1	Thermoöl Heizkessel	Daub	KO 250	1989
2	Silo Waage mit Staubabsaugung	AT-Hefele		
3	Hebekipper Kemper 2	Kemper	HK150	
4	Kemper 2	Kemper	Imperator II MR	2001
5	Rundwirker Kemper 2	Kemper		
6	Hebekipper	Kemper	HK150	
7	Kemper 1	Kemper	Imperator 2	2002
8	Monsun 1	Debag	Modul	1985
9	Monsun 2	Debag	Modul	1985
10	Monsun 3	Debag	Modul	1985
11	Monsun 4	Debag	Monsun 573	1982
12	Monsun 5	Debag	Monsun 573	1976
13	Daub Thermoroll 1	Daub	RDTO SX02	1997
14	Daub Thermoroll 2	Daub	RDTO SX	1996
15	Daub Thermoroll 3	Daub	RDTO 10.12.5.10SX	1996
16	Semmelzählanlage mit Verpackung	AMAS		
17	Silozellen			
18	Knetter 2 König	Celba	K50 4.03/902/00	2004
19	Knetter 3 König	Celba		2004
20	König 2	König	Rex Industrie	
21		König	KGV	
22	Hebekipper	König	K1100/3000S-L	2001
23	König 1	König	Rex Industrie	
24	Brötchenanlage	König	KGV IV	2001
25	Brötchenanlage	König	KGN II	2001
26	Servomat	König	2BW	2001
27	Daub Durchlaufofen	Daub		
28	Palettenwickler	Villis		2001
29	Wassermischgerät	HB	hb 100 automatik	
30	Crasheisanlage	Hoshizaki	FM-470 ALFEN	
31	Mehlsiloanlage	Hermann Brandt	100 kg	1973
32	Knetter 1 Erka	Erka	SVZ 250	
33	Rex	König	REX T4SPR	1992
34	Aromastückbrüher	Isernhäger		2005
35	Langroller	Erka	KSM	
36	Gärraum	Lillnord	PG100	
37	König03	König	Roto Passat 980/N	
38	König04	König		
39	König05	König		
40	Kühlraum			
41	Blechputzmaschine	Tassold	Integer	2001
42	Förderband			

Nr.	Projekt	Hersteller	Typ	BJ
43	Gärschrank Durchlauf	Bongard	RTM 6	1987
44	Rundwirker	WP	KRW	1973
45	Consul Auswieger	Kemper	Consul ET	
46	Weissbrotanlage			
47	Knetter 5 Gabelspirale	VMI	2230 MAL	1996
48	Heferührgerät	Thörmer	Hefeboy	1983
49	Wickelmaschine	Mandl		
50	Kühlraum			
51	Gärunterbrecher 4&5			
52	Gärunterbrecher 1&2			
53	Gärunterbrecher 3			
54	Sprühkabine			
55	König02	König	Passat	
56	Gärraum alt			
57	König01	König	Passat RO18	
58	Kesselraum			
59	Kesselraum			
60	Schocker alt			
61	Schocker neu			
62	Brotverpackungsmaschine	Waldys S.A.	33	1998
63	Drucker Digi	DIGI	HC-3600E	
64	Verpackungsmaschine	PFM	Falcon	1994
65	Drehbank Werkstätte	OMAP	Alpin 2000	
66	Ständerbohrmaschine Werkstätte			
67	Kühlraum TK			
68	Kühlraum			
69	Gebindewaschmaschine			
70	Laugenmaschine	Riehle	Belma 84	
16a	Förderband zur Zählmaschine	VEP	1459	2000
L1	Aufzug Jakl			
L2	Aufzug Thyssen			1989

Tabelle 50: Maschinenliste Erdgeschoß<sup>114</sup><sup>114</sup> laut Mitarbeiter der betriebsinternen Werkstätte

## 2 Strombezug

### 2.1 Wochen- und Monatslastprofile

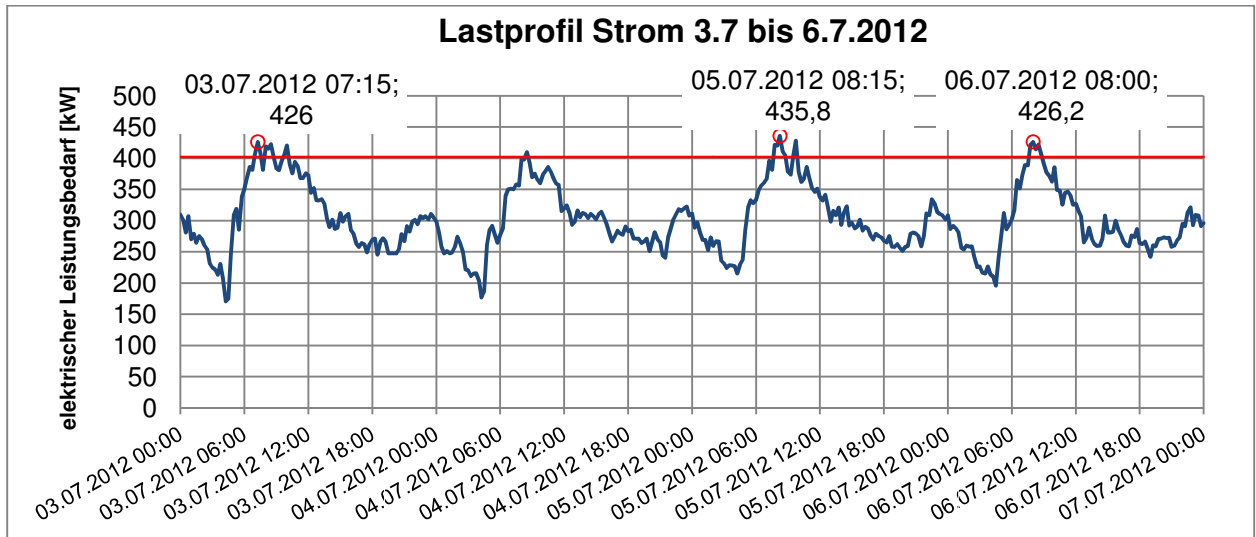


Abbildung 22: Wochenlastprofil mit höchster Leistung im Jahr 2012

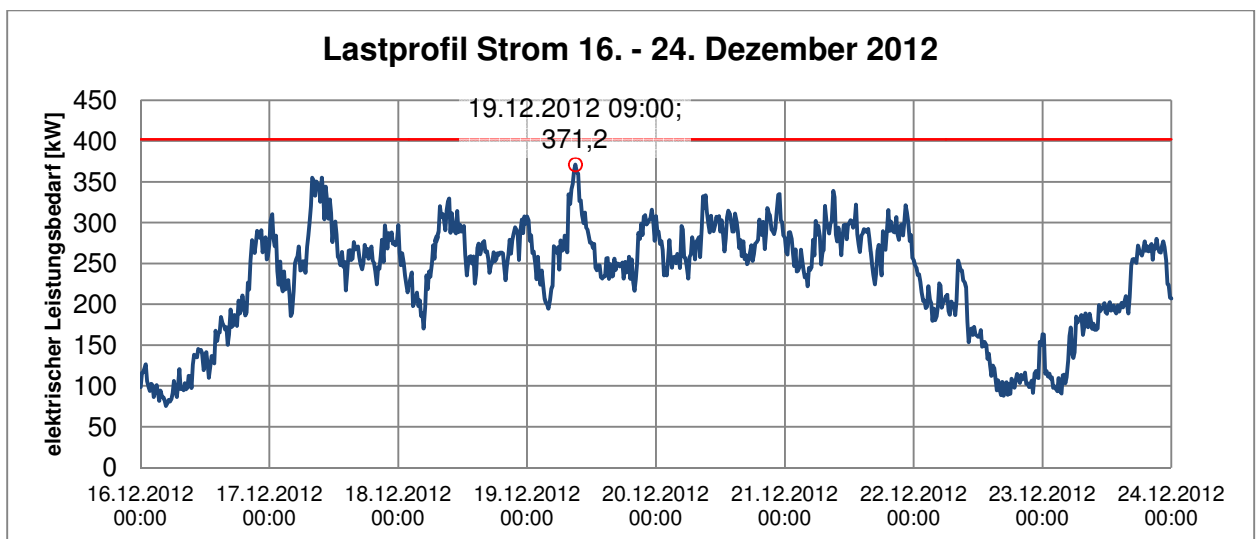


Abbildung 23; Wochenlastprofil mit höchster Leistung im Dezember 2012

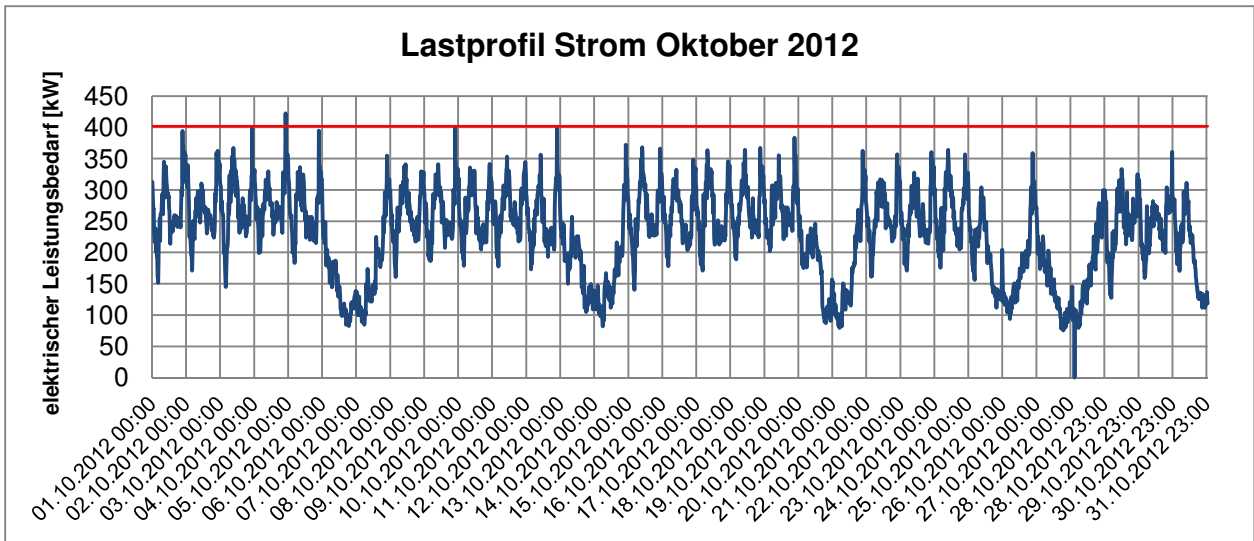


Abbildung 24: Monatslastprofil Oktober 2012

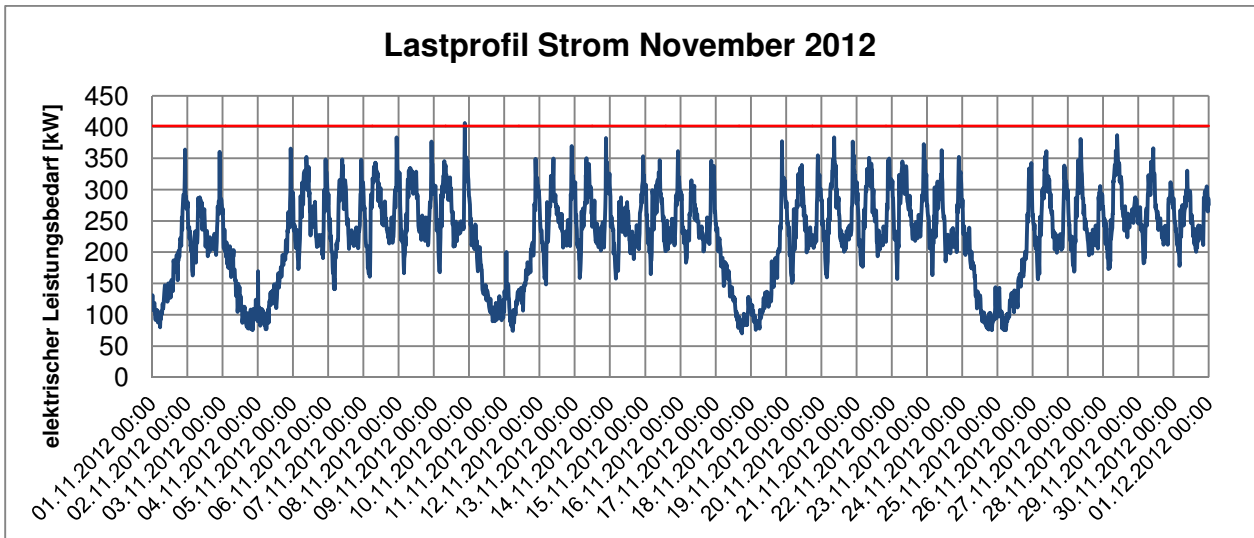


Abbildung 25: Monatslastprofil November 2012

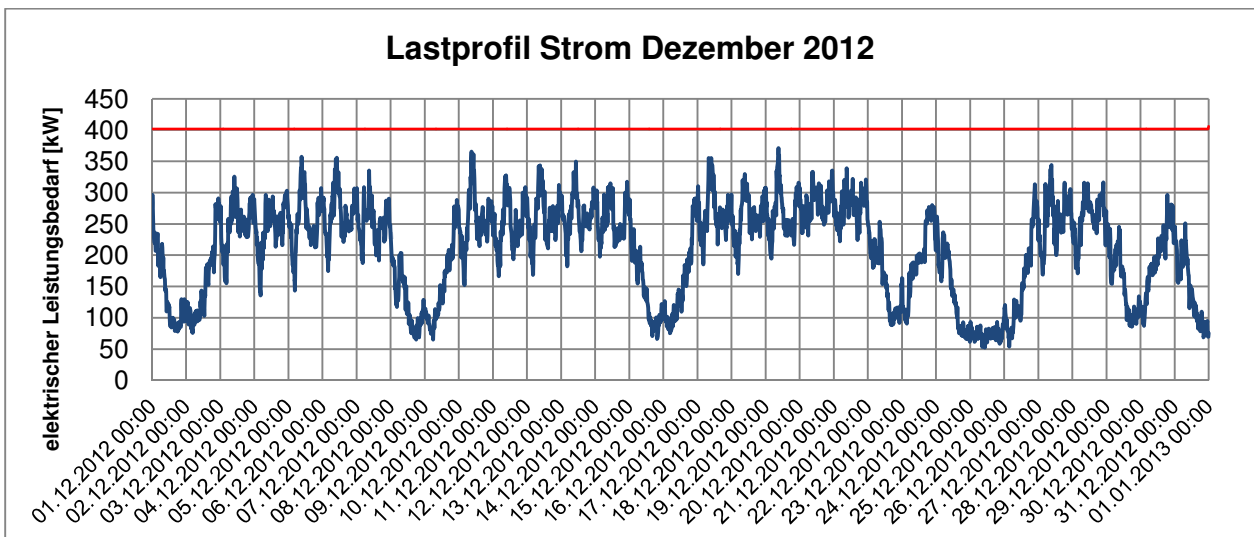


Abbildung 26: Monatslastprofil Dezember 2012

Datum/Zeit	Wochentag	Leistung [kWh]
05.07.2012 08:15	Donnerstag	435,8
05.07.2012 09:45	Donnerstag	428,0
06.07.2012 08:00	Freitag	426,2
13.03.2012 09:30	Dienstag	426,0
03.07.2012 07:15	Dienstag	426,0
27.09.2012 23:15	Donnerstag	423,8
04.10.2012 22:15	Donnerstag	422,4
03.07.2012 08:30	Dienstag	422,2
06.07.2012 07:45	Freitag	421,8
06.07.2012 08:30	Freitag	421,8
05.07.2012 07:45	Donnerstag	421,6
05.07.2012 08:00	Donnerstag	420,4
03.07.2012 10:00	Dienstag	420,2
03.07.2012 08:00	Dienstag	418,6
29.08.2012 08:15	Mittwoch	416,4
03.07.2012 08:15	Dienstag	415,2
06.07.2012 08:15	Freitag	414,4
29.08.2012 08:00	Mittwoch	414,2
03.09.2012 08:15	Montag	413,6
03.09.2012 09:30	Montag	412,2
27.08.2012 08:15	Montag	412,0
05.07.2012 08:30	Donnerstag	410,8
23.05.2012 09:45	Mittwoch	409,6
04.07.2012 08:30	Mittwoch	409,6
03.07.2012 07:30	Dienstag	408,4
06.07.2012 08:45	Freitag	407,8
03.07.2012 07:00	Dienstag	406,4
09.11.2012 21:00	Freitag	406,2
03.07.2012 09:45	Dienstag	405,6
05.07.2012 08:45	Donnerstag	404,6
05.07.2012 09:30	Donnerstag	404,2
28.03.2012 08:30	Mittwoch	403,6
04.06.2012 07:15	Montag	402,6

Tabelle 51: elektrische Leistungsüberschreitungen 2012

### 3 Erdgasbezug

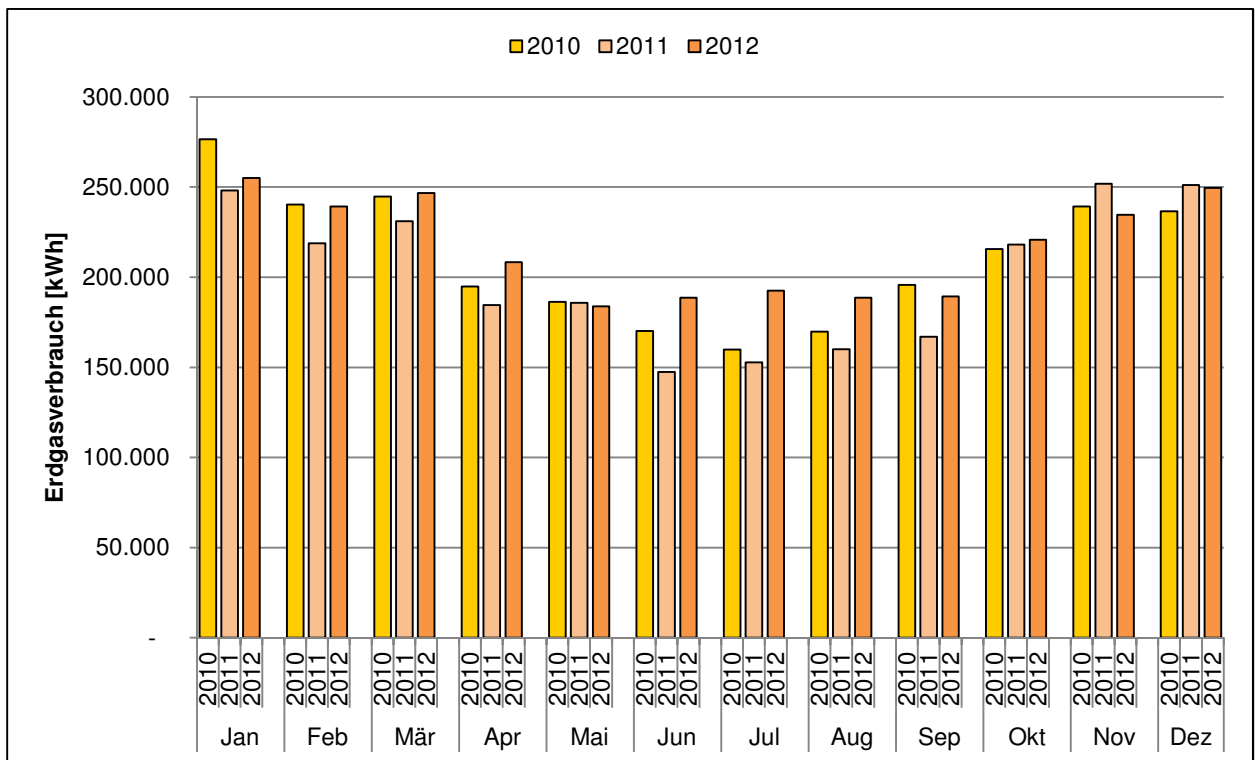


Abbildung 27: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 1

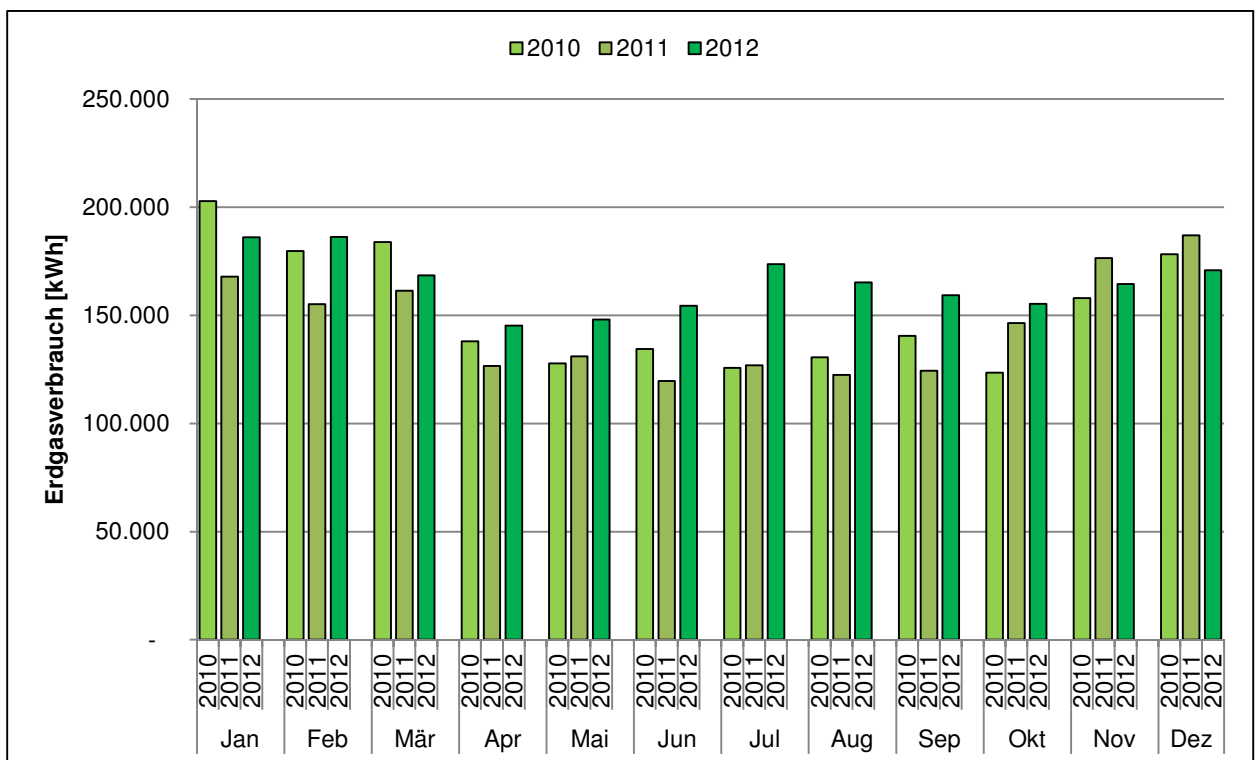


Abbildung 28: Monatlicher Erdgasverbrauch an Erdgasleitung 2

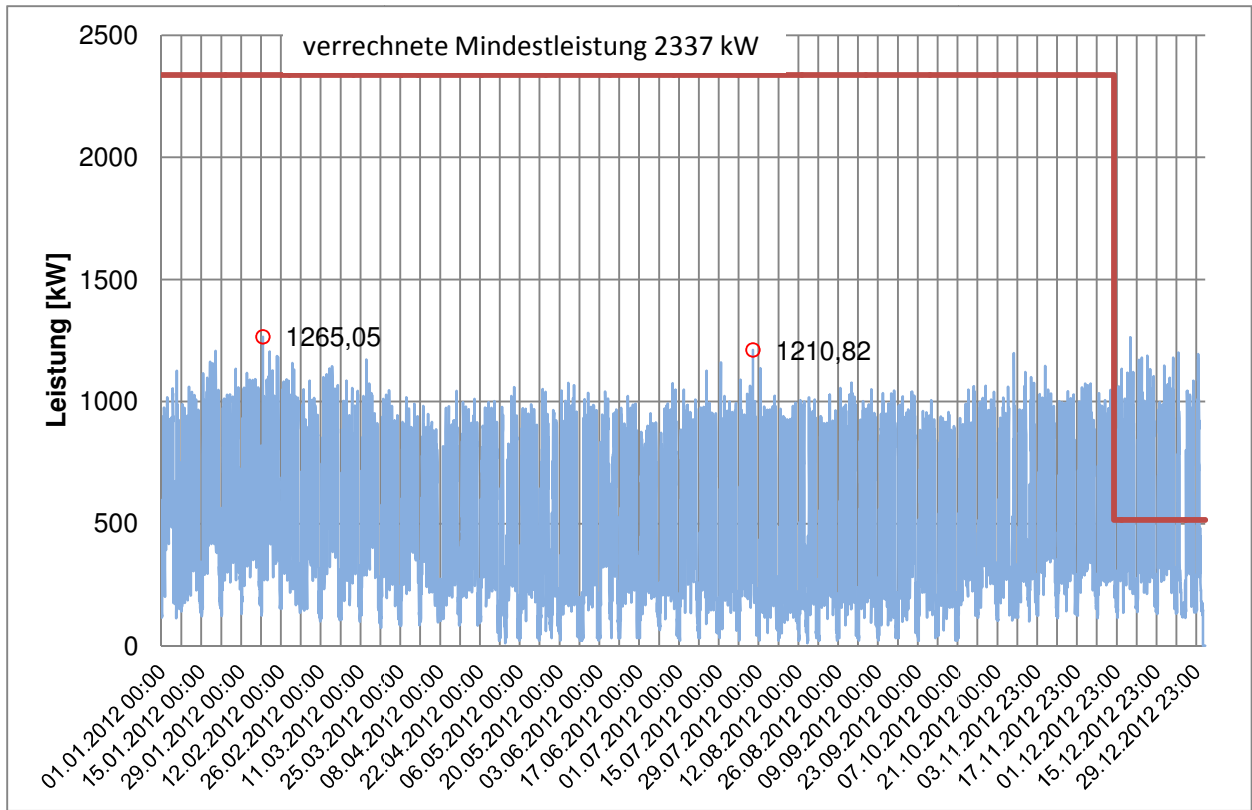


Abbildung 29: Jahreslastprofilwerte Erdgas 2012

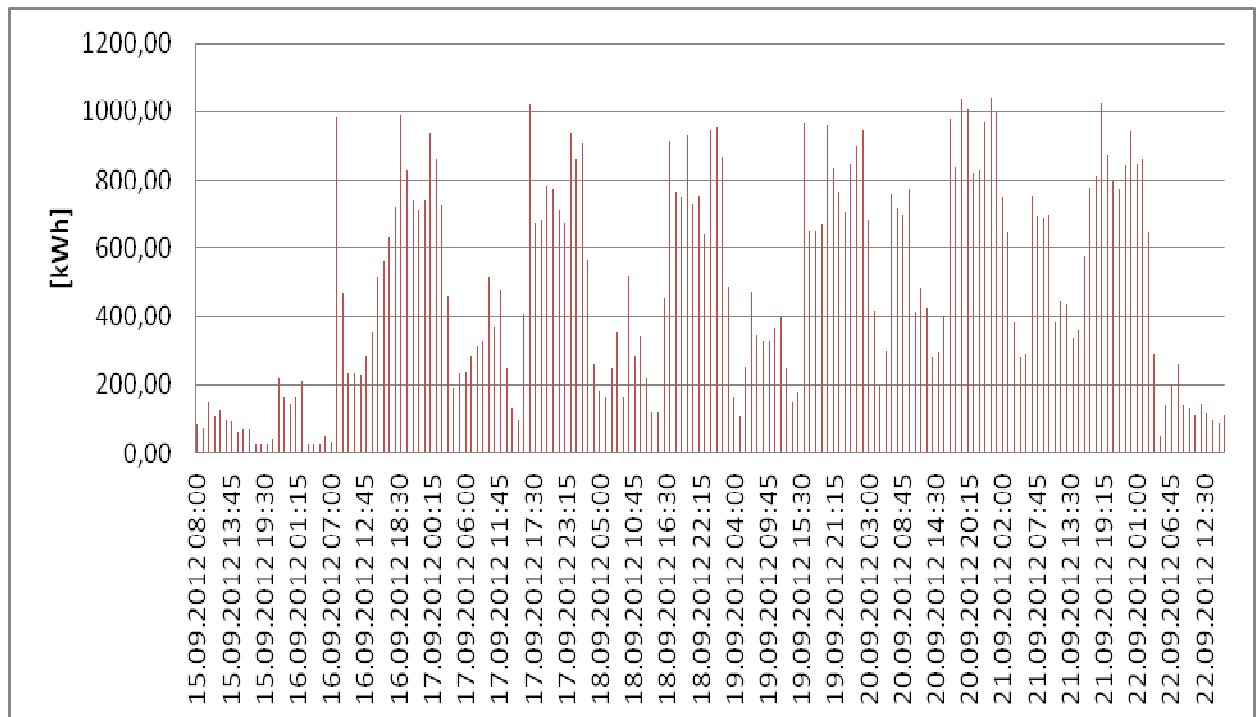


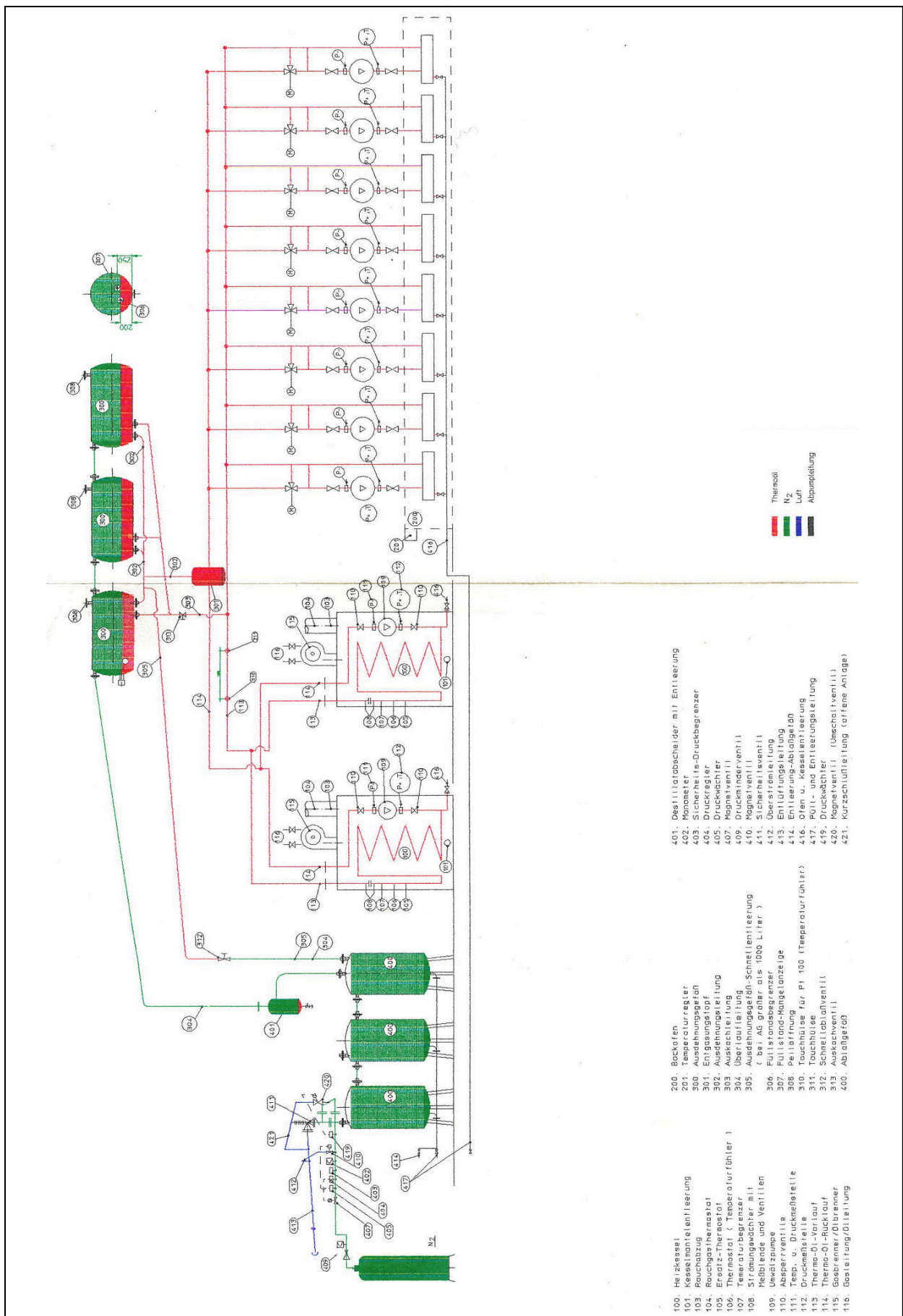
Abbildung 30: Wochenlastprofilwerte Erdgas 15 - 22.09.2012



## 4 Thermoölanlage

<b>Ersteller der Anlage</b>	Franz Daub u. Söhne GmbH u Co. Postfach 54 05 30 D 22505 Hamburg
	Wärmeübertragungsanlage nach DIN 4750
<b>Gesamtleistung der Anlage</b>	930 kW
<b>Wärmeträger Bezeichnung</b>	DEACAL HT22
<b>Hersteller / Lieferer</b>	DEA
<b>Füllvolumen</b>	3550 Liter
<b>zul. Vorlauftemperatur</b>	300 °C
<b>Erhitzer:</b>	WTÖ 400 D
<b>Hersteller / Lieferer</b>	Hoch Temperatur Technik GmbH, 4900 Herford
<b>Anzahl der Erhitzer</b>	2
<b>Baujahr</b>	1992
<b>zul. Betriebsdruck</b>	10 bar
<b>zul. Betriebstemperatur</b>	300 °C
<b>Inhalt</b>	je 355 Liter
<b>Leistung</b>	je 465 kW
<b>Mindestvolumenstrom</b>	18 m³/h
<b>Wärmeverbraucher</b>	Backofen CATO 20.90.5
<b>Hersteller</b>	Franz Daub & Söhne
<b>Baujahr</b>	1989 / 1993

Tabelle 52: Technische Daten der Thermoölanlage



- 100. Heizkessel
- 101. Kesselmanilleentleerung
- 103. Rauchabzug
- 104. Rauchgas-Thermostat
- 105. Ersatz-Thermostat
- 106. Thermostat (Temperaturfühler 1)
- 107. Temperaturbegrenzer
- 108. Stromwächter mit Relais und Ventilen
- 109. Umwälzpumpe
- 110. Gegen-Druckmehlfelle
- 111. Druckmehlfelle
- 112. Druckmehlfelle
- 113. Thermo-01-Vorlauf
- 114. Thermo-01-Rücklauf
- 115. Gasbrenner/Düsenbrenner
- 116. Gasleitung/Düsenleitung
- 200. Backofen
- 201. Temperaturregler
- 300. Ausdehnungsgefäß
- 301. Entgasungstopf
- 302. Ausdehnungsentleerung
- 303. Auskachtiering
- 304. Überlaufleitung
- 305. Ausdehnungsgefäß-Schnellentleerung; 1000 Liter
- 306. Füllstrich-Mangelanzeige
- 307. Füllstrich-Mangelanzeige
- 308. Peilöffnung
- 310. Tauchhölse für Pt 100 (Temperaturfühler)
- 311. Tauchhölse
- 312. Schnellablaufventil
- 313. Auskachtventil
- 400. Ablaugefäß
- 401. Destillatabscheider mit Entleerung
- 402. Manometer
- 403. Sicherheits-Druckbegrenzer
- 404. Druckregler
- 405. Druckwächter
- 407. Magnetventil
- 409. Druckminderventil
- 410. Magnetventil
- 411. Sicherheitsventil
- 412. Überströmleitung
- 413. Entleerungsleitung
- 414. Entleerungs-Ablaugefäß
- 416. Offen u. Kesselentleerung
- 417. Füll- und Entleerungsleitung
- 419. Druckwächter
- 420. Magnetventil (Umkehrventil)
- 421. Kurzschlußleitung (offene Anlage)

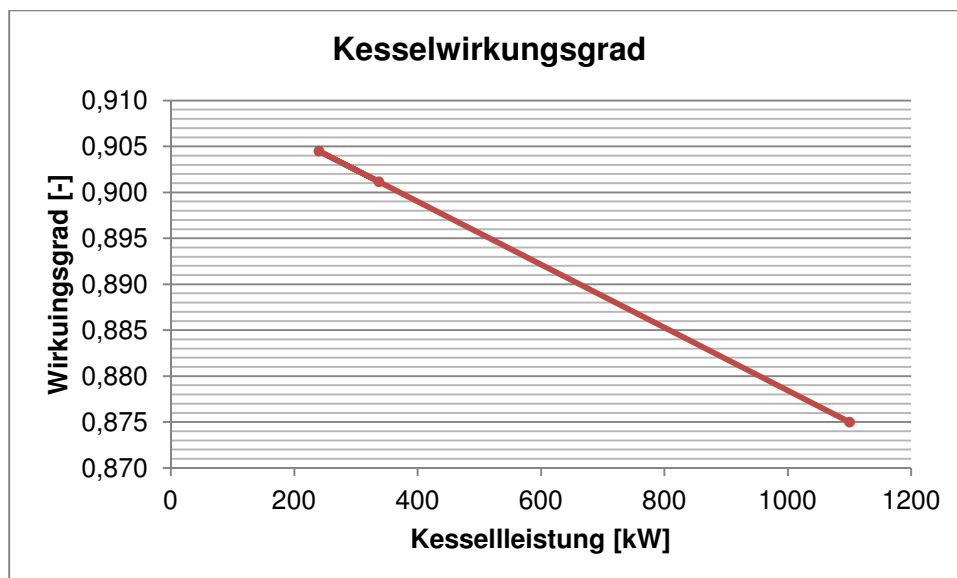
Abbildung 31: Anlagenschema der Thermoölanlage

#### 4.1 Lineares Interpolieren

Lineares Interpolieren am Beispiel des Kesselwirkungsgrades der Thermoölkessel:

	Leistung [kW]	$\eta$ [-]
Min. Last	$P_{\min} = 240$	$\eta_{P_{\min}} = 0,9045$
Max. Last	$P_{\max} = 1100$	$\eta_{P_{\max}} = 0,8750$
Gesuchter Zustand	$P_1 = 337$	$\eta_1 = 0,9012$

$$\eta_1 = \eta_{P_{\max}} + \frac{(P_{\max} - P_1) * (\eta_{P_{\min}} - \eta_{P_{\max}})}{P_{\max} - P_{\min}}$$



## 5 Schema Warmwasserbereitung

### 5.1 Betriebszustände der Warmwasserbereitung IST Zustand

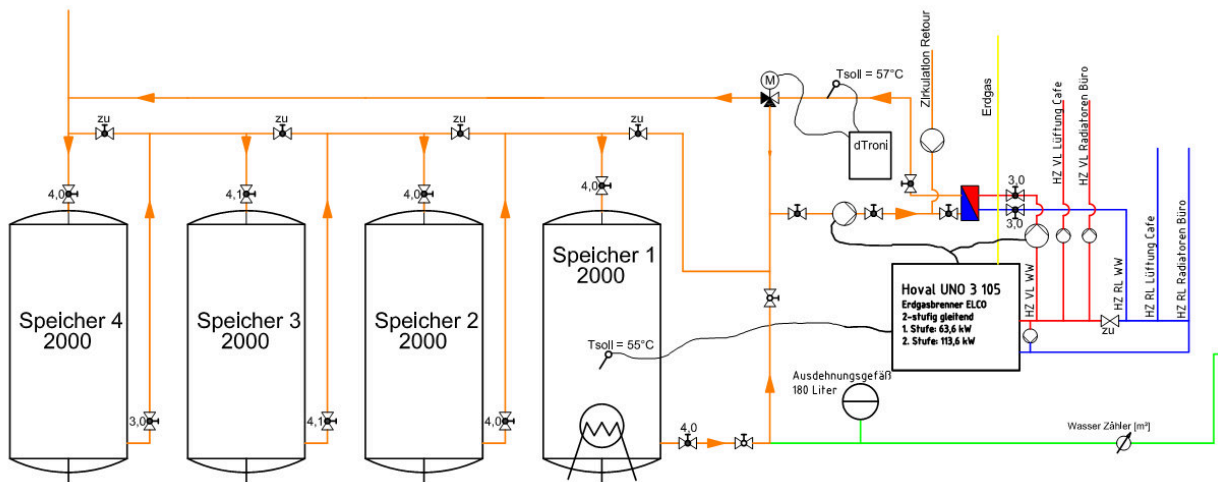


Abbildung 32: Schema Warmwasserbereitung - Ladung der Speicher

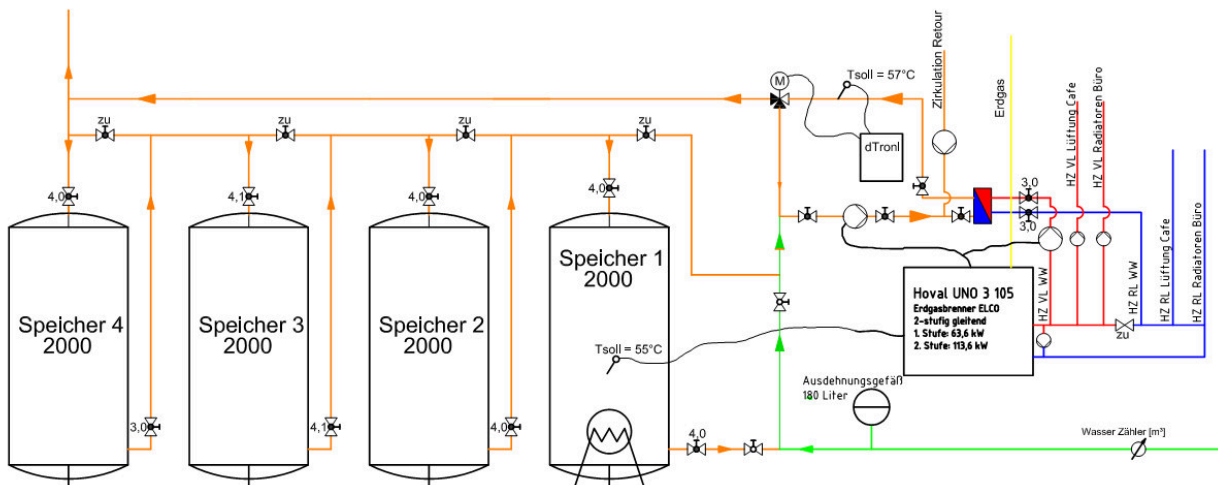


Abbildung 33: Schema Warmwasserbereitung - Kleine Entnahme und Ladung

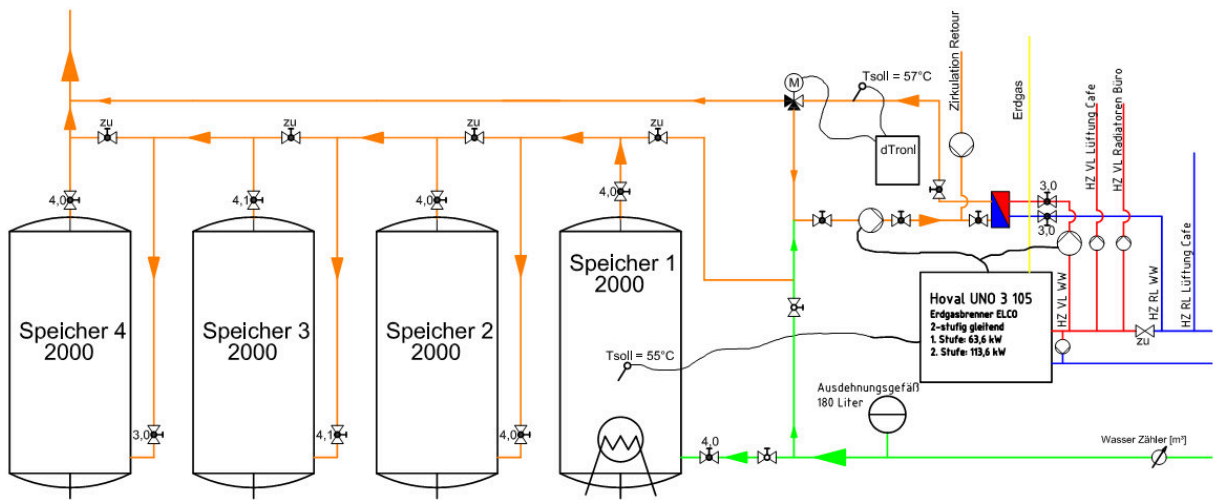


Abbildung 34: Schema Warmwasserbereitung - Große Entnahme

## 5.2 Betriebszustände der Warmwasserbereitung nach dem Umbau

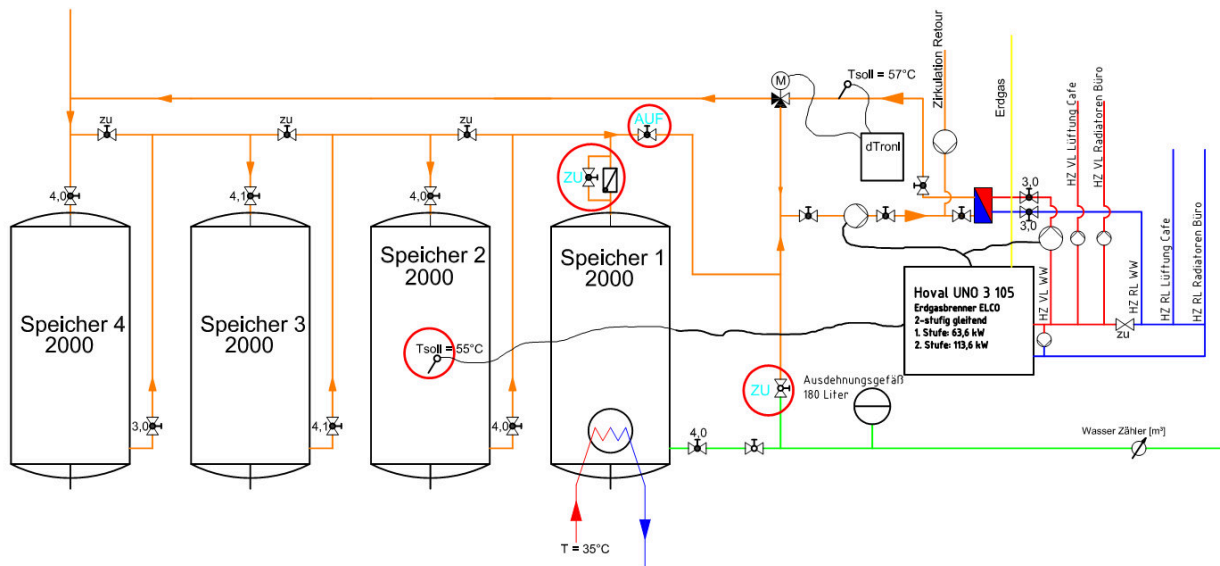


Abbildung 35: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Ladung der Speicher

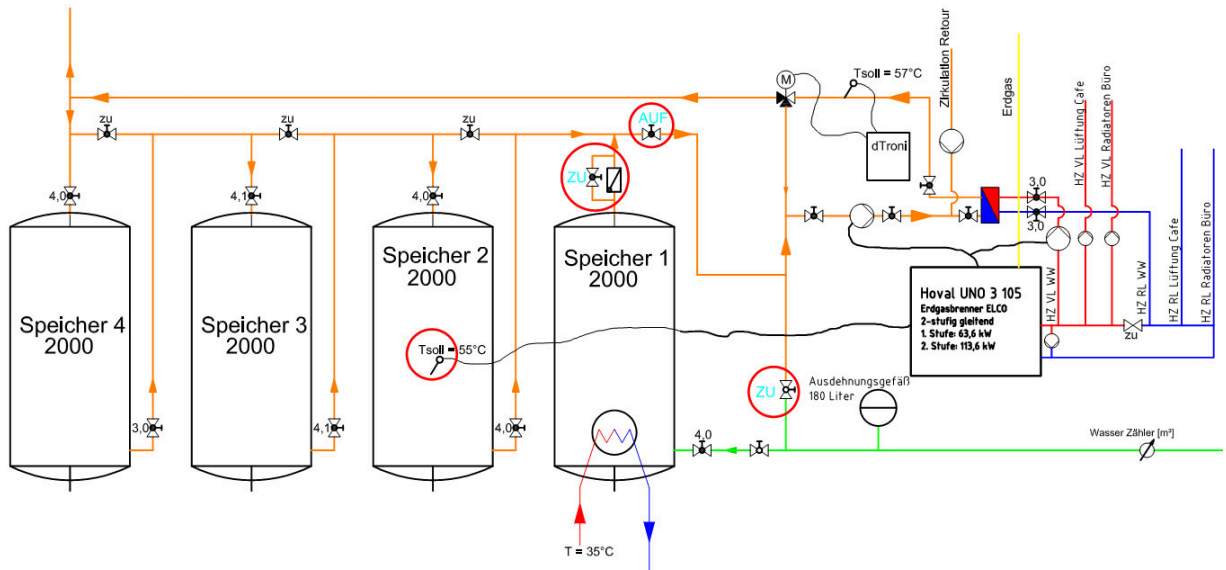


Abbildung 36: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Kleine Entnahme und Ladung

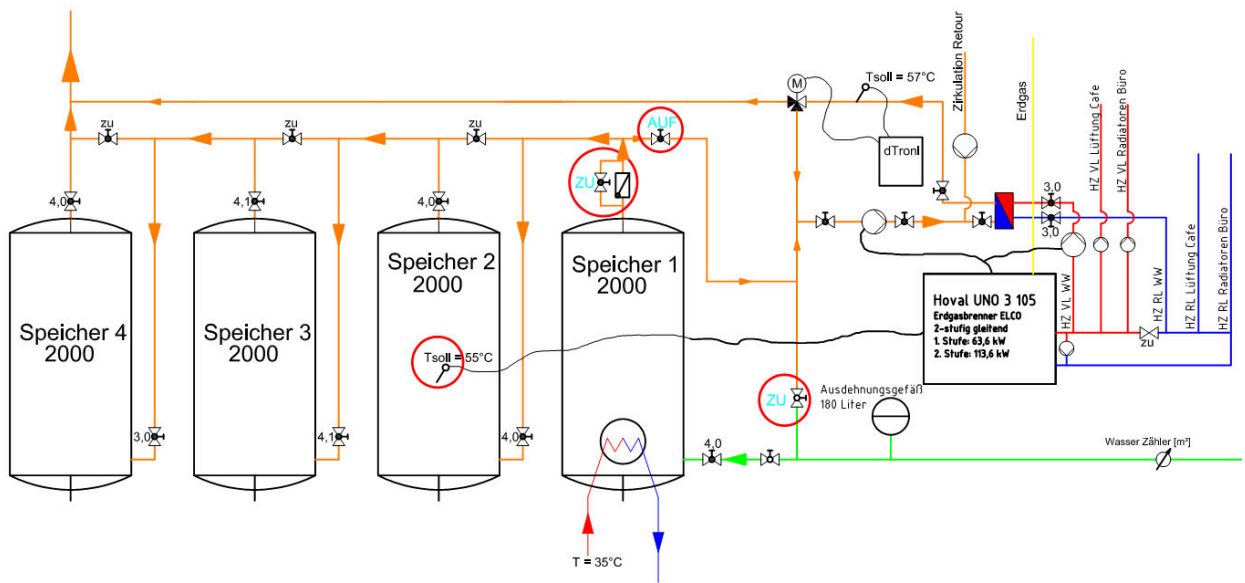


Abbildung 37: Schema Warmwasserbereitung nach dem Umbau - Große Entnahme

## 6 Dampfkessel

Ableседatum	Osmose "Dampfkessel" [m <sup>3</sup> ]	Osmose „König“ [m <sup>3</sup> ]	Betriebsstunden Dampfkessel [h]	Gesamt Dampfkessel [m <sup>3</sup> ]
12.10.2012	15180,000	2426,812		
15.10.2012	15183,243	2428,258		
17.10.2012	15186,348	2430,015		
19.10.2012	15189,300	2431,600		
22.10.2012	15191,910	2433,067		
24.10.2012	15195,600	2434,731		
29.10.2012	15201,515	2437,367		
31.10.2012	15205,061	2439,000		
02.11.2012	15206,800	2439,800		
05.11.2012	15210,300	2441,300		
07.11.2012	15212,700	2443,100		
08.11.2012	15218,065	2444,070	36195,000	1,346
09.11.2012	15221,986	2445,056	36211,600	8,176
12.11.2012	15227,366	2446,550	36246,970	20,920
14.11.2012	15230,100	2447,900	36269,830	28,270
16.11.2012	15233,000	2449,500	36294,070	35,830
19.11.2012	15236,500	2450,000	36238,020	45,770
21.11.2012	15240,800	2452,500	36356,750	56,380
22.11.2012	15243,400	2454,100	36368,490	61,210
23.11.2012	15247,511	2454,183	36386,540	68,324
26.11.2012	15249,700	2454,700	36418,560	77,470
27.11.2012	15253,400	2455,600	36433,290	84,000
28.11.2012	15254,700	2457,300	36446,520	87,570
29.11.2012	15257,120	2458,000	36457,910	92,020
30.11.2012	15258,690	2458,900	36469,990	94,840
03.12.2012	15262,290	2460,600	36504,200	106,710
04.12.2012	15263,830	2461,300	36516,580	109,760
07.12.2012	15268,630	2464,000	36554,930	123,260
10.12.2012	15272,070	2465,400	36590,420	134,620
11.12.2012	15273,690	2466,200	36602,970	137,700
12.12.2012	15275,130	2467,100	36615,640	142,820
13.12.2012	15276,700	2468,260	36629,430	147,330
17.12.2012	15282,200	2471,170	36677,300	163,060
18.12.2012	15283,600	2472,000	36689,910	167,280
21.12.2012	15288,600	2475,180	36728,700	180,150
24.12.2012	15292,500	2478,030	36764,720	191,760
27.12.2012	15294,900	2478,870	36796,290	201,710
28.12.2012	15296,500	2479,740	36809,260	206,040
31.12.2012	15300,600	2482,420	36845,260	217,790
02.01.2013	15302,500	2483,250	36867,860	224,910
03.01.2013	15306,500	2484,190	36884,780	231,900
04.01.2013	15308,300	2484,970	36898,360	236,580
07.01.2013	15316,100	2486,580	36940,680	252,460
09.01.2013	15319,700	2488,140	36966,280	260,830
10.01.2013	15323,700	2489,000	36982,920	267,540
11.01.2013	15327,700	2490,020	36999,760	274,280
14.01.2013	15333,600	2491,490	37038,340	287,720

Ableседatum	Osmose "Dampfkessel" [m³]	Osmose „König“ [m³]	Betriebsstunden Dampfkessel [h]	Gesamt Dampfkessel [m³]
15.01.2013	15335,100	2492,200	37050,880	291,710
16.01.2013	15336,500	2492,900	37063,280	295,680
17.01.2013	15338,000	2493,650	37075,890	299,760
18.01.2013	15339,500	2494,520	37088,460	303,840
21.01.2013	15343,000	2496,120	37123,680	315,070

Tabelle 53: Protokoll Wasserzähler und Betriebsstunden Dampfkessel

## 7 Daten Kühlanlagen

### 7.1 Schocker NEU

Datum	Uhrzeit	Betriebsstunden- zähler K 1 [h]	Energiezähler K 2 [kWh]	Betriebsstunden- zähler K2 [kWh]
23.01.2013	11:00	20.289,6	538.066,0	33.852,6
06.02.2013	08:00	20.342,4	539.468,0	33.939,2

Tabelle 54: Schocker Neu Auslesewerte

### 7.2 Tiefkühlraum Hochregallager

<b>Bauart</b>	Halbhermetischer Hubkolbenverdichter
<b>Verdichtertyp</b>	4V-6.2 Y
<b>Kältemittel</b>	R404 A
<b>Verdampfertemperatur [°C]</b>	-35
<b>Verflüssigertemperatur [°C]</b>	45

Tabelle 55: Tiefkühlraum Hochregallager: Eingabewerte Bitzer Software

Auslesedatum	24.01.2013	06.02.2013
<b>Energiemengenzählerstand [kWh]</b>	55.824,0	59.558,0
<b>Betriebsstundenzählerstand K1 [h]</b>	58.491,9	58.718,2
<b>Betriebsstundenzählerstand K2 [h]</b>	52.608,1	52.786,7
<b>Betriebsstundenzählerstand K3 [h]</b>	61.209,9	61.415,5

Tabelle 56: Tiefkühlraum Hochregallager Auslesewerte



### 7.3 Tiefkühlräume 1 und 2

<b>Bauart</b>	Halbhermetischer Hubkolbenverdichter
<b>Verdichtertyp</b>	4NCS-12.2 Y - 40P
<b>Kältemittel</b>	R404 A
<b>Verdampfertemperatur [°C]</b>	-35
<b>Verflüssigertemperatur [°C]</b>	45

Tabelle 57:Tiefkühlräume 1 und 2: Eingabewerte Bitzer Software

<b>Datum</b>	<b>Uhrzeit</b>	<b>Betriebsstundenzähler [h]</b>
23.01.2013	14:00	10.956,0
06.02.2013	08:00	11.109,0

Tabelle 58: Tiefkühlräume 1 und 2: Auslesewerte

### 7.4 Gärverzögerer Verbundanlage

<b>Bauart</b>	Halbhermetischer Hubkolbenverdichter
<b>Verdichtertyp</b>	44H-30.2Y
<b>Kältemittel</b>	R404 A
<b>Verdampfertemperatur [°C]</b>	-35
<b>Verflüssigertemperatur [°C]</b>	45

Tabelle 59:Gärverzögerer Verbundanlage: Eingabewerte Bitzer Software

<b>Auslesedatum</b>	<b>23.01.2013</b>	<b>06.02.2013</b>
Verdichter 1 Gesamtlaufstundenzähler (Relais 1) [h]	38.945,0	39.111,9
Verdichter 1 Volllaststundenzähler (Relais 2) [h]	23.759,0	23.898,8
Verdichter 2 Gesamtlaufstundenzähler (Relais 3) [h]	38.908,0	39.077,4
Verdichter 2 Volllaststundenzähler (Relais 4) [h]	24.446,0	24.585,1

Tabelle 60: Gärverzögerer Verbundanlage: Auslesewerte

### 7.5 Tiefkühlverbund

<b>Auslesedatum</b>	<b>23.01.2013</b>	<b>06.02.2013</b>
Verdichter 1 Gesamtlaufstundenzähler (Relais 1) [h]	44.112	44.275
Verdichter 1 Volllaststundenzähler (Relais 2) [h]	22.294	22.357
Verdichter 2 Gesamtlaufstundenzähler (Relais 3) [h]	44.147	44.297
Verdichter 2 Volllaststundenzähler (Relais 4) [h]	22.491	22.549

Tabelle 61: TK Verbund: Auslesewerte

## 7.6 Übersicht der Kälteanlagen und der versorgten Kälträume

	Bezeichnung Räume	Bezeichnung Kühlaggregat	Soll° C	El. kW	Kälte kW	t <sub>0</sub> °C	t <sub>c</sub> °C		
<b>MR OG 1</b>									
1	TK3 Raum 18 u. KM 1.OG Garstoppz. Feinbäckerei	Bitzer Typ 4FC-3.2Y-40S	-20	2,4	2,22	-35	45	R22	1989
2	TK-Hochregallager (TK-Verbund neu Neubau)	Bitzer 3x 4V-6.2 Y	-20	14,22	13,83	-35	45	R 404A	2005
3	Schocker Neu (Groß), Raum 3, EG		-26	38,6	30,52				
	Verdichter 1	Bitzer 6F - 40.2 Y		16,2	15,26	-40	45	R404a	2001
	Verdichter 2	Bitzer 6F - 40.2 Y		16,2	15,26	-40	45	R404a	2001
4	TK-Expedit Verpackungsraum EG	Bitzer 4T-8.2	4	5,89	18,6	0	45	R134A	2001
5	GU5 Eisvoigt - Raum 7, EG Gärstoppraum	Bitzer LH114/4T-12.2 - Y	0	7,5	13,1	-20	45	R 404A	1999
6	Schocker2 (Alt) - Raum 5 EG Schockkü.	Frigopol Verbund 4xD1000-Type 600	-26	22,1	24,8	-40	45	R22	1991
7	Tiefkühlraum 1 und 2 (TK-Verbund alt )	Bitzer 2x 4NCS-12.2 Y - 40P	-20	12,1	15,24	-35	45	R 404A	2011
	TK-TK1								
	TK-Tk2								
8	TK-Raum6 R&F (Ofeneis/Eisraum)	Bitzer LH104/4TCS - 8.2 Y - 40P	-20	4,6	5,7	-35	45	R 404A	2009
<b>MR OG 2</b>									
9	TK28 Raum 28 2.OG - Lager TK neben Lift	Frigopol D90 750	-20	6,4 ?	7,6 ?	-35	45	R22	1989
10	KR27 Pluskühlraum 27 2.OG - Lager	BOCK AM3	4	3,5	11,75	-10	45	R22	1988
11	TK4 Raum29 1.OG Feinbäckerei	BOCK AM3 / 233 - 4 SL	-20	3,3	3,72	-35	45	R 22	1990
12	Gärverzögerer Verbund	Bitzer 2x 44H-30.2Y		18,24 / 11	22,4 / 11,2	-35	45	R 404A	2003
	GU1		0		12				
	GU2		0		12				
	GU3		-10		12				
	GU4		-10		24				
	Sauerteigraum		25-28		2,4				
	K-Raum 44A1		4		0,6				
13	TK-Verbund	Bitzer 2x 44J-26.2Y	-20	15 / 7,5	18,66 / 9,33	-35	45	R 404A	2003
	1. OG								
	TK8 Feinbäckerei		-20		8,46				
	KR9 Feinbäckerei		4		4,15				
	TK10 Feinbäckerei		-20		4,23				
	2.OG								
	TK32 Krapfenanlage		-20		15,24				
14	KR26 Feinbäckerei NK Raum 26 1.OG	L'Unite TFH 4224F HR	4	1,5	4 (3?)	-10	45	R22	1989
15	TK24 Konditorei Raum 24 1.OG	Bitzer LH64/2CC-3.2Y-40S	-20	2	2,25	-35	45	R 404A	2009
16	KR20 Kalte Küche Raum 20 NK	Maneurop GM22-4-YM	4	1,5	2,6	-10	45	R 22	1989
17	TKR23 Konditorei	L'Unite TFH 4524Z HR	4	1,5	1,5	-35	45	R 404A	2004
18	TK25 Konditorei Raum 25 Kältemaschine 2.OG Lager	Bitzer 2CC-3.2Y-40S Unit: LH64/FS76	-20	2	2,25	-35	45	R 402A	2012
19	TK22 Zentralküche TK Raum 22 1.OG	Maneurop 2x MTZ56ML4	-20	4,076	3,472	-35	45	R 404A	2001
20	KR19 Pluskühlraum 19 Konditorei	Maneurop MT36	4	2,2	4,5	-10	45	R22	1989

	Bezeichnung Räume	Bezeichnung Kühlaggregat	Soll° C	El. kW	Kälte kW	t <sub>o</sub> °C	t <sub>c</sub> °C		
<b>21</b>	<b>Zusatzaggregat zu TK 22</b>	L'UNITE HERMETIQUE TAG2522Z BR						R 404 A	2002
	<b>Lager</b>								
<b>22</b>	<b>Klima WP (Klima 1.OG Konditorei SOC)</b>	<b>YORK SOC</b>	23	20	50	0	45	R 407C	2005
	Wolf GmbH Mainburg, Typ: KG 100, Volumenstrom 8000m³/h ,								
	<b>Raum Krapfenfertigung</b>								
<b>23</b>	<b>KR21 Zentralküche</b>	L'Unite TAJ4511A	4		1,9	-10	45	R 12	1983
	<b>Andere Aufstellorte</b>								
<b>24</b>	<b>Eiswasser Keller</b>	<b>L'Unite TAH4531T</b>	2 (?)	2,2	6	0	45	R22	1989
<b>25</b>	<b>Klima Eisraum Konditorei</b>	<b>Hitachi</b>		1,5	5,2	0	50	R 22	1988

Tabelle 62: Übersicht der Kälteanlagen und der versorgten Räume

## 7.7 Komponenten und Verschaltung

		Hochregalager	Tk 1 und 2	Schocker 2 Alt	Schocker Neu (groß)	Gärverzöger Verbund	TK Verbund
		Bitzer 3x 4V-6.2 Y	Bitzer 2x 4NCS-12.2 Y - 40P	Frigopol Verbund 4xD1000-Type 600	Bitzer 2x 6F - 40.2 Y	Bitzer 2x 44H-30.2Y	Bitzer 2x 44J-26.2Y
<b>Verdichter</b>	Gehäusebauart	Halbhermetisch		Trennhaubenverdichter	Halbhermetisch		
	Regelungsart/ Regelstrategie	Saugdruck		Raumtemperatur (Verdichter 1 / Verdichter 2)	Saugdruck		
<b>Verdampfer</b>	Art der Kühlung	Direkt					
	Verdampfungsverfahren	Trocken					
	Regelungsart	Abschaltung: Soll Raumtemperatur erreicht, Abtaubetrieb					
<b>Verflüssiger</b>	Art der Rückkühlung	Luftgekühlt					
	Regelungsart/ Regelstrategie	Druckgeregelt (Solltemp. = 35°C?), Gestufter Betrieb der Ventilatoren			Drehzahlgeregelte Ventilatoren		
<b>Expansionsventil</b>	Bauart	Thermostatisches, mech. Einspritzventil (hinter Verdampfer soll t = 6K höher sein als Verdampfertemp.		Elektronisches Einspritzventil	Thermostatisches, mech. Einspritzventil		
<b>Flüssigkeitsunterkühlung</b>	z.B. 0K	Nein			Ja		
<b>Sauggasüberhitzung</b>	z.B. 5K	Nein			Ja		

Tabelle 63: Erhebung der Komponenten und Verschaltung der Verbundanlagen

## 8 Daten Druckluft

Kompressor	SK19 „alt“	SK19
Last [kW]	14,4	14,4
Leerlauf [kW]	8,7	8,7
Durchschnittliche Auslastung	41%	41%
Gesamt Lauf [h]	511	5.402
Last [h]	210	2.215
Leerlauf [h]	302	3.187
Stromverbrauch [kWh]	5.634	59.516
Stromkosten [€]	65.150,-	

Tabelle 64 Betriebsdaten Druckluft 2011

Kompressor	SK25	SK19
Last [kW]	18,7	14,4
Leerlauf [kW]	10,7	8,7
Durchschnittliche Auslastung	78%	41%
Jährliche Gesamtlaufzeit [h]	2.112	312
Last [h]	1.648	128
Leerlauf [h]	465	184
Stromverbrauch [kWh]	35.782	3.438
Stromkosten [€]	39.220,-	

Tabelle 65: Betriebsdaten Druckluft seit 10.Juli 2012

Leerlauf [hh:mm:ss]	Stillstand [hh:mm:ss]	Last [hh:mm:ss]	Lastlaufzeit [sek]	Stillstand [sek]	Leerlaufzeit [sek]
08:59:35		09:02:35		0	180
09:05:05		09:06:50	150	0	105
09:09:17		09:12:20	147	0	183
09:14:50		09:17:10	150	0	140
09:19:37		09:22:18	147	0	161
09:24:35		09:26:48	137	0	133
Unterbrechung der Messung					
09:46:33		09:49:06	0	0	153
09:51:45	09:54:45	09:56:02	159	77	180
09:58:06	10:01:06	10:02:20	124	74	180
10:04:08		10:06:57	108	0	169
10:08:49	10:11:52	10:13:25	112	93	183
10:15:10	10:18:20		105		190

Tabelle 66: Messdaten SK 19 am 30.01.2013

	<b>[sek]</b>	<b>% der Messzeit</b>	<b>% der Laufzeit</b>
Messzeit	3540	100 %	
Gesamtlaufzeit	3296	93 %	100 %
<b>Lastlaufzeit</b>	<b>1339</b>	<b>38 %</b>	<b>41 %</b>
Leerlaufzeit	1957	55 %	59 %
Stillstand	244	7 %	

Tabelle 67: Last- und Leerlaufanteil SK 19

<b>Leerlauf [hh:mm:ss]</b>	<b>Stillstand [hh:mm:ss]</b>	<b>Last [hh:mm:ss]</b>	<b>Last Laufzeit [min,sek]</b>
18:22:00		18:29:50	
18:31:40		18:39:20	1,83
18:41:00	18:41:20	18:48:57	1,67
18:50:40	18:50:56	18:58:32	1,72
19:00:15	19:00:30	19:08:05	1,72
19:09:48	19:10:03	19:17:35	1,72
19:19:18	19:19:33	19:27:06	1,72
19:28:48	19:29:04	19:36:41	1,70
19:38:42	19:38:39	19:46:15	2,02

Tabelle 68: Messdaten Leckagemessung 26.01.2013

<b>Leerlauf [hh:mm:ss]</b>	<b>Stillstand [hh:mm:ss]</b>	<b>Last [hh:mm:ss]</b>	<b>Last Laufzeit [min,sek]</b>
		13:15:10	
13:16:50	13:17:05	13:26:30	1,67
13:28:10	13:28:25	13:37:52	1,67
13:39:35	13:39:50	13:49:19	1,72
13:51:02	13:51:17		1,72

Tabelle 69: Messdaten Leckagemessung 02.02.2013

## 9 Daten Kistenwaschanlage

	Anschlussleistung [kW]
Vorspülpumpe	4
Hauptwaschpumpe	4
Heizung - Dampf-direkt	0
Wasserdunstabsaugung	0,5
Ventilator Abblasmodul	7,5
Antriebsmotor	0,37
Hebeanlagenpumpe	1
<b>Anschlusswert der Grundmaschine</b>	<b>17,37</b>

Tabelle 70: elektrische Nennleistung der Kistenwaschanlage

10 Beleuchtung

Lokalisierung	IST					BELEUCHTUNGSOPTIMIERT							SPAR [kWh/a]
	Typ	[W]	Anzahl	Zeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	Typ	[W]	Anzahl	[W]	Anzahl	Zeit [h/a]	Verbrauch [kWh/a]	
<b>Erdgeschoß</b>													
Weißbrotbäckerei, Mischerei	58 W-KVG	73,4	47	7612	26260	FARO W1D	39	47			7612	13953	12307
Schwarzbrotbäckerei	58 W-KVG	73,4	5	7612	2794	5x 2-flutige BIO 35W	39	10			7612	2969	-175
Expedit	58 W-KVG	73,4	40	7612	22349	FARO W1D	39	25			7612	7422	14927
Kühlräume	58 W-KVG	73,4	40	7612	22349	LED LiL 20W / 32W	19	32	32	8	7612	6577	15772
Kühlräume	58 W-KVG mit PM (60%)	73,4	9	4567	3017	LED Birne 12W	12	9			4567	493	2524
<b>Summe EG</b>			<b>141</b>		<b>76768</b>			<b>131</b>			<b>31413</b>		<b>45355</b>
<b>1. OG</b>													
Stiegenaufgang 1. OG	58 W-KVG	73,4	3	7612	1676	LED Sensor 16W PM	16	3			3045	146	1530
1. OG	58 W-KVG	73,4	116	7612	64812	FARO W1D	39	108			7612	32062	32750
						Ofenplätze BIO	39	4			7612	1187	
Kühlräume	60 W Birne	60	14	4567	3836	LED Birne 12W	12	14			4567	767	3069
Kühlräume	58 W-KVG	73,4	3	4567	1006	LED LiL 20W	19	3			4567		
<b>Summe 1. OG</b>			<b>136</b>		<b>70324</b>			<b>132</b>			<b>34163</b>		<b>36162</b>
<b>2. OG</b>													
Lager	58 W-KVG	73,4	67	7612	37434	FARO W1D	39	32	73,4	35	7612	29055	8379
Kühlräume	58 W-KVG	73,4	6	4567	2011	LED Birne 12W	12	6			4567	329	1683
Kühlräume	60 W Birne	60	8	4567	2192	LED LiL 20W	19	8			4567	694	1498
Büro	58 W-KVG	73,4	6	3120	1374	Anbauleuchte EVG	39	6			3120	730	644
<b>Summe 2. OG</b>			<b>87</b>		<b>43012</b>			<b>87</b>			<b>30808</b>		<b>12204</b>
<b>3. OG</b>													
Sozialräume	58 W-KVG	73,4	24	7612	13409	FARO W1D	39	20			7612	5937	7472
<b>Summe 3. OG</b>			<b>24</b>		<b>13409</b>			<b>20</b>			<b>5937</b>		<b>7472</b>
<b>Sonstige</b>													
Keller	58 W-KVG	73,4	26	2900	5534	LED Sensor 16W PM	16	5	73,4	21	2900	4702	832
Werkstätte	58 W-KVG	73,4	6	2600	1145		73,4	6			2600	1145	0
<b>Summe Sonstige</b>			<b>32</b>		<b>6679</b>			<b>32</b>			<b>5847</b>		<b>832</b>
<b>Gesamt Beleuchtung</b>			<b>420</b>		<b>210193</b>			<b>402</b>			<b>108168</b>		<b>102025</b>

Tabelle 71: Energieverbrauch der Betriebsbeleuchtung