

Unterlagen wurden für Sie zusammengestellt von



zum Thema

Energiekennzahlen und -sarpotenziale im Lebensmittel-Einzelhandel

erstellt im Auftrag von

Wirtschaftskammer OÖ,
Ökologische Betriebsberatung,
O.Ö. Energiesparverband,
WIFI Steiermark
&
Landesenergievereines Steiermark

erschienen
1996

WINenergy! ist eine Gemeinschaftsinitiative von:



BRANCHENBERATUNG ENERGIE

**ENERGIEKENNZAHLEN UND -SPARPOTENTIALE
IM
LEBENSMITTEL-EINZELHANDEL**

**Eine Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energiesparverband,
Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer OÖ.
mit finanzieller Unterstützung des WIFI Steiermark
und des Landesenergievereines Steiermark**

Linz, im Juli 1996

ENERGIEKENNZAHLEN UND -SPARPOTENTIALE

IM
LEBENSMITTEL-EINZELHANDEL

Dieses Energie-Branchenkonzept basiert auf Pilotberatungen, die in der Steiermark und in Oberösterreich bei über 115 Lebensmittelbetrieben im Zeitraum 1995/96 durchgeführt wurden.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotberatungen sowie die Ausarbeitung des vorliegenden Konzeptes erfolgte durch Enertec - Techn. Büro für Maschinenbau - Naftz & Partner OEG (Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. E. Naftz, Dipl.Ing. Dr. T. Ebner) im Auftrag der Ökologischen Betriebsberatung, des O.Ö. Energiesparverbandes und des WIFI Steiermark und des Landesenergievereins Steiermark.

*O.Ö. Energiesparverband
Landstraße 45
A-4020 Linz
Tel.: +043/732/6584 - 4380
Fax: +043/732/6584 - 4383
e-mail:esv1@esv.or.at*

*Ökologische Betriebsberatung
Wiener Straße 150
A-4024 Linz
Tel.: +043/732/3332 - 223
Fax: +043/732/3332 - 340*

*Landesenergieverein Steiermark
Burggasse 9
8010 Graz
Tel.: +43/316/877 - 3389
Fax: +43/316/877 - 3391*

*Wirtschaftskammer Oberösterreich
Energiewirtschaft und Energietechnik
Hessenplatz 3
A-4010 Linz
Tel.: +043/732/78 00 - 628
Fax: +043/732/78 00 - 587
e-mail:kalab@utooe.wk.or.at*

*Wirtschaftsförderungsinstitut Steiermark
Körbnergasse 111 - 113
8010 Graz
Tel.: +43/316/601 - 0
Fax: +43/316/601 - 303*

Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung jeglicher Art ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Wirtschaftskammer OÖ zulässig.

Trotz sorgfältigster Bearbeitung wird für die Ausführungen keine Gewähr übernommen und eine Haftung des Autors oder der Wirtschaftskammer OÖ ausgeschlossen.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1 BRANCHENKONZEPT - WARUM? | 5 |
| 2 KENNZAHLEN | 6 |
| 2.1 Erhebungsvolumen, Grundgesamtheit | 6 |
| 2.1.1 Bestandserhebung | 6 |
| 2.1.2 Energieverbrauch der einzelnen Komponenten | 8 |
| 2.1.3 Branchenberatung | 9 |
| 2.2 Kennfunktionen, Kennzahlen | 10 |
| 2.3 Spez. Kennzahlen aus der Branchenberatung | 19 |
| 2.4 Schwachstellen | 23 |
| 2.5 Einsarpotentiale | 25 |
| 3 ENERGIESYSTEM "LEBENSMITTELMARKT" | 26 |
| 3.1 Kühlung | 26 |
| 3.1.1 Kälteerzeugung | 26 |
| 3.1.2 Kühlmöbel | 28 |
| 3.1.3 Energieverbrauch - Energiekostensparmaßnahmen im Kühlbereich | 30 |
| 3.2 Lüftung und Klimatisierung | 35 |
| 3.3 Sonstige elektrische Verbraucher | 36 |
| 3.3.1 Beleuchtung | 36 |
| 3.3.2 Backöfen, E-Herde, Leberkäswärmer, Geschirrspüler, etc. | 36 |
| 3.3.3 Zeitweilig benutzte elektrische Verbraucher | 36 |
| 3.4 Heizung und Warmwasserbereitung | 37 |
| 3.4.1 Wärmeerzeuger | 37 |
| 3.4.2 Verteilssystem | 38 |
| 3.4.3 Regelungssystem | 38 |
| 3.4.4 Heizflächen | 38 |
| 3.4.5 Warmwasserbereitung | 39 |
| 3.5 Wärmerückgewinnung | 39 |
| 3.5.1 Brauchwasserbereitung | 39 |
| 3.5.2 Raumheizung | 40 |
| 4 STROMVERSORGUNG UND STROMTARIFE | 42 |
| 4.1 Stromkosten | 42 |
| 4.2 Schwachlasttarife | 43 |
| 4.3 Sondertarife | 44 |
| 4.4 Prinzipielle Sparpotentiale bei den Stromkosten | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 5 SPEZIELLE PROBLEME | 46 |
| 5.1 Kühlkette | 46 |
| 5.2 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien | 46 |
| 5.3 Kältemittel | 47 |
| 5.3.1 Gegenwärtige Situation | 47 |
| 5.3.2 Zukünftige Ersatzstoffe für FCKW- und HFCKW-Kältemittel | 49 |
| 6 LITERATUR | 51 |
| 1 | |

Branchenkonzept - Warum?

Sie haben einen Lebensmittelmarkt. Die Konkurrenzsituation wird immer härter, die Gewinnspannen immer geringer. Das Sortiment an Waren im Frisch- und Tiefkühlbereich wird immer größer. In Ihrem Bereich sind Sie Fachmann. Aber wie steht's mit dem Bereich Energie? Der Bereich Energie stellt nach den Personalkosten den zweitgrößten Kostenfaktor dar.

Haben Sie sich schon einmal folgende oder ähnliche Fragen gestellt und auch Antworten darauf gewußt:

- Wie groß ist mein Energieverbrauch bezogen auf den Umsatz oder die Produktionsmenge und wo stehe ich im Vergleich zu meinen Mitbewerbern?
- Wie hoch sind meine Stromkosten bezogen auf meine Verkaufsfläche oder meinen Umsatz?
- Welche meiner Geräte brauchen besonders viel Strom?
- Wie steht es mit meinem Stromtarif - ist dieser für mich optimal oder nicht?
- Welche Arten von Energie benötige ich wann, wo und in welcher Menge?
- Wie effizient nutze ich die eingesetzte Energie?
- Wie optimal betreibe ich meine Kühlanlagen?
- Welche Energiedienstleistung wird durch welchen Energieträger bereitgestellt?
- Wo sind die Schwachstellen in meinem Energiesystem?
- Was kann ich optimieren und wie sieht es mit der Wirtschaftlichkeit aus?
- etc.

Sollten Sie alle diese Fragen bereits für sich beantwortet haben, dann sind Sie "**energiefit**". Wenn nicht, dann lesen Sie das Branchenkonzept durch. Es ist kurz und verständlich gefasst und gibt eine Vielzahl von nützlichen Informationen über vieles, was den Bereich Energie betrifft. Natürlich können in einem derartigen Konzept nicht alle Problemkreise detailliert behandelt werden, aber die wesentlichen Punkte werden diskutiert.

Es soll vielmehr Ihr Energiebewußtsein geweckt werden. Energieumwandlung und rationeller Energieeinsatz sind in der heutigen Zeit, nicht zuletzt wegen der Energieabgabe, Themenkreise von steigendem öffentlichen Interesse. Es zahlt sich aus, sich rechtzeitig darüber Gedanken zu machen.

Sollten Sie nach dem Durchlesen der Broschüre das Gefühl haben, dass es in Ihrem Betrieb einiges zu verbessern gibt, dann wenden Sie sich an Fachleute aus dem Bereich der Energietechnik (eine für Ihren Betrieb kostengünstige Möglichkeit wäre beispielsweise eine Betriebsberatung über das WIFI Oberösterreich).

2 Kennzahlen

Seit Sommer bzw. Herbst 1995 läuft in den Bundesländern Steiermark und Oberösterreich eine von der jeweiligen Wirtschaftskammer bzw. dem jeweiligen Landesgremium finanzierte Branchenberatung für den Lebensmitteleinzelhandel. Im Zuge dieser Beratungsaktion wurde der Energieverbrauch von über hundert Lebensmittelmärkten genau untersucht und analysiert. Die so gewonnenen Daten sind in den nächsten Kapiteln in Tabellen und Grafiken zusammengefasst.

2.1 Erhebungsvolumen, Grundgesamtheit

Für die folgende Übersicht über die Struktur der Märkte wurden Daten aus der Steiermark herangezogen. Für das Bundesland Oberösterreich liegen keine Strukturdaten vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bezüglich der prozentuellen Anteile der verschiedenen Anlagentypen und der Aufteilung der installierten Kälteleistung kein wesentlicher Unterschied zur Steiermark besteht.

2.1.1 Bestandserhebung

- **Organisationsgrad**

Laut Unterlagen des WIFI Österreich gibt es in der Steiermark 1.098 Lebensmittelgeschäfte (Strukturanalyse LH-Stmk¹, 10/94), wobei davon 249 Geschäfte fix an eine Handelsorganisation (Filialen) gebunden und der Rest Vertragsmärkte sind. In Oberösterreich gibt es 1.264 Lebensmittelmärkte mit 981 Vertragsmärkten und 283 Filialbetrieben (s. [Abbildung 2.1](#)).

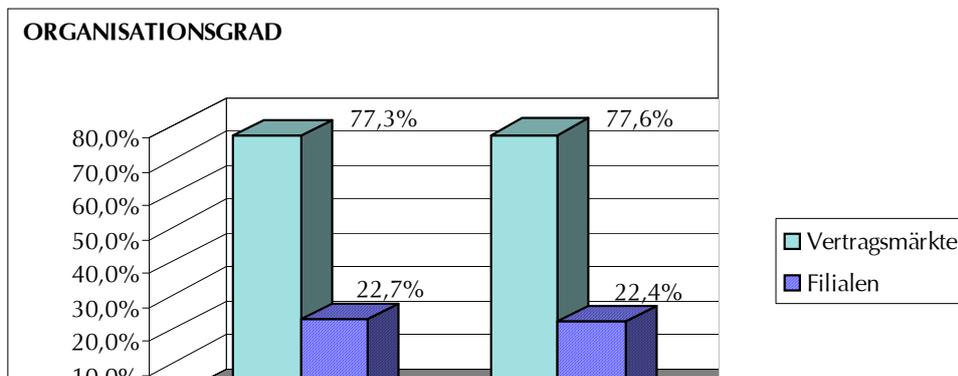


Abbildung 2.1: Prozentuelle Aufteilung der Märkte in Filialen und Vertragsmärkte

¹ LH-Stmk ... Lebensmittelhandel Steiermark

• Struktur der Kälteanlagentypen

Da die Kühlung und somit die Kälteerzeugung und die verwendeten Kühlmöbel den Hauptanteil am Stromverbrauch ausmachen, soll zunächst die Struktur der Kälteanlagentypen betrachtet werden. Bezüglich der Struktur der in den Lebensmittelmärkten zum Einsatz kommenden Kälteanlagentypen unterscheidet man zwischen

- steckerfertigen Kühlmöbeln
- Einzelanlagen und
- Verbundanlagen

In den nachfolgenden Abbildungen sind die prozentuellen Anteile der einzelnen Anlagentypen in Abhängigkeit von der Marktfläche für die Plus- und Minuskühlung dargestellt.

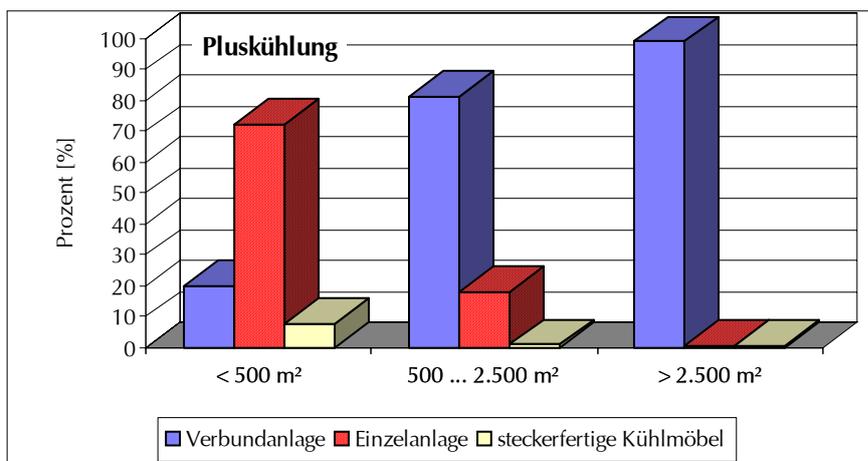


Abbildung 2.2: Prozentuelle Anteile der Anlagentypen für den Plusbereich (J. Heim, 1993, [1])

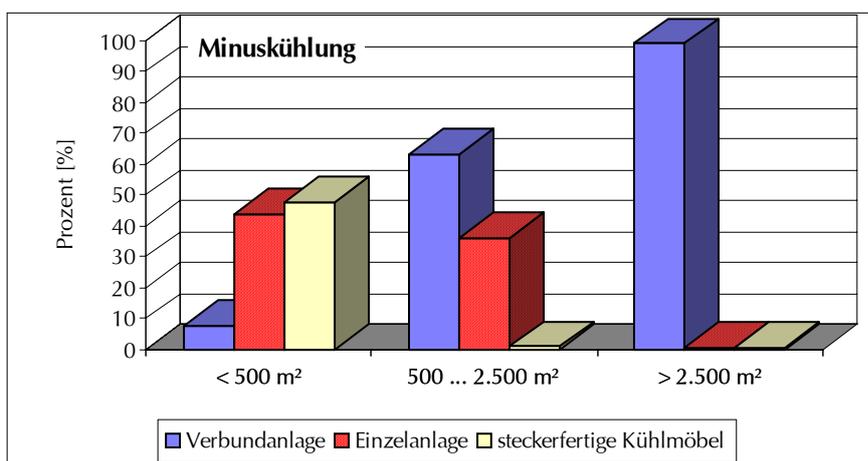


Abbildung 2.3: Prozentuelle Anteile der Anlagentypen für den Minusbereich (J. Heim, 1993, [1])

Aus den [Abbildungen 2.2](#) und [2.3](#) erkennt man, dass bis zu einer Marktgröße von 500 m², das ist jener Bereich, in dem fast alle Lebensmittelmärkte liegen die während der Beratungsaktion genauer untersucht wurden, für die Pluskühlung primär Einzelanlagen zum Einsatz kommen und im Minuskühlbereich sowohl Einzelanlagen als auch steckerfertige Kühlmöbel ungefähr zu gleichen Teilen verwendet werden. Verbundanlagen gewinnen erst bei größeren Märkten an Bedeutung.

• Kälteleistung

In Abbildung 2.4 sind die Anteile des Plus- und Minuskühlbereiches an der installierten Kälteleistung zu sehen. Für den Pluskühlbereich ist im Vergleich zum Minuskühlbereich ca. 4-mal soviel Kälteleistung installiert.

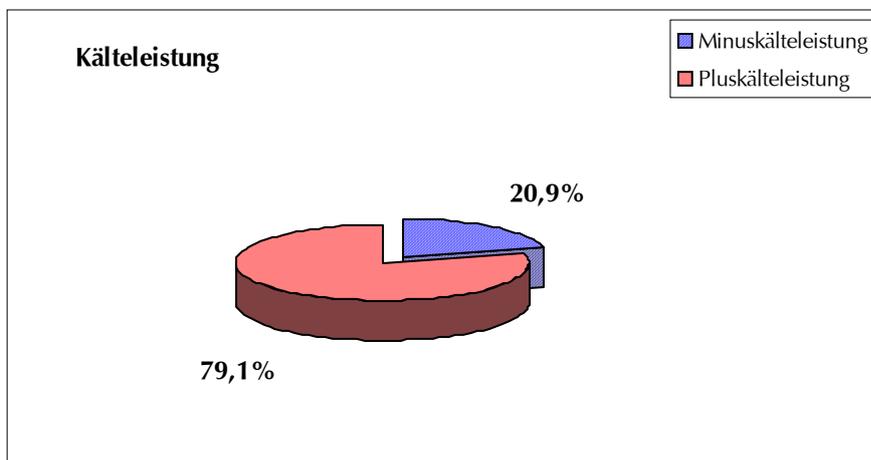


Abbildung 2.4: Prozentuelle Aufteilung der installierten Kälteleistung auf die Kühlbereiche (J. Heim, 1993, [1])

2.1.2 Energieverbrauch der einzelnen Komponenten

In Tabelle 2.1 sind die Anteile der einzelnen Stromverbraucher am Jahresstromverbrauch der gesamten Kälteanlage (Kälteerzeugung und Kühlmöbel) aufgeschlüsselt. Daraus ist ersichtlich, dass die Kälteerzeugung ca. 70% und das Kühlmöbel ca. 30% der Energie verbraucht.

Tabelle 2.1: Energieverbrauchsanteile

| Aufteilung des Energieverbrauchs der Kälteerzeugung und der Kühlmöbel (Pauli, 1992 [2], Rigot, 1993 [3]) | | | |
|---|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| | | % ¹⁾ | % ²⁾ |
| Kälteerzeugung | Verdichter | | 50 ... 63 |
| | Verflüssigerventilatoren | | 0 ³⁾ ... 10 |
| | Zylinderkopfventilatoren | 66 ... 73 | 0 ... 2 |
| | Carterheizung | | 0 ... 0,7 |
| | Steuer- und Regeleinrichtungen | | 0 ... 0,7 |
| Kühlmöbel | Abtauung | | 5 ... 6 |
| | Rahmenheizung | 27 ... 34 | 8 ... 18 |
| | Verdampferventilatoren | | 6 ... 7 |
| | Beleuchtung | | 3 ... 8 |

¹⁾ Prozentuelle Aufteilung des Energieverbrauchs auf Kälteerzeugung und Kühlmöbel

²⁾ Prozentuelle Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Komponenten

³⁾ "0" bedeutet, dass dieser Verbraucher nicht in der Anlage enthalten ist

2.1.3 Branchenberatung

Als Erhebungsvolumen ist das bis jetzt analysierte Datenmaterial der untersuchten Märkte zu verstehen. Die Auswertung der Daten erfolgt teilweise sowohl nach Bundesländern getrennt, als auch als Gesamtheit aller ausgewerteten Lebensmittelmärkte².

Tabelle 2.2: aktueller Stand des Erhebungsvolumens (03/96)

| ERHEBUNGSVOLUMEN | | STMK | OÖ | GESAMT | |
|---|--|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Anzahl der ausgewerteten Geschäfte | | 83 | 39 | 122 | |
| davon: | | | | | |
| Lebensmittelmärkte | | 74 | 31 | 105 | |
| Bäckereien | | 3 | 4 | 7 | |
| Fleischereien | | 1 | 1 | 2 | |
| Tankstellen | | 1 | 0 | 1 | |
| sonstige | | 4 | 3 | 7 | |
| Marktfläche | | 21.097 | 9.519 | 30.616 | |
| Gesamtfläche | | 32.061 | 16.080 | 48.141 | |
| Anzahl der Kühlmöbel | | 574 | 224 | 798 | |
| davon | | | | | |
| steckerfertige | | 269 | 109 | 378 | |
| mit externer Kälteanlage | | 305 | 115 | 420 | |
| Gesamter ENERGIEVERBRAUCH der untersuchten Betriebe | | | | | |
| Strom | | kWh/a | 4.470.171 | 1.877.565 | 6.347.736 |
| Heizenergie (Hochrechnung) | | kWh/a | 4.320.866 | 1.576.167 | 5.897.033 |
| Gesamte ENERGIEKOSTEN der untersuchten Betriebe | | | | | |
| Strom | | öS/a | 7.522.780 | 3.405.035 | 10.927.816 |
| Heizenergie (Hochrechnung) | | öS/a | 1.502.478 | 498.311 | 2.000.789 |
| Gesamte VERRECHNUNGSLEISTUNG der untersuchten Betriebe | | | | | |
| 96h-Tarif od. rechnerisch | | LE | 5.360 | 4.886 | 10.246 |
| 1/4-Stunden-Tarif | | kW | 1.142 | 392 | 1.534 |
| | | | | | |
| Vollbeschäftigtenfaktor | | | 422,8 | 210,0 | 632,8 |
| Jahresumsatz (Hochrechnung) | | öS/a | 877.611.544 | 323.406.855 | 1.201.018.399 |

Aus Tabelle 2.2 ist ersichtlich, dass nicht alle im Rahmen der Branchenberatung untersuchten Geschäfte Lebensmittelmärkte waren. Diese Geschäfte (z.B. Bäcker, Fleischer, ...) sind nicht in der statistischen Auswertung enthalten, da sie das Ergebnis zu sehr verfälschen würden. Fehlende Daten wurden aus den vorhandenen Daten hochgerechnet (Werte einer Hochrechnung sind extra markiert).

Der Vollbeschäftigtenfaktor ist die Anzahl der Beschäftigten (inkl. Unternehmer), umgerechnet auf Ganztagesbeschäftigte.

² bzw. andere Geschäftstypen (z.B. Bäcker, usw.) mit einer Lebensmittelkonzession

2.2 Kennfunktionen, Kennzahlen

Aus nachfolgender [Tabelle 2.3](#) und darauf folgender Grafik ([Abbildung 2.4](#)) ist ersichtlich, dass fast 70% der untersuchten Lebensmittelmärkte eine Verkaufsfläche kleiner 300 m² aufweisen, wobei der größte Anteil der Märkte eine Verkaufsfläche zwischen 201 und 300 m² hat.

Tabelle 2.3: Häufigkeitsverteilung der Marktgröße

| Marktgröße m ² | Häufigkeit | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|-------|---------|------|--------------|-------|---------|------|
| | Verkaufsfläche | | | | Gesamtfläche | | | |
| | kumuliert | % | absolut | % | kumuliert | % | absolut | % |
| < 100 | 16 | 15,2 | 16 | 15,2 | 3 | 2,9 | 3 | 2,9 |
| 101 - 200 | 37 | 35,2 | 21 | 20,0 | 16 | 15,2 | 13 | 12,4 |
| 201 - 300 | 71 | 67,6 | 34 | 32,4 | 36 | 34,3 | 20 | 19,0 |
| 301 - 400 | 87 | 82,9 | 16 | 15,2 | 59 | 56,2 | 23 | 21,9 |
| 401 - 500 | 94 | 89,5 | 7 | 6,7 | 73 | 69,5 | 14 | 13,3 |
| 501 - 600 | 100 | 95,2 | 6 | 5,7 | 84 | 80,0 | 11 | 10,5 |
| 601 - 700 | 101 | 96,2 | 1 | 1,0 | 90 | 85,7 | 6 | 5,7 |
| 701 - 800 | 102 | 97,1 | 1 | 1,0 | 94 | 89,5 | 4 | 3,8 |
| 801 - 900 | 104 | 99,0 | 2 | 1,9 | 96 | 91,4 | 2 | 1,9 |
| 901 - 1.000 | 104 | 99,0 | 0 | 0,0 | 100 | 95,2 | 4 | 3,8 |
| 1.001 - 1.100 | 104 | 99,0 | 0 | 0,0 | 101 | 96,2 | 1 | 1,0 |
| 1.101 - 1.200 | 104 | 99,0 | 0 | 0,0 | 101 | 96,2 | 0 | 0,0 |
| 1.201 - 1.300 | 104 | 99,0 | 0 | 0,0 | 102 | 97,1 | 1 | 1,0 |
| 1.301 - 1.400 | 105 | 100,0 | 1 | 1,0 | 103 | 98,1 | 1 | 1,0 |
| 1.401 - 1.500 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 103 | 98,1 | 0 | 0,0 |
| 1.501 - 1.600 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 103 | 98,1 | 0 | 0,0 |
| 1.601 - 1.700 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 103 | 98,1 | 0 | 0,0 |
| 1.701 - 1.800 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 104 | 99,0 | 1 | 1,0 |
| 1.801 - 1.900 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 104 | 99,0 | 0 | 0,0 |
| 1.901 - 2.000 | 105 | 100,0 | 0 | 0,0 | 105 | 100,0 | 1 | 1,0 |

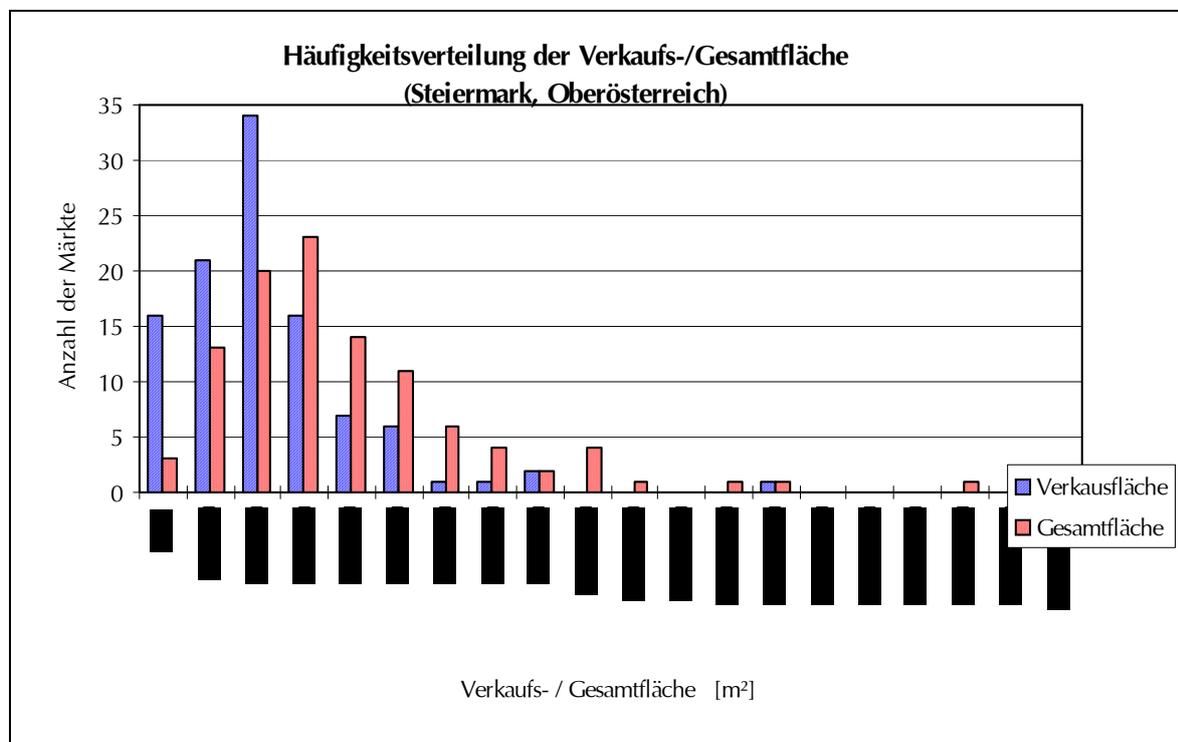


Abbildung 2.5: Häufigkeitsverteilung der Markt-/Gesamtfläche

Um die ermittelten und analysierten Daten übersichtlicher darstellen zu können, wurde eine Klassifizierung durchgeführt. Als signifikante Kenngröße dient die Verkaufsfläche. Die durchgeführte Einteilung in einzelne Gruppen ist in [Tabelle 2.4](#) dargestellt. Die Festlegung der einzelnen Gruppenbereiche erfolgte in Anlehnung an die Strukturanalyse LH-Stmk 10/94 vom WIFI Österreich.

Tabelle 2.4: Klassifizierung der Marktgröße

| Kategorie | Verkaufsfläche [m ²] |
|------------|----------------------------------|
| Klasse I | < 100 |
| Klasse II | 101 - 150 |
| Klasse III | 151 - 250 |
| Klasse IV | 251 - 400 |
| Klasse V | 401 - 1.000 |
| Klasse VI | 1.001 - 2.000 |
| Klasse VII | > 2.001 |

Im Folgenden wurden die wichtigsten Kenngrößen in Abhängigkeit von der Verkaufsfläche dargestellt und für die vorhin definierten Klassen Durchschnittswerte ermittelt.

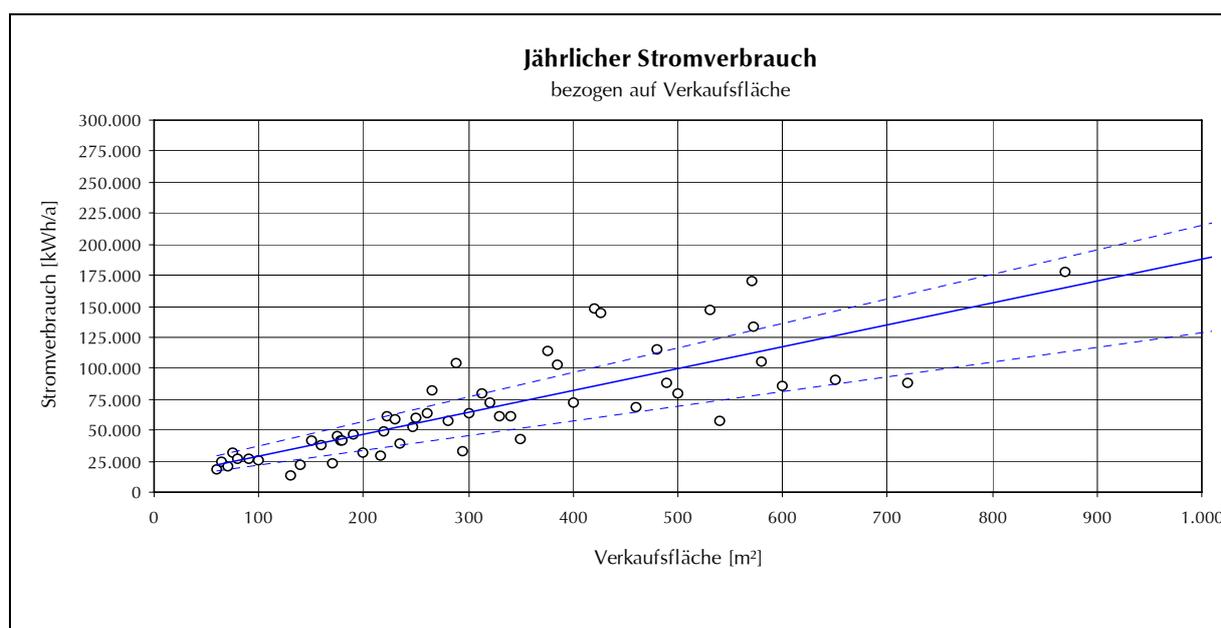


Abbildung 2.6: Stromverbrauch bezogen auf Verkaufsfläche

Aus [Abbildung 2.6](#) ist ersichtlich, dass die Streuung von der ermittelten Ausgleichsfunktion im Bereich bis 300 m² relativ gering ist. Erst bei größeren Märkten ist eine deutliche Streuung, bedingt durch größere Ausstattungsunterschiede an Kühlmöbeln und Kälteerzeugungsanlagen, sowie oft durch zusätzliche Produktangebote (Textilien, usw.) gegeben. Definiert man eine Bandbreite von $\pm 25\%$, so liegen 53% der untersuchten Märkte innerhalb dieses Bereiches.

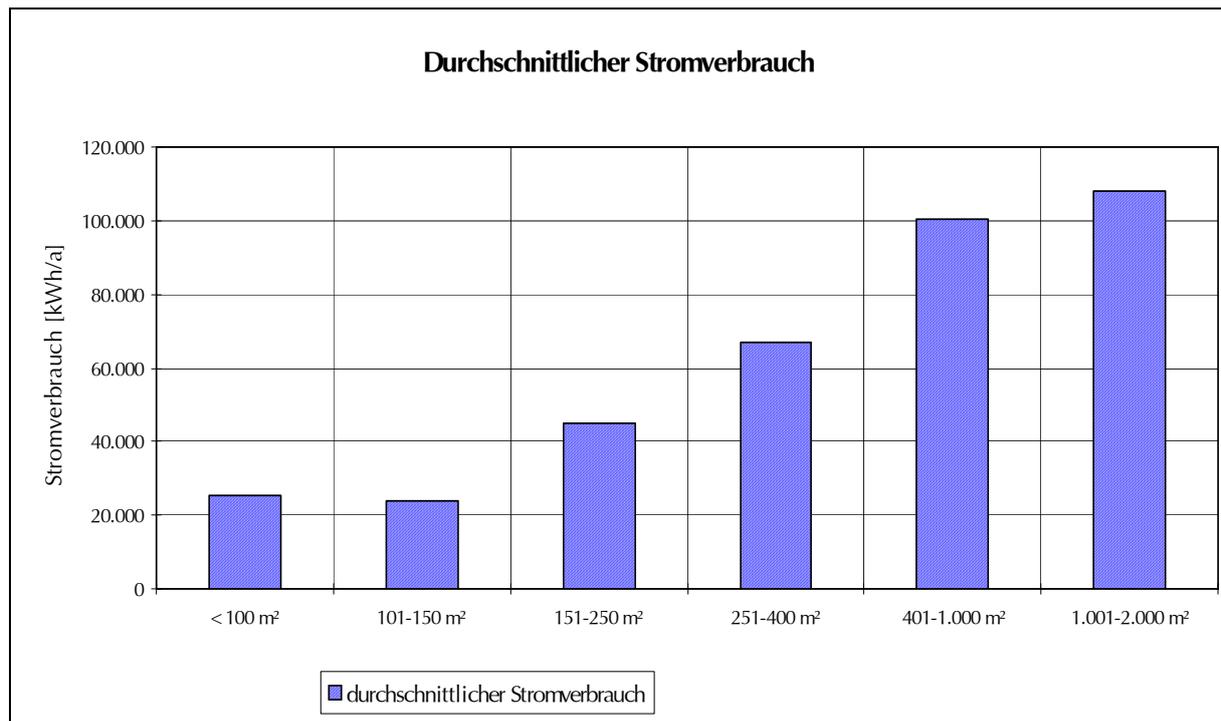


Abbildung 2.7: Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch der einzelnen Betriebe nach Verkaufsflächen - Klassen.

Aus Abbildung 2.7 geht hervor, daß der durchschnittliche Stromverbrauch in den ersten beiden Klassen (Marktgröße bis 100 m² bzw. von 100 m² bis 150 m²) annähernd gleich ist, und somit von der technischen Ausstattung an Kühlmöbeln, Kälteanlagen und anderen Verbrauchern her kein wesentlicher Unterschied besteht. Ab Klasse III bis Klasse V nimmt der Energieverbrauch exponentiell zu und flacht ab Klasse VI wieder ab. Es ist somit ersichtlich, daß speziell in den Klassen III bis V das zusätzliche Raumangebot auch zusätzliche elektrische Verbraucher mit sich bringt. Ab Klasse VI nimmt das Verhältnis Raumangebot zu elektrischen Verbrauchern wieder ab, da es sich bei diesen Marktgrößen meist um keine reinen Lebensmittelmärkte mehr handelt, sondern vielmehr auch andere Produkte wie Textilien, Geschirr, usw. angeboten werden, welche außer zusätzlicher Beleuchtung keine weiteren elektrischen Verbraucher benötigen.

Für die Stromkosten der einzelnen Betriebe (Abbildung 2.8) gilt das gleiche wie für Abbildung 2.6. Auch hier liegen 52% der untersuchten Märkte innerhalb der definierten Bandbreite von $\pm 25\%$.

In Abbildung 2.9 sind die durchschnittlichen Stromkosten in den einzelnen Klassen dargestellt. Ähnlich dem Stromverbrauch entstehen auch hier in den ersten beiden Klassen annähernd gleiche Stromkosten. Erst ab Klasse III ist ein deutlicher Anstieg der Kosten zu verzeichnen, der ab Klasse VI wieder abflacht.

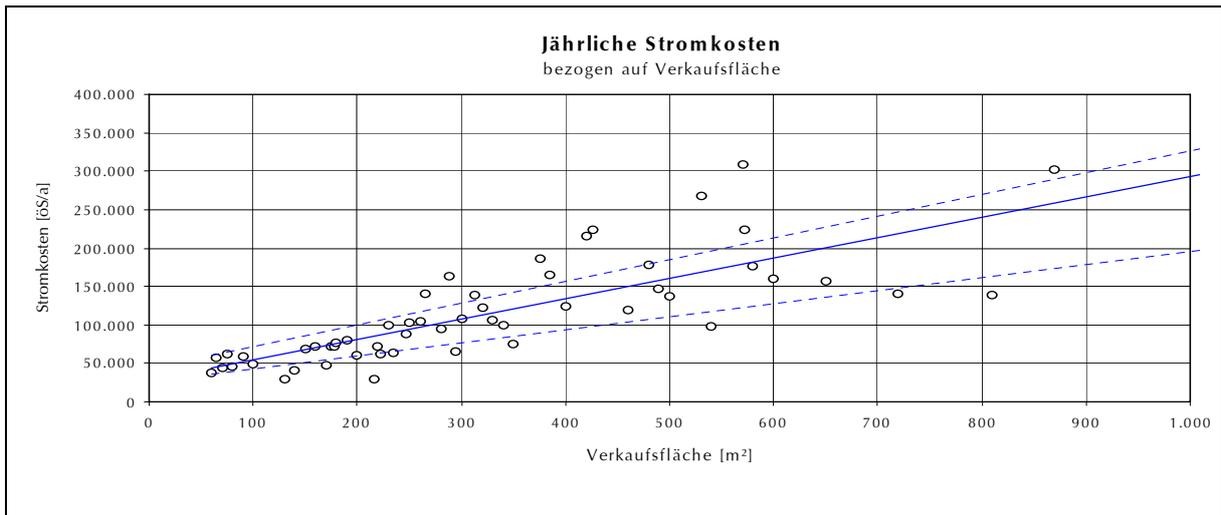


Abbildung 2.8: Zusammenhang Stromkosten / Verkaufsfläche

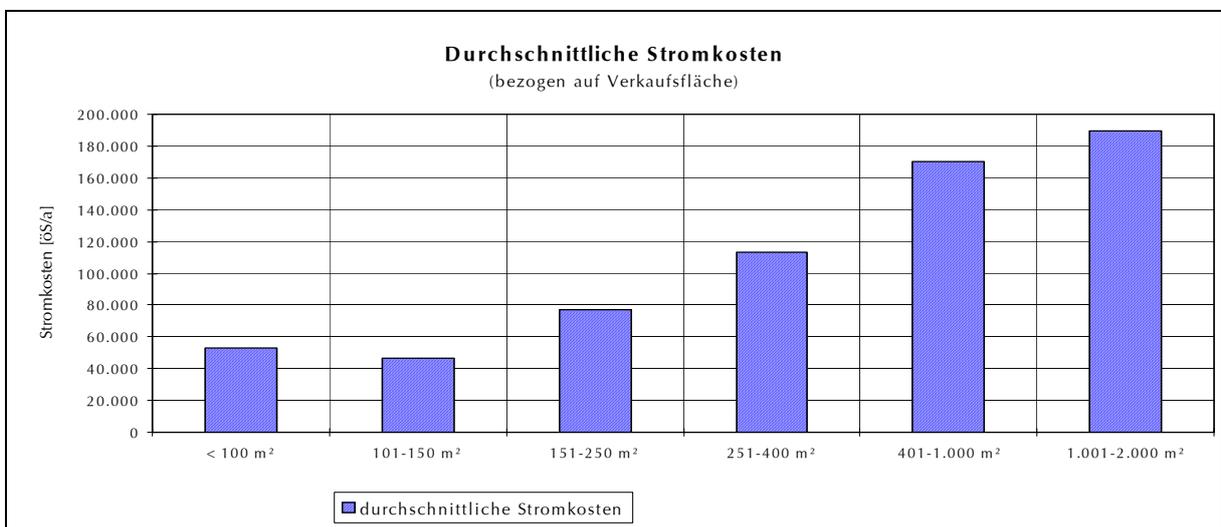


Abbildung 2.9: Durchschnittliche Stromkosten der einzelnen Klassen

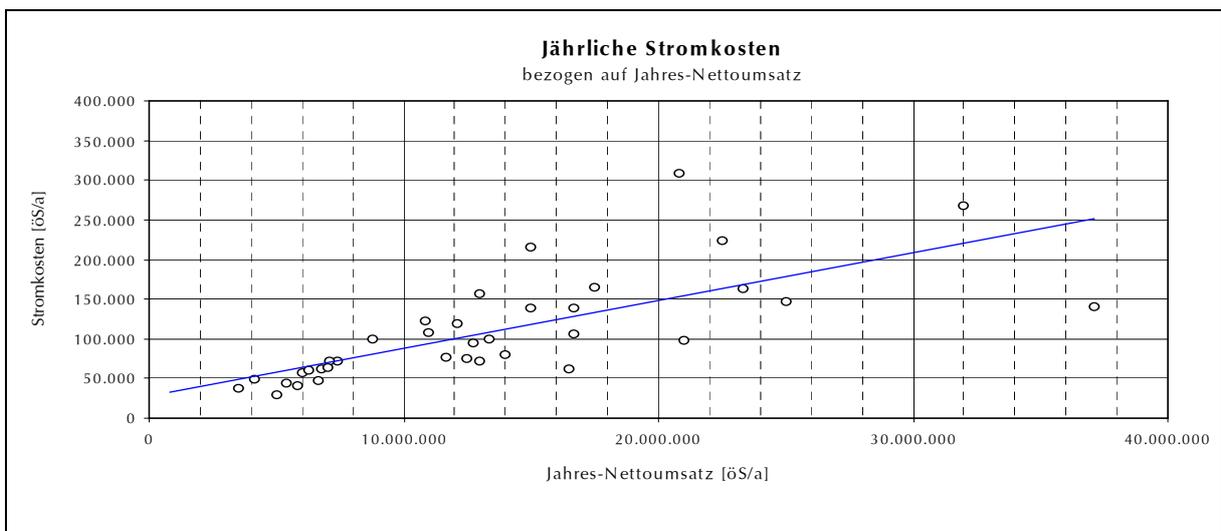


Abbildung 2.10: Zusammenhang Stromkosten / Jahresnettoumsatz

Aus [Abbildung 2.10](#) geht hervor, dass bis zu einem Jahresnettoumsatz von 10 Mio. Schilling die Stromkosten ca. 1% des Umsatzes ausmachen und eine relativ geringe Streuung vorliegt. Erst bei einem Umsatz von mehr als 10 Mio. Schilling nimmt die Streuung zu und der prozentuelle Anteil der Stromkosten am Umsatz wird sehr unterschiedlich. Aus dieser Abbildung lässt sich ableiten, dass kleinere Märkte im Allgemeinen eine Standardausstattung an elektrischen Geräten haben. Erst bei größeren und somit umsatzstärkeren Märkten variiert die Ausstattung an Geräten stärker (z.B. Ofen für frisches Gebäck, u.ä.).

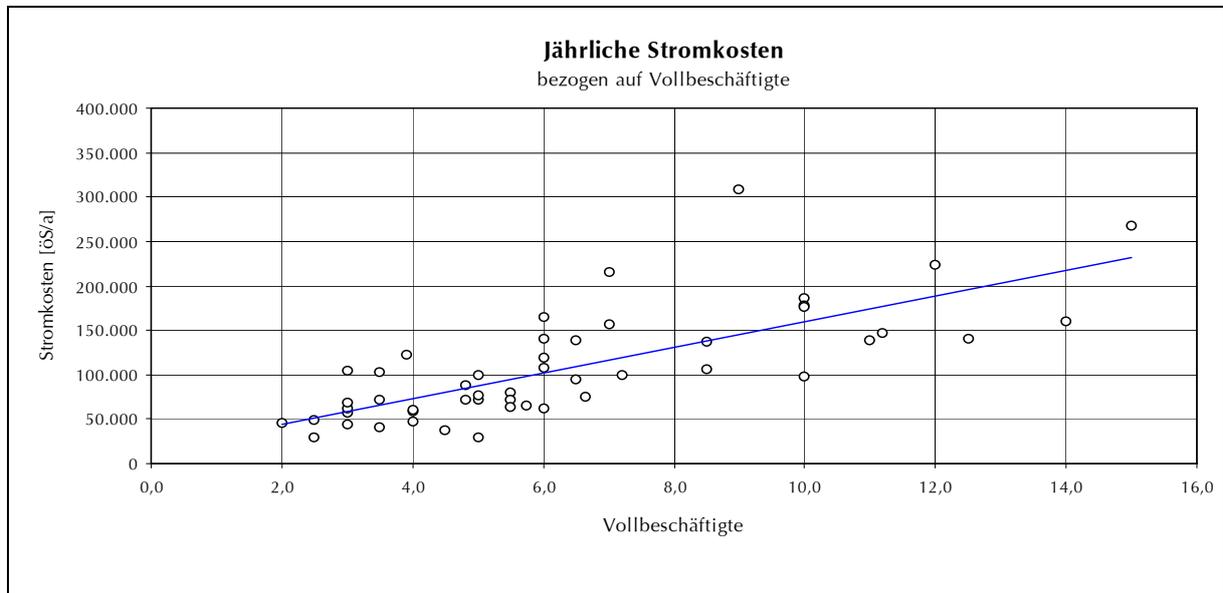


Abbildung 2.11: Zusammenhang Stromkosten/Vollbeschäftigte

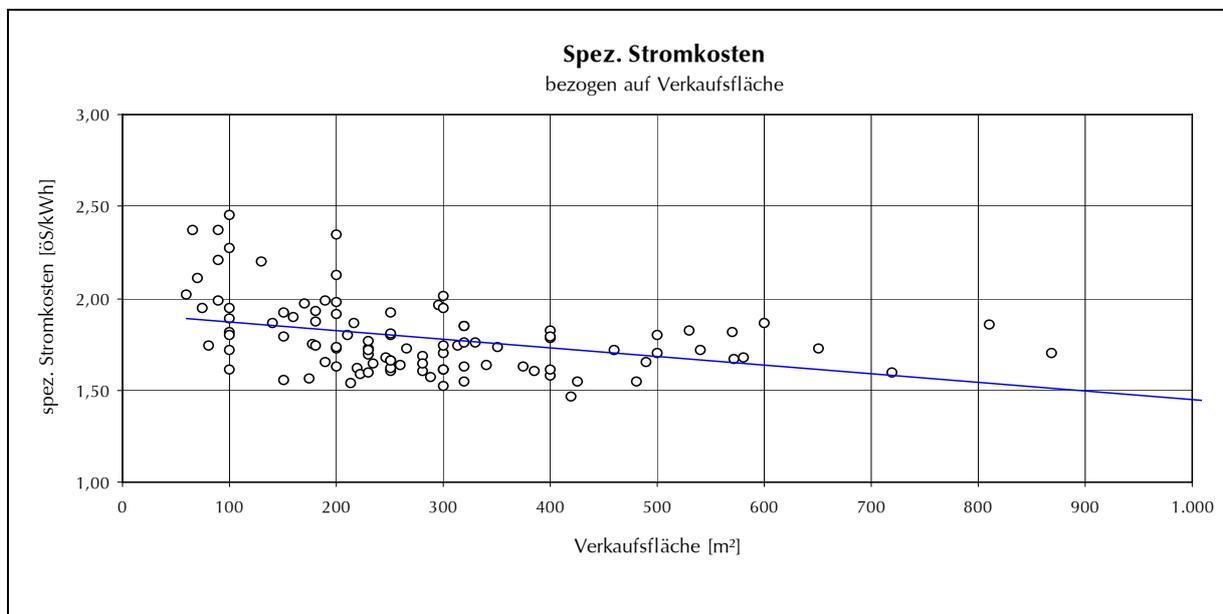


Abbildung 2.12: Zusammenhang Spezifische Stromkosten / Verkaufsfläche

Eine sehr interessante Aussage lässt sich aus [Abbildung 2.12](#) ableiten. Betrachtet man die große Streuung der Werte bei Marktgrößen zwischen 100 m² und 200 m², so lässt sich daraus rück-schließen, dass die Leistungskosten bei kleinen Märkten einen ausschlaggebenden Einfluss auf die

spez. Stromkosten haben. Bei größeren Märkten nimmt die Streuung deutlich ab. Der große Einfluss der Leistungskosten bei kleinen Märkten wird dadurch verdeutlicht, dass der Energieverbrauch bei diesen Marktgrößen kaum einer Streuung unterliegt (s. Abbildung 2.6).

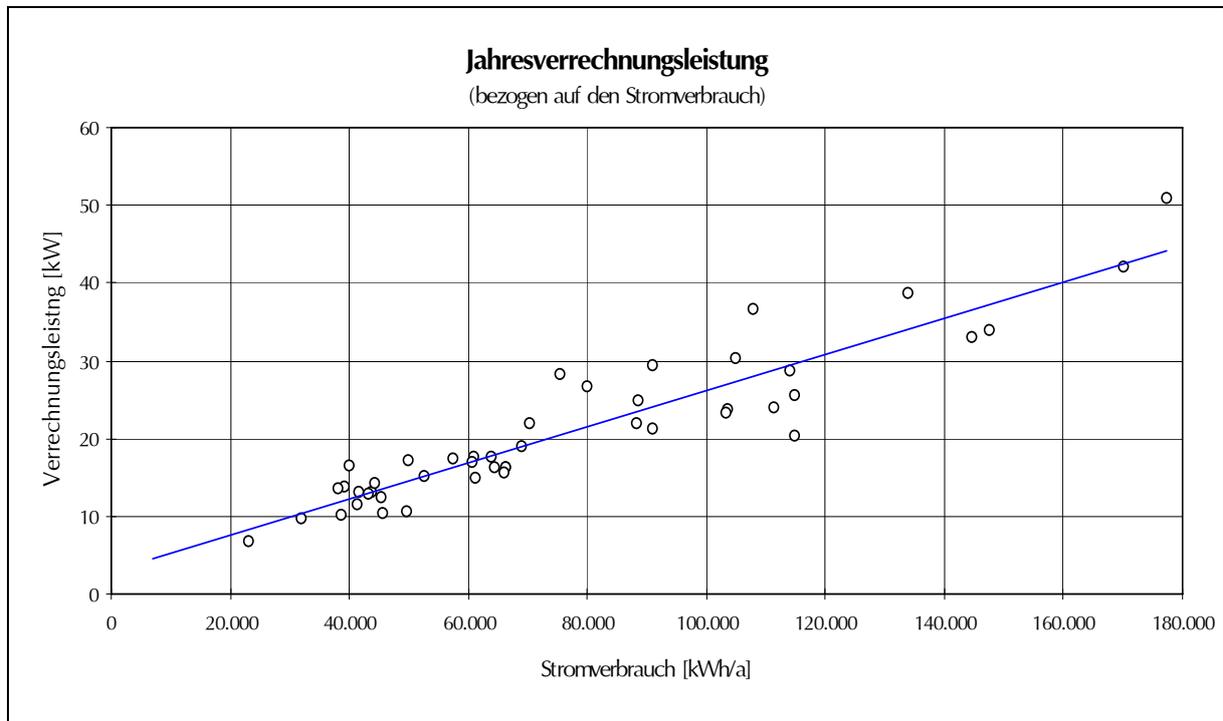


Abbildung 2.13: Zusammenhang Stromverbrauch / Jahresverrechnungsleistung

In [Abbildung 2.13](#) ist der Zusammenhang zwischen Jahresverrechnungsleistung und Jahresstromverbrauch dargestellt. Es lässt sich ein linearer Zusammenhang definieren, der eine sehr gute Annäherung darstellt. Unter Zuhilfenahme dieser Ausgleichsfunktion lässt sich für Märkte, die eine Tarifumstellung (96-h-Tarif auf 1/4-h-Tarif) vorhaben, die zu erwartende Jahresverrechnungsleistung relativ gut abschätzen.

Beispiel: Ein Lebensmittelmarkt verbraucht 60.000 kWh pro Jahr. Der Leistungspreis wird auf Basis einer 96 Std.-Messung ermittelt. Wie hoch ist das Einsparpotential, wenn als Jahresverrechnungsleistung 1.000 LE gemessen wurden und laut [Abbildung 2.13](#) mit einer 1/4 Stunden Leistung von 18 kW gerechnet werden kann?

Leistungsverrechnung:

| | | |
|----------------------|-----------------------|------------|
| 96 Stunden Messung: | 1.000 LE * S 46,20 = | S 46.200.- |
| 1/4 Stunden Messung: | - 18 kW * S 1.872.- = | S 33.696.- |
| Einsparpotential: | | S 12.504.- |

(Preisansätze für Oberösterreich)

[Abbildung 2.14](#) und [2.15](#) stellen den jährlichen Heizenergieverbrauch bezogen auf die Verkaufsfläche und den durchschnittlichen Heizenergieverbrauch in den einzelnen Klassen dar. Aus [Abbildung 2.16](#) und [2.17](#) sind die dazugehörigen Kosten ersichtlich. Vergleicht man den Heizenergieverbrauch mit den Heizkosten, so stellt man fest, dass die Streuung der Daten bei den Kosten viel stärker ausgeprägt ist als beim Heizenergieverbrauch. Dieser Unterschied lässt sich auf die unterschiedlichen Energieträger und deren unterschiedliche spez. Kosten zurückführen.

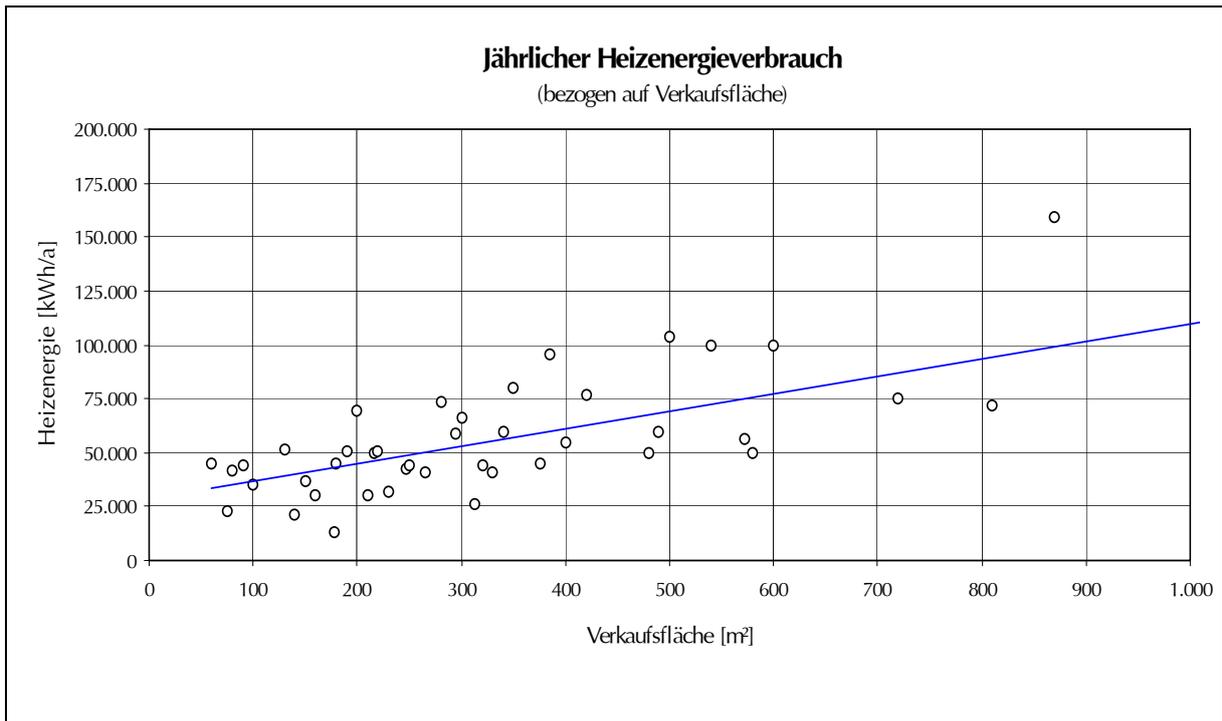


Abbildung 2.14: Jährlicher Heizenergieverbrauch bezogen auf die Verkaufsfläche

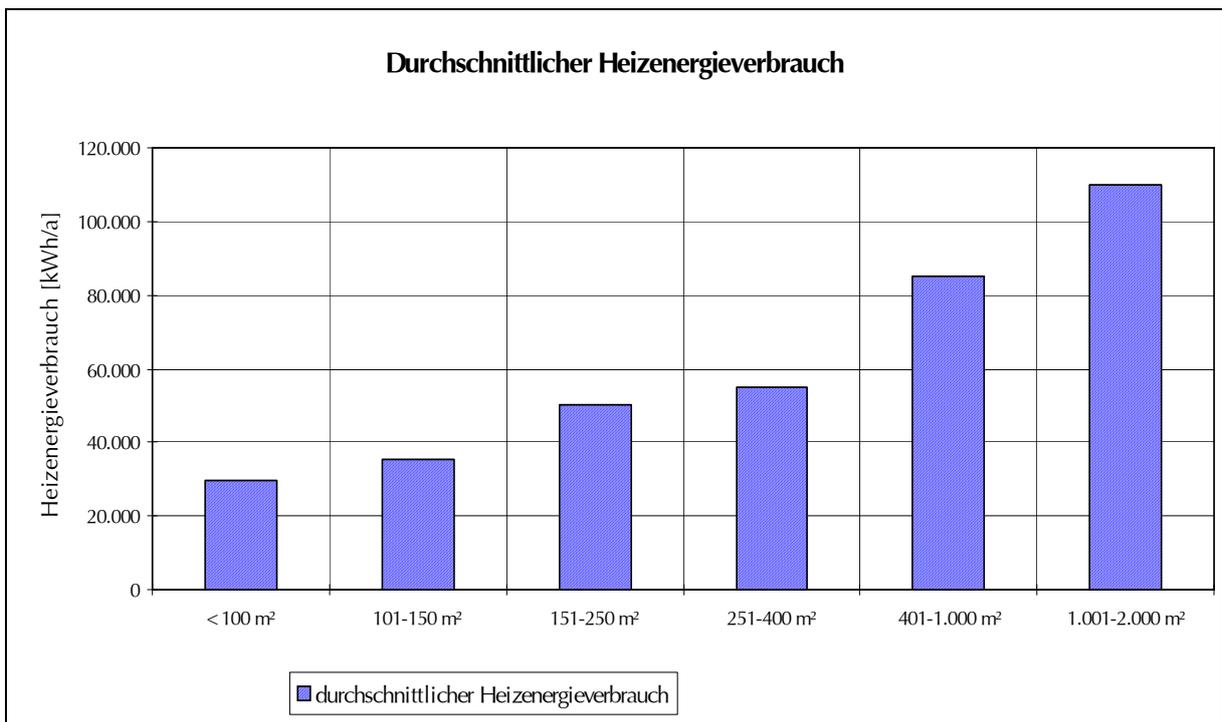


Abbildung 2.15: Durchschnittlicher Heizenergieverbrauch der einzelnen Betriebe nach Verkaufsklassen

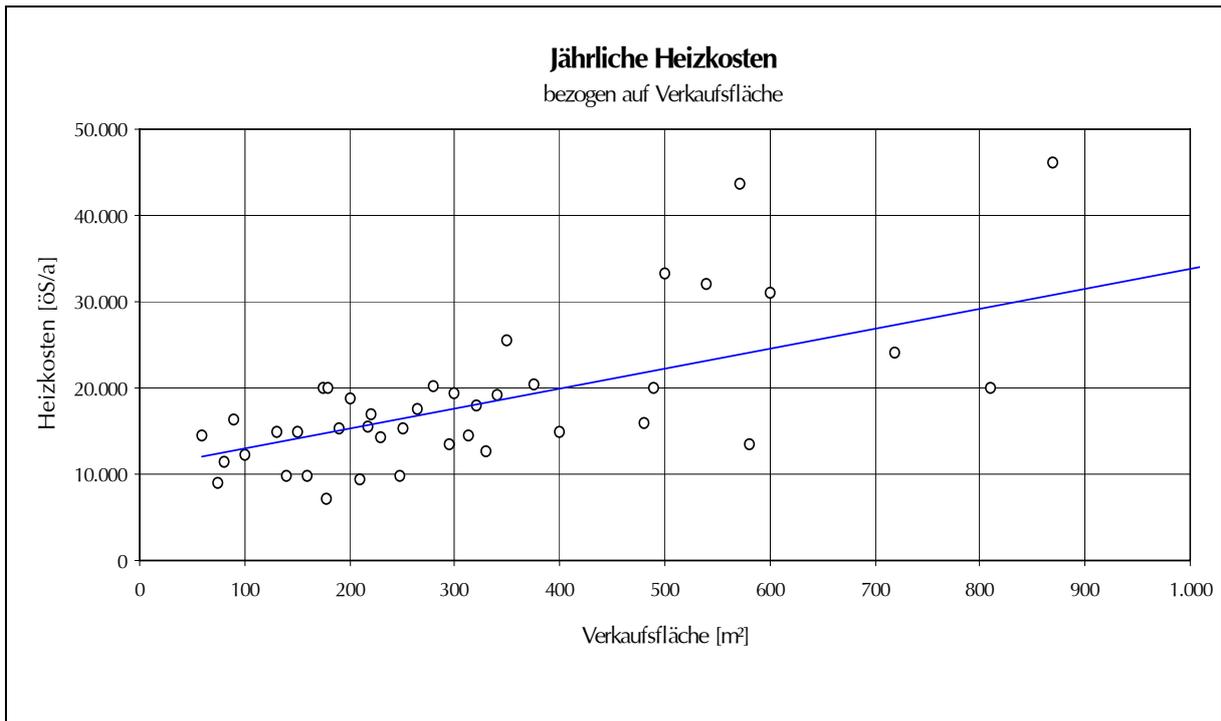


Abbildung 2.16: Jährliche Heizkosten bezogen auf Verkaufsfläche

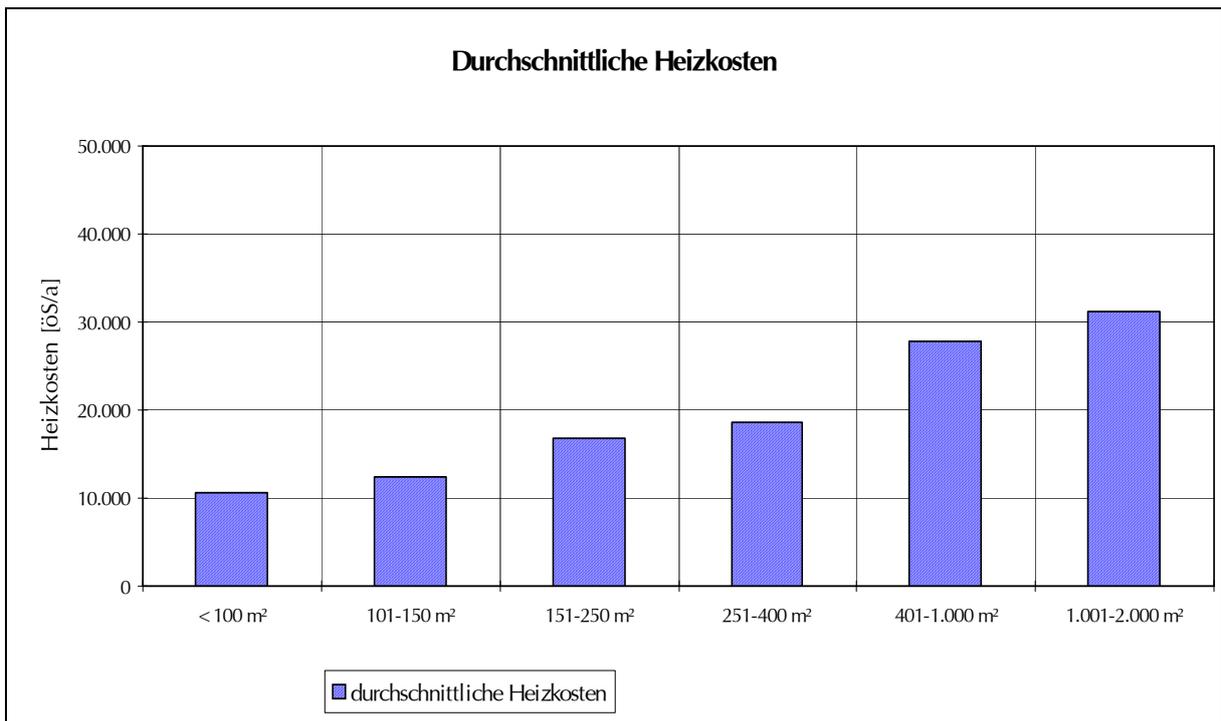


Abbildung 2.17: Durchschnittliche Heizkosten

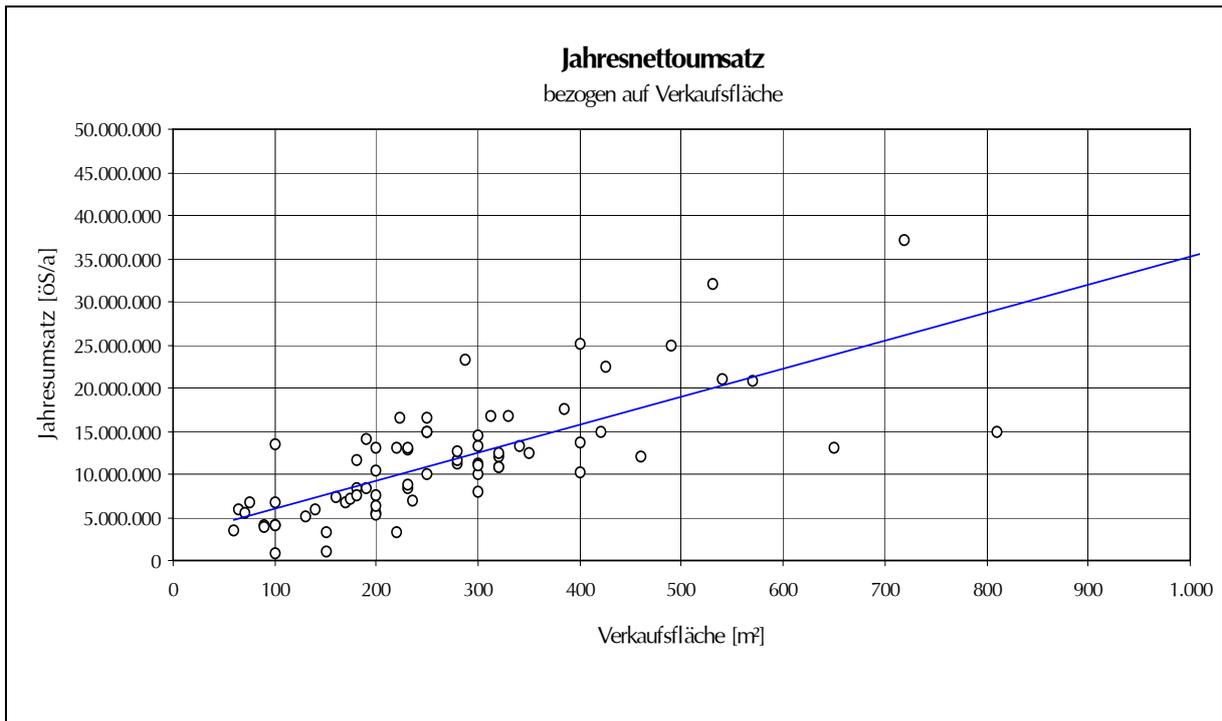


Abbildung 2.18: Jahresnettoumsatz

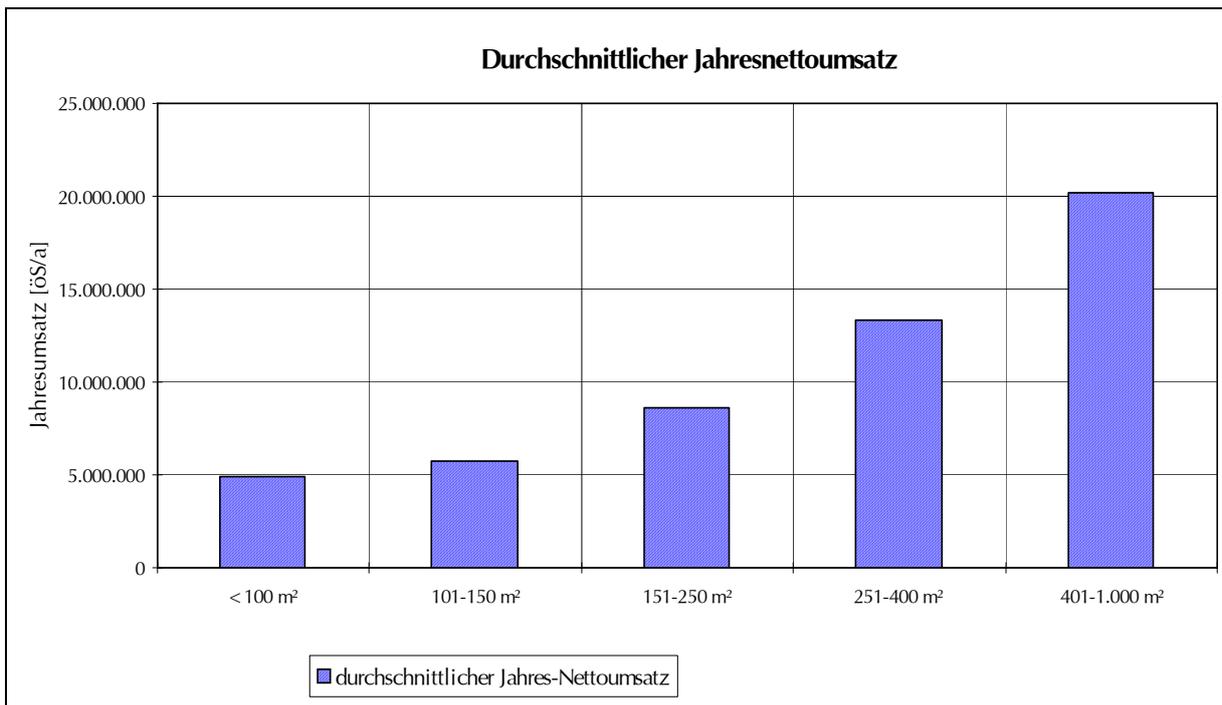


Abbildung 2.19: Durchschnittlicher Jahresnettoumsatz

Der durchschnittliche Jahresnettoumsatz der Klasse VI ist nicht repräsentativ (zu wenig untersuchte Märkte in diesem Bereich) und wurde somit nicht berücksichtigt.

2.3 Spez. Kennzahlen aus der Branchenberatung

Tabelle 2.5: Spez. Stromkennzahlen bezogen auf die Verkaufsfläche

| | KLASSEN | | | | |
|--|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | < 100 m ² | 101-150 m ² | 151-250 m ² | 251-400 m ² | 401-1.000 m ² |
| spez. Jahresstromverbrauch [kWh/m ² ,a] | | | | | |
| Mittelwert | 331,0 | 231,3 | 226,2 | 225,9 | 194,4 |
| Minimum | 78,7 | 103,6 | 82,3 | 112,7 | 90,0 |
| Maximum | 502,3 | 495,7 | 519,7 | 359,6 | 351,3 |
| spez. Jahresstromkosten [öS/m ² ,a] | | | | | |
| Mittelwert | 687,3 | 448,7 | 389,8 | 382,8 | 327,7 |
| Minimum | 173,6 | 214,5 | 162,9 | 215,1 | 161,7 |
| Maximum | 999,8 | 843,2 | 799,5 | 566,2 | 540,8 |

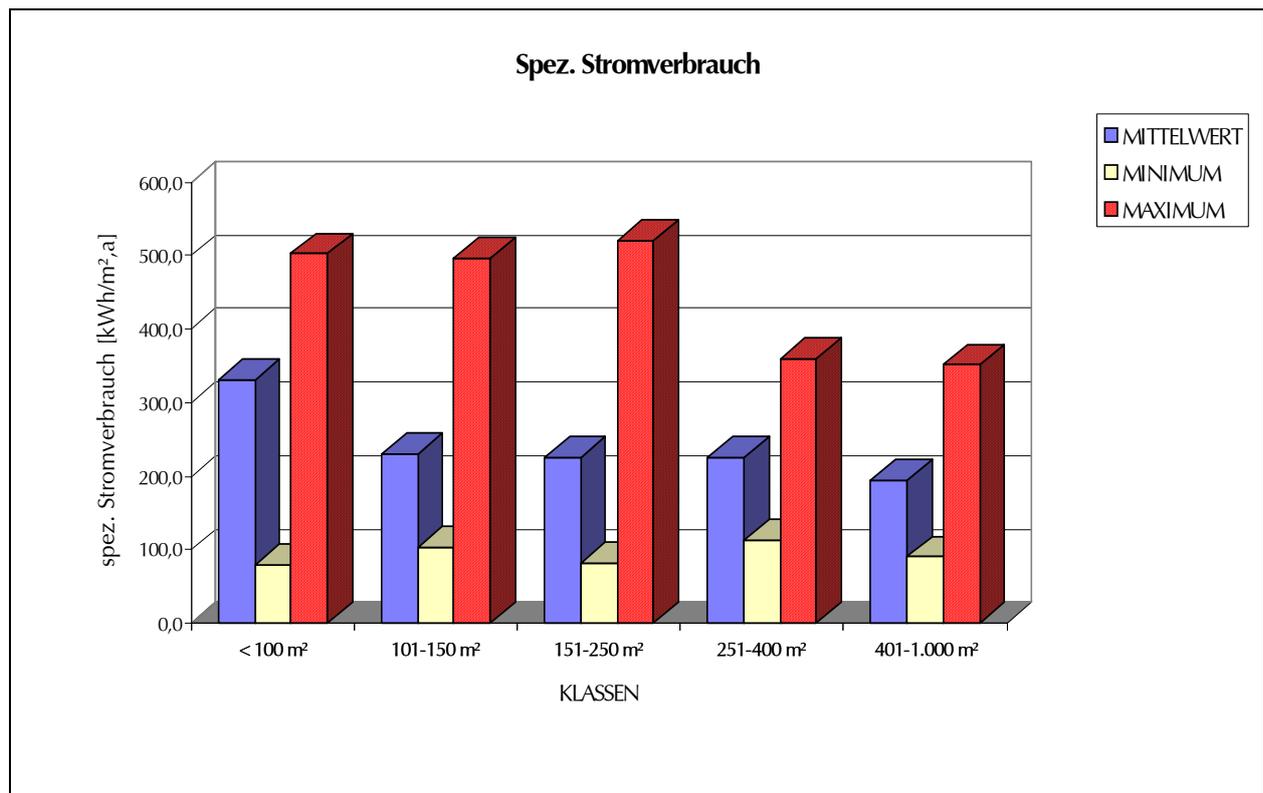


Abbildung 2.20: Spez. Jahresstromverbrauch

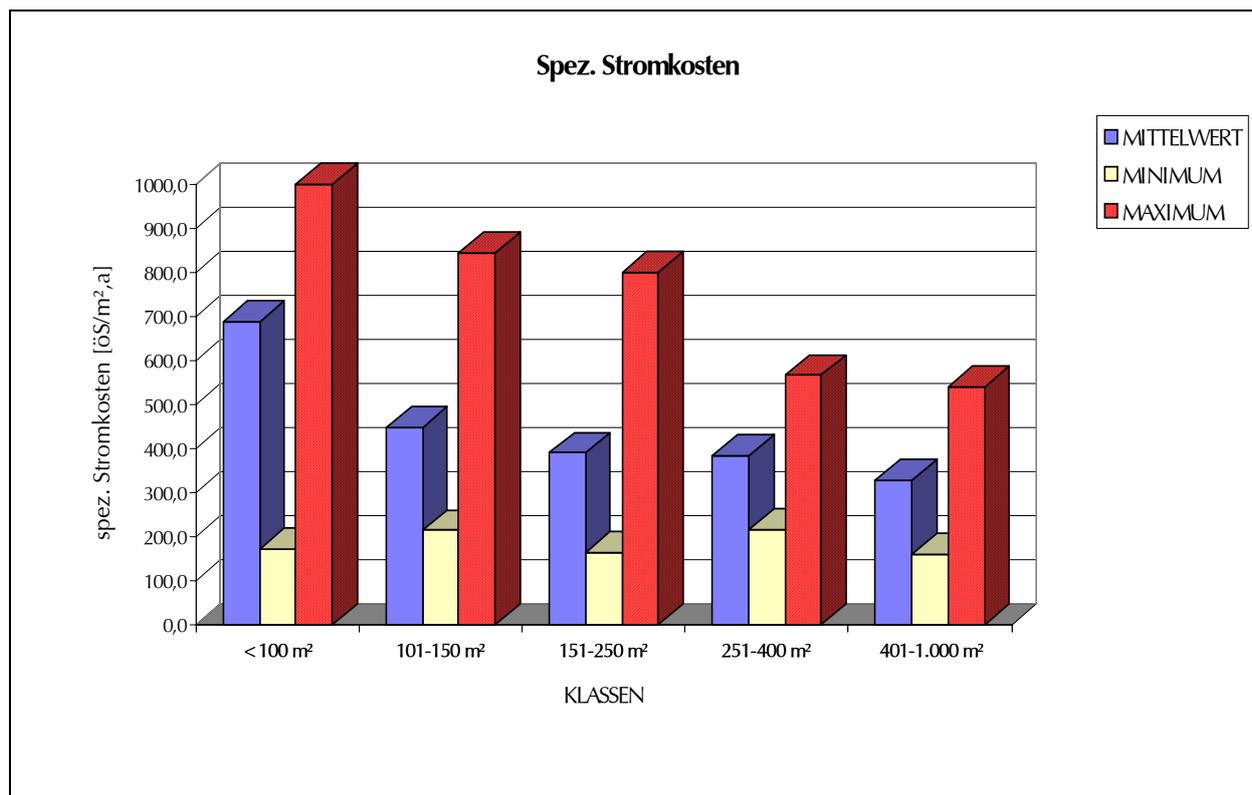


Abbildung 2.21: Spez. Stromkosten

Betrachtet man die [Abbildungen 2.20](#) und [2.21](#), so kann man feststellen, dass sich der Mittelwert des spez. Stromverbrauchs und somit auch der Mittelwert der spez. Stromkosten mit zunehmender Marktgröße kontinuierlich reduziert. Die starken Schwankungen zwischen Minimum und Maximum in den einzelnen Klassen lassen sich auf den unterschiedlichen Ausstattungsgrad und Wartungszustand der Anlagen zurückführen.

Tabelle 2.6: Spez. Heizkennzahlen bezogen auf die Verkaufsfläche

| | KLASSEN | | | | |
|---------------------------------------|----------|------------|------------|------------|--------------|
| | < 100 m² | 101-150 m² | 151-250 m² | 251-400 m² | 401-1.000 m² |
| spez. Heizenergieverbrauch [kWh/m²,a] | | | | | |
| Mittelwert | 387,6 | 276,5 | 256,3 | 185,3 | 154,5 |
| Minimum | 48,5 | 123,4 | 65,4 | 66,7 | 17,3 |
| Maximum | 750,0 | 600,0 | 588,2 | 450,0 | 350,8 |
| spez. Heizkosten [öS/m²,a] | | | | | |
| Mittelwert | 139,0 | 101,7 | 86,2 | 62,5 | 51,7 |
| Minimum | 29,4 | 67,1 | 34,9 | 20,7 | 7,6 |
| Maximum | 240,0 | 192,0 | 183,8 | 128,0 | 129,5 |

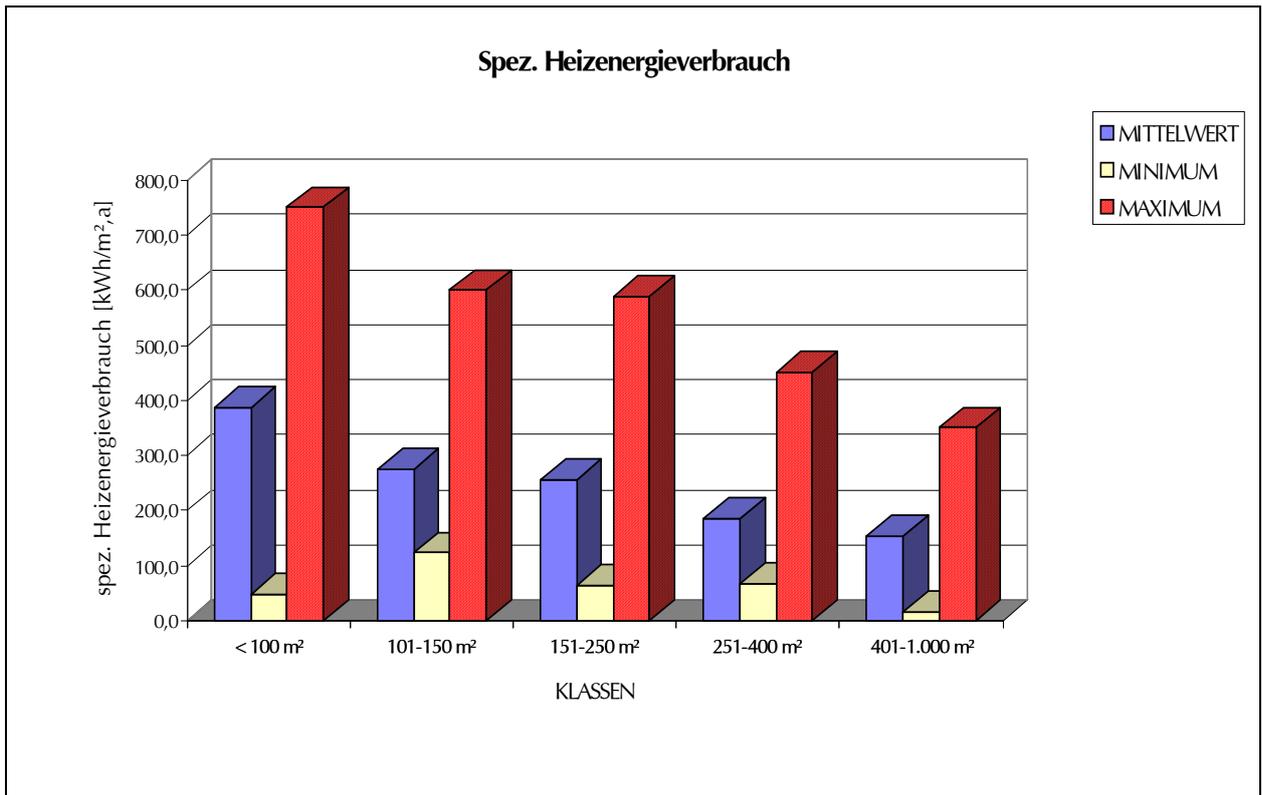


Abbildung 2.22: Spez. Heizenergieverbrauch

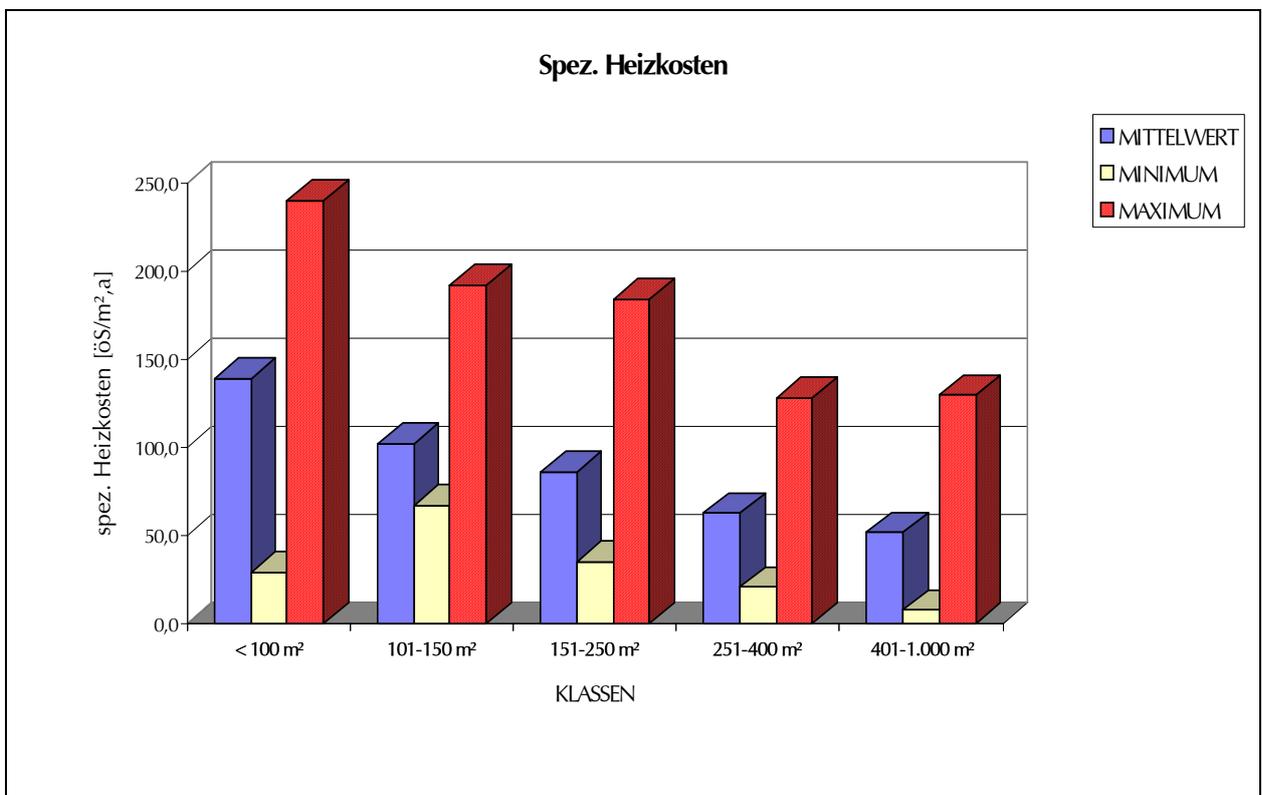


Abbildung 2.23: Spez. Heizkosten

Ähnlich dem spez. Stromverbrauch und den spez. Stromkosten ist auch beim spez. Heizenergieverbrauch ([Abbildung 2.22](#)) und den spez. Heizkosten ([Abbildung 2.23](#)) eine Reduzierung mit zunehmender Marktgröße feststellbar. Die großen Unterschiede zwischen Minimum und Maximum beim Heizenergieverbrauch sind teilweise auf die Verwendung einer Wärmerückgewinnung bzw. auf das Mitbeheizen von Räumen, die eigentlich nicht zum Lebensmittelbereich gehören (z.B. Wohnungen), zurückzuführen. Die Unterschiede bei den spez. Heizkosten ergeben sich aus den teilweise stark schwankenden spez. Kosten der einzelnen Energieträger.

Tabelle 2.7: Spez. Jahresnettoumsatz

| | KLASSEN | | | | |
|--|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | < 100 m ² | 101-150 m ² | 151-250 m ² | 251-400 m ² | 401-1.000 m ² |
| spez. Jahresnettoumsatz [öS/m ² ,a] | | | | | |
| Mittelwert | 67.740 | 53.352 | 42.950 | 44.740 | 42.749 |
| Minimum | 43.981 | 8.300 | 6.667 | 26.667 | 20.000 |
| Maximum | 92.308 | 135.000 | 73.991 | 81.019 | 62.500 |

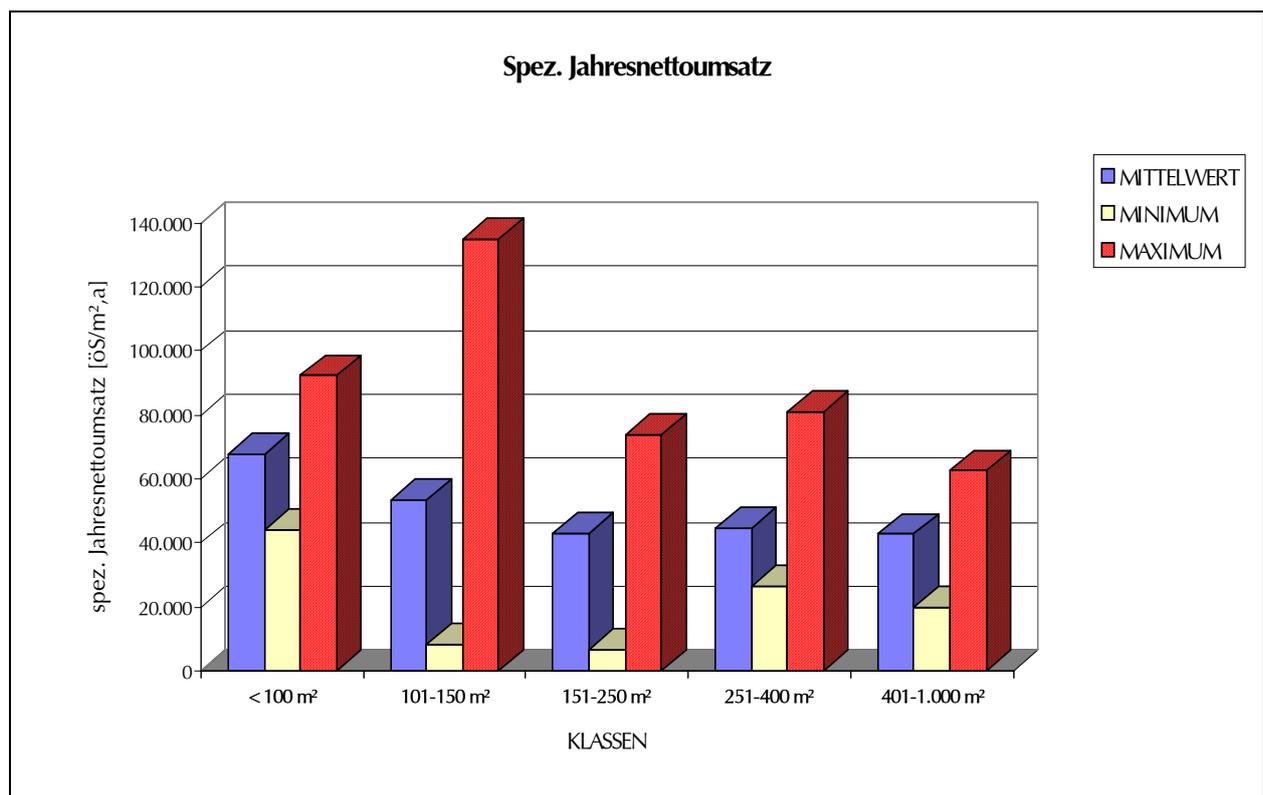


Abbildung 2.24: Spez. Jahresnettoumsatz

[Abbildung 2.24](#) stellt das Minimum, das Maximum und den Mittelwert des spez. Jahresnettoumsatzes in den einzelnen Klassen dar.

2.4 Schwachstellen

Ziel der Branchenberatung war und ist es in erster Linie, Mängel beim Betrieb der verschiedenen energietechnischen Anlagen (Kühlanlagen, Heizungssystem, etc.) aufzuzeigen und Möglichkeiten vorzuschlagen, das bestehende System ohne größere Investitionskosten in Richtung Optimierung der Energiekosten zu verbessern. Es ist zu erwähnen, dass die vor Ort durchgeführten Erhebungen und Untersuchungen nur als Momentaufnahme zu sehen sind, im Rahmen derer nicht alle tatsächlich auftretenden Schwachstellen gefunden und dokumentiert werden können.

Als allgemeine Schwachstellen konnten die in [Tabelle 2.8](#) und [Abbildung 2.25](#) dargestellten Problemkreise definiert werden.

Tabelle 2.8: Allgemeine Schwachstellen

| PROBLEMKREIS | abs. Anzahl (105 ausgewertete Märkte) |
|-----------------------|--|
| Heizung | 14 |
| Brauchwasserbereitung | 33 |
| Stromspitzen | 41 |
| Stromtarif | 27 |

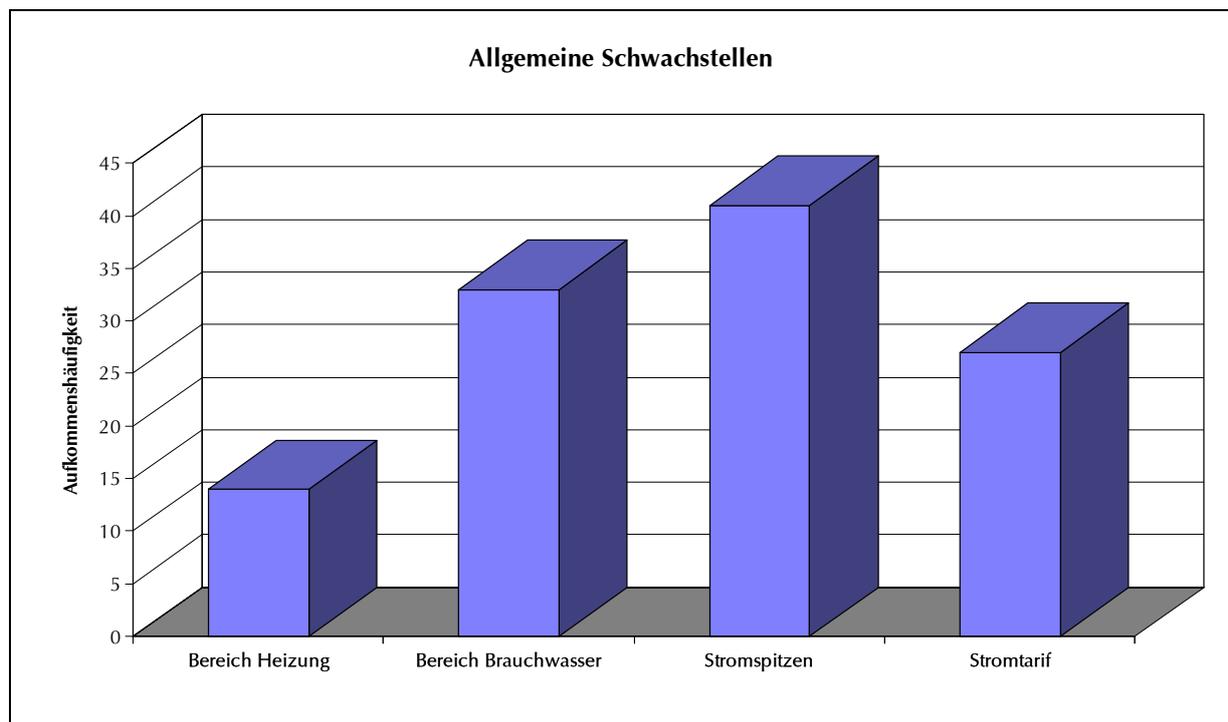


Abbildung 2.25: allgemeine Schwachstellen

Im Bereich der Kühlanlagen konnte die in [Tabelle 2.10](#) und [Abbildung 2.26](#) dargestellte Aufkommenshäufigkeit der verschiedenen Schwachstellen (Definition in [Tabelle 2.9](#)) gefunden werden.

Tabelle 2.9: Definition Problemstelle/Mängel

| Problemstelle | Mängel, Fehler, Probleme, etc. |
|-----------------------------|--|
| Kondensator | Verschmutzte Kondensatoren sowie schlechte Kühlung der Kondensatoren (schlechte Luftführung, etc.) |
| Saugleitungen | Unisolierte Saugleitungen, Saugleitung mit Flüssigleitung gemeinsam in Isolierung |
| Verdampfer | Kühlmöbel, bei welchen laut Auskunft des Betreibers der Verdampfer nie gereinigt wird |
| Nachtabdeckung | Nicht verwendete Nachtabdeckungen bzw. falsch verwendete Nachtabdeckungen (z.B. nur dünne Abdeckplatten bei Tiefkühlinseln anstelle von dicken Isolierschaumplatten) |
| Scheiben- und Rahmenheizung | Scheiben- und Rahmenheizung ohne Energiespareinrichtungen, wie zB Taupunktregelung bei der Scheibenheizung bzw. Taktbetrieb oder temperaturgesteuerter Betrieb bei der Rahmenheizung |
| Beladung, Etagere | Überladungen (Nichteinhalten der Stapelgrenzen) sowie falsch oder ungünstig eingehängte Etagere |
| Beleuchtung | Zu hohe vorhandene Beleuchtungsstärke bzw. negativer Einfluß von benachbarten Beleuchtungseinrichtungen auf das Kühlmöbel |
| Produkttemperatur | Grobe Abweichung von der Sollprodukttemperatur |

Tabelle 2.10: Schwachstellen im Bereich Kälteerzeugung und Kühlmöbel

| Problemstelle (Beschreibung siehe Tabelle 2.9) | Anzahl der Schwachstellen (105 ausgewertete Märkte) |
|--|---|
| Kondensator | 204 |
| Saugleitungen | 212 |
| Verdampfer | 174 |
| Nachtabdeckung | 95 |
| Scheiben- und Rahmenheizung | 23 |
| Beladung, Etagere | 126 |
| Beleuchtung | 18 |
| Produkttemperatur | 107 |

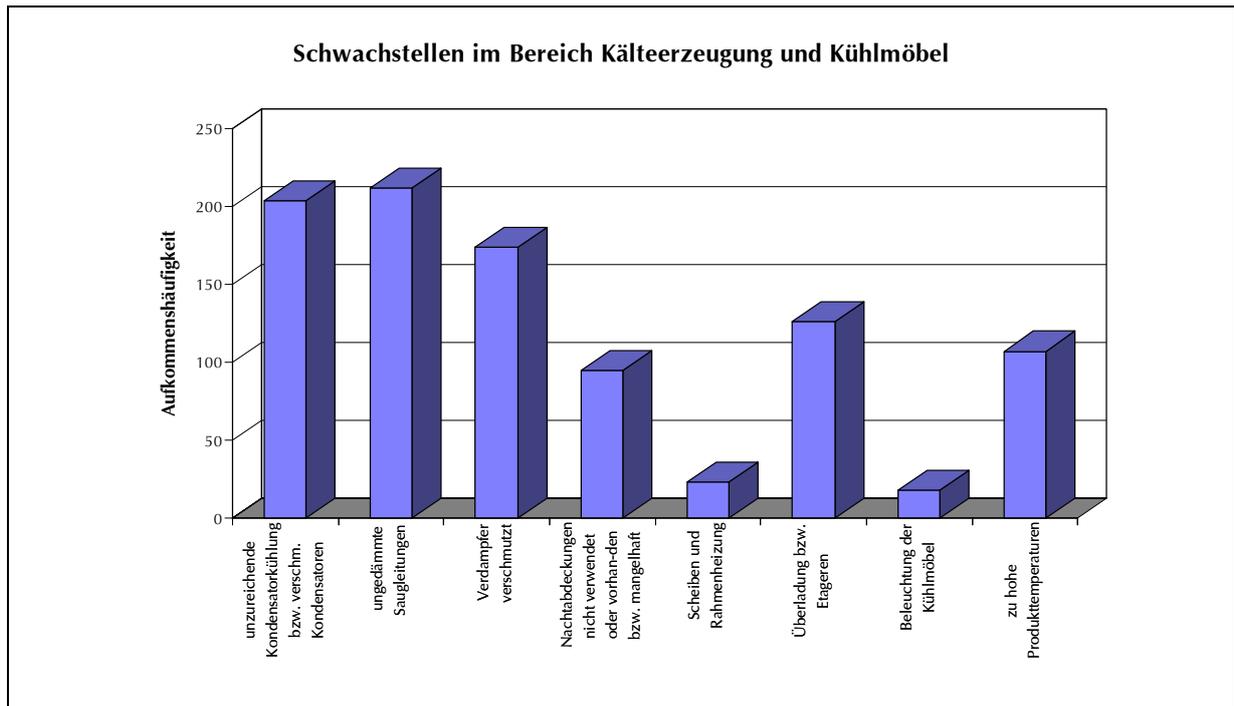


Abbildung 2.26: Schwachstellen im Bereich Kälteerzeugung und Kühlmöbel

2.5 Einsparpotentiale

Versucht man die gefundenen Schwachstellen monetär auszudrücken, so kommt man zu folgenden, in der Tabelle 2.11 zusammengestellten Ergebnissen. Die Quantifizierung der Einsparpotentiale erfolgte nach den Berechnungsmethoden der Studie "Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten" (Ebner, et. al, 1994, [4], [5], [6])

Tabelle 2.11: Stromkosteneinsparpotential durch Umsetzung rein betrieblicher Maßnahmen (ohne bzw. mit geringen Investitionskosten)

| <i>Stromkosteneinsparungspotential</i> | | | |
|---|----------------|---------------|------------------|
| (Umsetzung ohne bzw. mit geringen Investitionskosten möglich) | | | |
| | Einh. | gesamt | pro Markt |
| untersuchte Märkte | | 105 | 1 |
| dezentral versorgte Kühlstellen | | 408 | 3,89 |
| steckerfertige Kühlstellen | | 363 | 3,46 |
| Gesamtfläche | m ² | 48.141 | 458 |
| Verkaufsfläche | m ² | 30.616 | 292 |
| Stromverbrauch (des gesamten Marktes) | kWh/a | 6.347.736 | 60.455 |
| Stromkosten (inkl. Leistungs- u. Meßpreis) | öS/a | 10.927.816 | 104.074 |
| Einsparungspotential | öS/a | 1.086.633 | 10.349 |
| | % | 9,5 | 9,5 |

3 Energiesystem "Lebensmittelmarkt"

So wie jeder andere Betrieb stellt auch ein Supermarkt aus energetischer Sicht ein Energiesystem dar, in welchem zu verschiedenen Zeiten ein unterschiedlicher Bedarf an Endenergieträgern auf unterschiedlichem Niveau benötigt wird. In den meisten Fällen besteht folgender Bedarf:

Elektrische Energie:

- Kühlanlagen
- Kühlmöbel
- Beleuchtung
- Warmwasserbereitung
- Kassen
- Schneidemaschinen
- Mühlen
- Leberkäswärmer etc.

Öl, Gas, Festbrennstoffe, etc.:

- Heizung
- Warmwasserbereitung

Während der Energieverbrauch von Geräten wie Registrierkassen etc. allein von der Betriebszeit bestimmt wird, hängt der Strombedarf der Kälte- und Wärmeerzeugung zusätzlich von den klimatischen Bedingungen (bzw. Schwankungen) ab.

Zur Optimierung des Energiesystems Lebensmittelmarkt ist es nun erforderlich, das Gesamtsystem und nicht nur einzelne Teile separiert voneinander zu betrachten. Als Beispiel wäre hier besonders der Punkt der Abwärmenutzung der Kälteanlagen zu nennen (s.a. Kapitel Wärmerückgewinnung). Leider kommt es sehr oft vor, dass die Abwärme der Kälteanlagen ins "Freie" geblasen wird, während auf der anderen Seite teurer Strom für die Bereitung des Warmwassers sowie Öl oder Gas für die Heizung verbraucht werden. Es sollte demnach bereits bei der Planung eines Marktes ein gesamtheitlicher Denkansatz erfolgen. Es ist leider oft festzustellen, dass jeder Planer und Professionist (Kälteanlageninstallateur, Heizungsinstallateur, etc.) nur in seinem Bereich "denkt" und die Schnittstellen und gegenseitigen Beeinflussungen der einzelnen Bereiche oft vernachlässigt werden. In diesem Zusammenhang wäre für den gesamten Bereich Energie ein Generalverantwortlicher wünschenswert, dessen Aufgabe unter anderem die Koordination der einzelnen Professionisten zur optimalen Vernetzung der verschiedenen Aufgabenbereiche ist.

3.1 Kühlung

Der Bereich der Kühlung und Tiefkühlung ist für den dominierenden Anteil am gesamten Stromverbrauch und damit auch an den Stromkosten in einem Lebensmittelmarkt verantwortlich. Durchschnittlich sind ca. 60% des gesamten elektrischen Energieverbrauches der Kühlung zuzurechnen.

3.1.1 Kälteerzeugung

Im Bereich der gewerblichen Kühltechnik werden unterschiedliche Ausführungsvarianten von Kälteanlagen angewendet. In [Abb. 3.1](#) sind die derzeit hauptsächlich gebräuchlichen Ausführungen schematisch dargestellt.

In der Praxis sind meist Einzel- und/oder Verbundanlagen neben steckerfertigen Kühlmöbeln (Stichwort: ESKIMO-Eistruhe³ im Kassenbereich, Lagertiefkühltruhe, etc.) anzutreffen. Indirekte Anlagen (das sind Anlagen mit einem Kälte­träger­zwischen­kreislauf) werden in letzter Zeit verstärkt bei größeren Märkten eingesetzt.

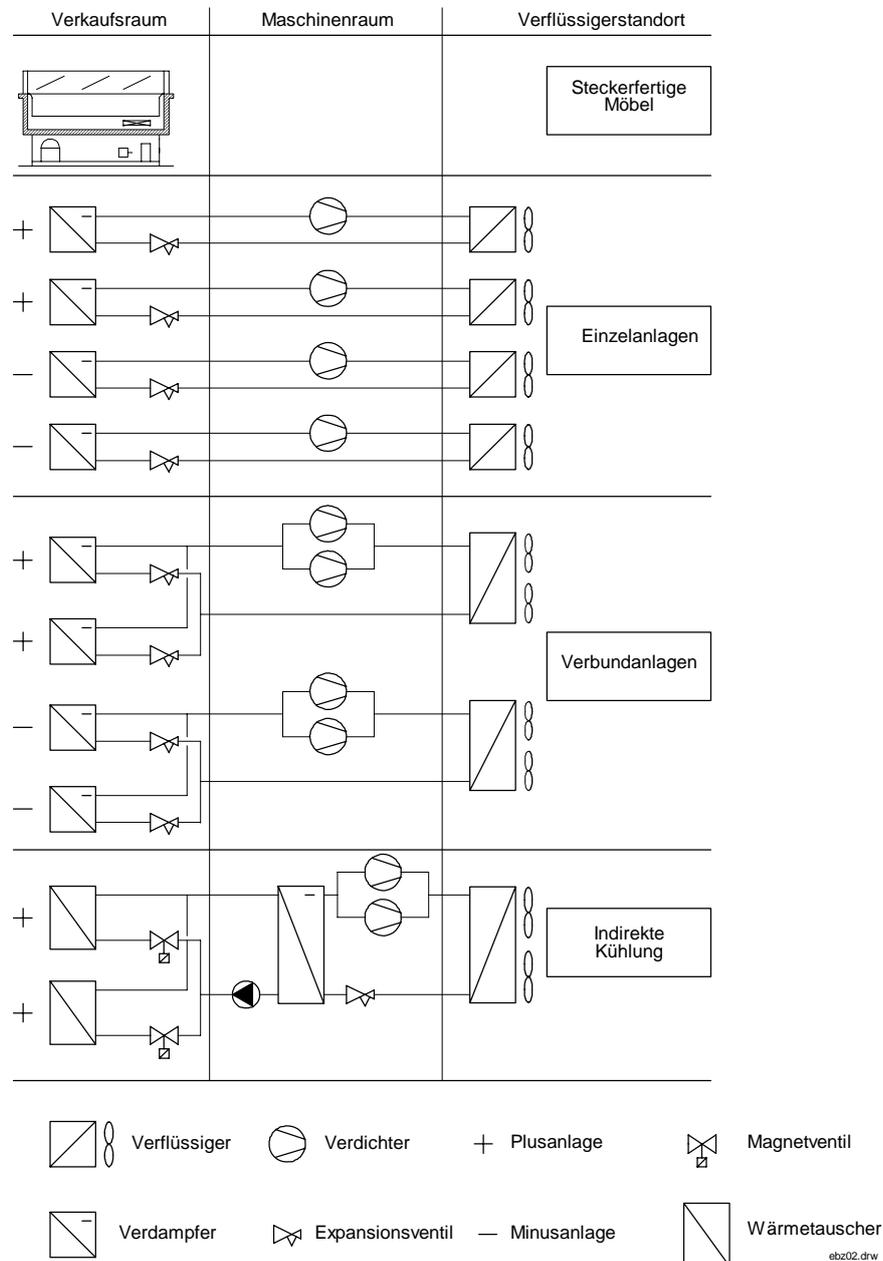


Abbildung 3.1: Anlagenkonzepte, [4]

Welche der o.a. Bauformen die sinnvollste ist, kann nicht allgemein beantwortet werden und hängt von einer Reihe von Randbedingungen (wie z.B. der Größe des Marktes) ab.

³ Unter ESKIMO-Truhe sind keine Truhen der Fa. ESKIMO zu verstehen, sondern vielmehr sind damit die kleinen steckerfertigen (Speiseeis-)Truhen gemeint für die sich diese Bezeichnung eingebürgert hat.

3.1.2 Kühlmöbel

Die Einteilungsmöglichkeiten der Kühlmöbel sind vielfältig:

- Pluskühlmöbel - Minuskühlmöbel
- offen - geschlossen
- vertikale - horizontale Öffnung
- steckerfertig - extern versorgt
- Umluftkühlung - stille Kühlung - Kontaktkühlung etc.

3.1.2.1 Anforderungen Zielkonflikte

Die Kühlmöbel stellen den sichtbaren Teil der Kühlanlagen im Markt dar. Für die verschiedenen Aufgabenstellungen gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Kühlmöbelarten und Typen.

Das Kühlmöbel im Lebensmittelhandel hat primär zwei Funktionen zu erfüllen:

- **Präsentation der Waren im Verkaufsbereich**
- **Frischhalten der im Möbel gelagerten Waren**

Die Hauptfunktion aus der Sicht des Verkaufs ist dabei zweifellos die **Warenpräsentation**, wobei eine möglichst effektvolle Darbietung der ausgestellten Produkte den Verkaufsumsatz steigern soll. In diesem Sinne werden an die Kühlmöbel die gleichen Anforderungen gestellt wie an alle anderen Verkaufsmöbel im Markt (Regale, Theken, Körbe und dgl.).

Demnach hat das Möbel:

- **die ausgestellten Produkte optimal zur Schau zu stellen,**
- **dem Kunden einen unkomplizierten Wareneinsatz zu ermöglichen,**
- dem Gestaltungskonzept des Marktes (Dekoration des Verkaufsbereichs, **Imagepflege**) zu entsprechen.

Für das Kühlmöbel heißt dies:

- optisch leicht wirkendes Design (dünne Wände, schmale Fronten, ..),
- gute Wareneinsicht (große Aussparungen der Wände, große Glasflächen, ..),
- effektvolle Beleuchtung der ausgestellten Waren (Kopfbeleuchtung, Etage-
renbeleuchtung, ..),
- große Möbelöffnungen (keine Türen, ..),
- kundenfreundliches Komfortklima auch in Möbelnähe (keine kalte Kühlwarenabteilung),
- imageförderndes Design,
- etc.

Gleichzeitig dient das Möbel gewissermaßen als Lagerraum, in dem durch optimale Lagerbedingungen die Waren in qualitativ einwandfreiem Zustand erhalten werden müssen.

Das Möbel übernimmt demnach auch eine **Frischhaltefunktion**, woraus folgende Forderungen resultieren:

- **Einhaltung der geforderten Kühlguttemperatur (Temperaturobergrenzen) aller Waren im Möbel,**
- **Vermeidung von größeren Temperaturschwankungen,**
- **Einhaltung der erforderlichen Luftfeuchtigkeit (bei unverpackten Waren).**

Um diesen Forderungen technisch optimal (d.h. auch mit geringem Energieverbrauch) entsprechen zu können, müssten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- möglichst geschlossene Möbel mit dick isolierten Wandungen (Vermeiden von Öffnungen, Aussparungen, ...),
- keine Wärmequellen im Kühlbereich (keine beheizten Glasscheiben und Handläufe, keine Beleuchtung, ...),
- geringe Umgebungstemperaturen am Aufstellungsort,
- etc.

Diese beiden Hauptfunktionen werden überlagert durch die **wirtschaftlichen Forderungen** nach:

- **Minimierung der Investitionskosten**
- **Minimierung der Betriebskosten**

Alle diese Forderungen stellen insgesamt betrachtet ein großes Potential an Zielkonflikten dar, das sich schon allein durch Gegenüberstellung der Forderungen aus der Präsentationsfunktion und jener der Frischhaltefunktion erkennen lässt.

Große Möbelöffnungen beispielsweise ermöglichen nicht nur eine gute Wareneinsicht, sondern erhöhen wesentlich den Wärmeeintrag und verursachen Temperaturprobleme in Öffnungsnähe. Diese können nur durch großen technischen Aufwand (hohe Anschaffungskosten!) in Grenzen gehalten (aller Erfahrung nach jedoch kaum gänzlich beseitigt) werden. Häufig wird dazu ein aufwendiger Luftschleier im Bereich der Möbelöffnung installiert, wobei man entsprechend viel Ventilatorleistung benötigt und damit die Stromkosten erhöht. Die elektrische Energie zum Antrieb der Ventilatoren, die sich mehrheitlich innerhalb des Kühlmöbels befinden, wird in Wärme umgewandelt und an das Kühlmöbel abgegeben. Die Kälteanlage muss daher nicht nur den großen Wärmeeinfall durch die Öffnung sondern auch die Abwärme der Ventilatoren abführen, was die Betriebskosten zusätzlich erhöht.

Analog verhält es sich mit anderen Wärmequellen, wie Beleuchtungseinrichtungen, beheizten Scheiben, Handläufen usw.

Diese Zielkonflikte können nur durch geeignete **Optimierung** bewältigt werden, die größtenteils Aufgabe der Möbelhersteller ist. Das Ergebnis dieser Optimierung richtet sich allerdings nach der Gewichtung der gestellten Anforderungen, welche hauptsächlich vom Möbelkäufer vorgegeben werden. Dabei kann man beispielsweise beobachten, dass moderne Möbel trotz großer technischer Verbesserungen oft unwesentlich weniger bzw. sogar mehr Energie verbrauchen als ältere Modelle. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zweifellos die Verkaufsargumente dominieren, und die laufen geradewegs entgegen den kältetechnischen und energetischen Anforderungen.

Der Spielraum für energetisch-wirtschaftliche Forderungen der Technikabteilungen von Lebensmittelketten ist häufig sehr beschränkt. Dies unter anderem auch deshalb, weil der technischen Abteilung häufig **Daten zur Quantifizierung von Kosteneinsparungen fehlen**, mit deren Hilfe gegen die Forderungen der Verkaufsabteilung argumentiert werden könnte. Hinzu kommt, dass Maßnahmen zur Senkung der Betriebskosten meist mit erhöhten Anschaffungskosten verbunden sind und diese in der vorgegebenen **Amortisationszeit von 1 bis 3 Jahren** nicht legalisiert werden können.

Die Verkaufsfreundlichkeit der Möbel geht aber nicht nur zu Lasten des Energieverbrauchs sondern häufig auch auf Kosten der Warenqualität. Wie im Kapitel "Temperatureinhaltung" noch näher ausgeführt wird, gibt es im realen Einsatz eine Reihe von Möbel, die nicht in der Lage sind, die Produkte in Öffnungsnähe auf dem geforderten Temperaturniveau zu halten, und dies obwohl die Waren im Möbelerinneren zum Teil schon weit unter der geforderten Mindesttemperatur lagern.

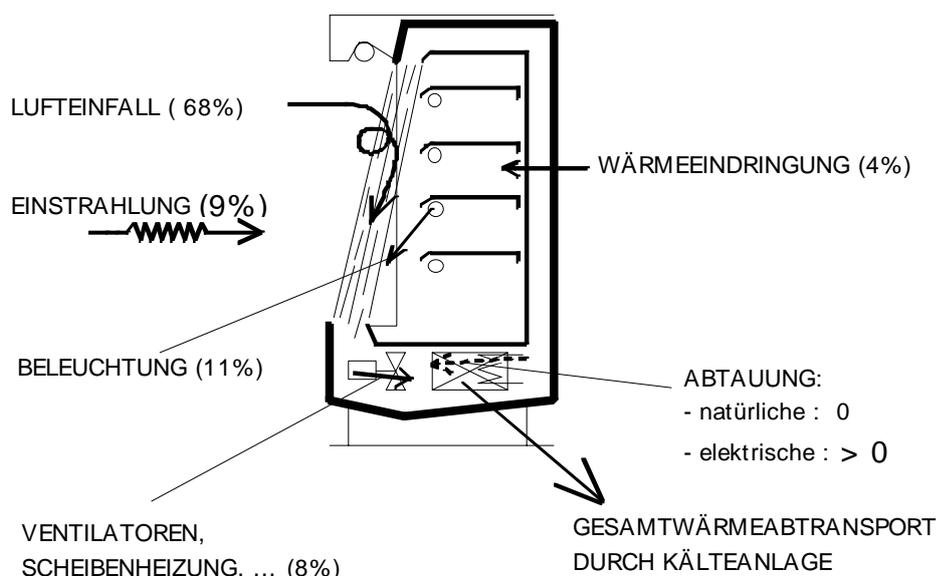
3.1.3 Energieverbrauch - Energiekostensparmaßnahmen im Kühlbereich

Bezüglich des Energiebedarfs von Kühlmöbeln muss unterschieden werden zwischen:

- Kälteenergiebedarf (wird durch den Kompressor bereitgestellt)
- elektrischer Energiebedarf der Zusatzverbraucher

Während der Energiebedarf der Zusatzverbraucher 1:1 in Stromverbrauch umgemünzt werden kann, hängt der elektrische Energieverbrauch zur Bereitstellung der Kälteenergie davon ab ob es sich um eine Plus- oder Minuskühlung handelt. Als Faustformel können folgende Werte verwendet werden:

Mit 1 kWh elektrischer Energie kann ein Kältekompressor ca. 2 .. 2,5 kWh Kälteenergie für die Pluskühlung bzw. 0,8 .. 1,2 kWh Kälteenergie für die Minuskühlung "erzeugen". Daraus folgt, dass die Tiefkühlung bezogen auf den Kältebedarf weitaus stromintensiver ist. In nachfolgender Abbildung ist die Wärmebilanz eines Wandkühlregals beispielhaft dargestellt.



ebz14.dr

Abbildung 3.2: Wärmebilanz eines +4/6 °C Wandkühlregals [3]

Betrachtet man die Abbildung 3.2 so kann man erkennen, dass der Großteil des Energieeintrages und damit auch -bedarfs durch die offene vertikale Öffnung hervorgerufen wird.

An dieser Stelle wird festgestellt, dass bei der energetischen Beurteilung von verschiedenen Kühlmöbeltypen, Möbelfabrikaten und Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauches immer davon auszugehen ist, dass das Möbel seiner Hauptaufgabe, nämlich der Aufrechterhaltung der geforderten Kühlbedingungen für das entsprechende Produkt gerecht wird. Entsprechend den einzelnen Stadien beim Bau einer Kälteanlage werden die Maßnahmen zur möglichen Nutzung von Einsparungspotentialen im folgenden verschiedenen Bereichen zugeordnet. Bestimmte Maßnahmen sind in mehreren Stadien von Bedeutung und können daher auch in mehreren der folgenden Tabellen vorkommen.

3.1.3.1 Vorplanung

Bereits im Stadium der Vorplanung eines Marktes bzw. bei der Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für Kühlmöbel und Kälteanlagen lässt sich die energetische Effizienz der Kälteerzeugung maßgeblich beeinflussen. Im Folgenden sind die wesentlichsten Punkte in diesem Zusammenhang aufgelistet.

Tab. 3.1: Energiesparmaßnahmen (Vorplanung) [5]

| Maßnahme | Spareffekt | Wirtschaftlichkeit | Bemerkung |
|--|------------|--------------------|---|
| optimale Platzierung des Maschinenraumes (möglichst kurze Sauggasleitungen): | | gut | |
| dadurch geringere Sauggaserwärmung | • | | |
| kleinere Druckverluste | • | | |
| Vermeidung ungünstiger Umgebungsbedingungen: | | gut | |
| Bildung von Kühlzonen durch geeignete Gruppierung von Kühlmöbeln | •• | | |
| Vermeidung von Zugluft vor Möbelöffnungen (z.B. durch Luftheizregister) | •• | | |
| Wahl günstiger Möbeltypen: Bestimmte Möbeltypen weisen gegenüber anderen einen niedrigeren spezifischen Energiebedarf auf. | ••• | sehr gut | Da die Möbeltypen meist auf Grund von Marketingüberlegungen ausgewählt werden, ist eine Realisierung oft schwierig. |
| Prüfung der Möglichkeit einer Wärmerückgewinnung: | •••• | | Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit sind sehr stark von den Rahmenbedingungen abhängig. |
| (• ... ••••) = (gering ... sehr groß) | | | |

3.1.3.2 Detailplanung und Bau

Im Stadium der Detailplanung, Auswahl und Festlegung der endgültigen Ausführung der kältetechnischen Ausrüstung eines Marktes sowie deren Bau, werden die wichtigsten Voraussetzungen für eine optimale Funktion, aber auch für einen energetisch optimalen Betrieb geschaffen.

Tab. 3.2: Energiesparmaßnahmen (Detailplanung und Bau) [5]

| Maßnahme | Spareffekt | Wirtschaftlichkeit | Bemerkung |
|---|------------|--------------------|--|
| Auswahl des besten angebotenen Möbelfabrikates: | | | |
| Vermeidung von energetisch ungünstigem Zubehör | •• | gut | |
| möglichst hohe Verdampfungstemperatur | • | gut | |
| optimierte Luftschleier bzw. Luftführung | ••• | gut | |
| effiziente Glastüren (z.B. durch Beschichtungen) | • | gut | derzeit kaum verfügbar |
| reflektierende Schirme zur Reduzierung des Strahlungswärmeeintrages | • | gut | |
| bedarfsgesteuerte Rahmen-, und Scheibenheizungen | •• | gut | |
| optimierte Luftströmung am Verdampfer | • | gut | |
| Verwendung optimierter Ventilatoren | • | gut/kritisch | |
| wirksame Wärmedämmung | • | gut/kritisch | |
| optimierte Beleuchtung | • | gut | |
| Optimierung bei Bau und Regelung: | | | |
| Verbundanlagen statt Einzelanlagen | • | | |
| Verbundanlagen nur für Kühlstellen mit möglichst gleicher Verdampfungstemperatur | • | gut/kritisch | erst ab gewisser Leistungsgröße interessant |
| Einsatz geregelter Verdichter (z.B.: polumschaltbar, Frequenzumrichterbetrieb, etc.) | •• | gut/kritisch | Frequenzumrichterbetrieb derzeit kaum eingesetzt |
| Auswahl optimaler Verdichtergrößen | • | sehr gut | Vermeiden von Überdimensionierung günstige Leistungsstufe für Teillastbetrieb |
| Auswahl energetisch günstiger Verdichter (Leistungszahl) | •• | sehr gut | |
| bedarfsgerechte Saugdruckanhebung | • | gut | z.B. bei Nachtabdeckungen |
| minimale Sauggasüberhitzung durch Einsatz elektronischer Expansionsventile und optimale Dämmung der Saugleitungen | • | gut/kritisch | |
| Bedarfsabtauung | • | sehr gut | auch für Temperatureinhaltung wichtig |
| Heißgasabtauung statt el. Abtauung | • | gut/kritisch | |

| | | | |
|---|------|--------------|---|
| Kaltgasabtauung statt el. Abtauung ⁴ | • | gut/kritisch | nur bei Verbundsystemen mit mehreren Kühlstellen realisierbar |
| Minimierung der Druckverluste (vor allem saugseitig) | • | sehr gut | Verzicht unnötiger Armaturen; k_v -Werte beachten, z.B. Rohrbogen statt Rohrknien |
| Wärmedämmung der Sauggasleitungen | • | gut | |
| möglichst große Flüssigkeitsunterkühlung | •• | gut | |
| Auswahl energetisch günstiger Kältemittel | • | gut | ab breiter Markteinführung der neuen Kältemittel |
| großzügige Kondensatorauslegung, damit möglichst geringe Verflüssigungstemperatur | •• | sehr gut | |
| möglichst niedriger min. zulässiger Kondensationsdruck | •• | sehr gut | |
| optimale Einbindung einer Wärmerückgewinnungsanlage | •••• | | Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind sehr abhängig von den Rahmenbedingungen. |
| (• ... ••••) = (gering ... sehr groß) | | | |

3.1.3.3 Betrieb

Eine noch so sorgfältig ausgelegte und aufgebaute Kälteanlage kann nicht optimal arbeiten, wenn die Randbedingungen im Betrieb durch mangelnde Wartung oder sonstige Umstände ungünstig beeinflusst werden. Verschmutzte Wärmetauscher zB beeinflussen wesentlich die Verdampfungs- bzw. Kondensationstemperatur und damit den Energiebedarf einer Kälteanlage. Es sind daher auch während des Betriebes von Kälteanlagen verschiedene Punkte zu beachten.

Tab. 3.3: Energiesparmaßnahmen (Betrieb) [5]

| Maßnahme | Spareffekt | Wirtschaftlichkeit | Bemerkung |
|--|------------|--------------------|--|
| Kühlmöbel, Möbelumgebung: | | | |
| Verwendung von reflektierenden Verpackungsmaterialien für Kühlprodukte | • | sehr gut | durch die Produkte meist vorgegeben und damit keine Einflußmöglichkeit gegeben |
| sachgemäße Warenstapelung in den Kühlmöbeln | • | sehr gut | auch für Temperatureinhaltung wichtig |

⁴ Die Verwendung von Heiß- oder Kaltgasabtauungen im Tiefkühlbereich hat noch weitere Vorteile: Sicherung der Produktqualität durch Verminderung der Temperaturschwankungen während der Abtauphase und Verringerung der Gefahr von Lastspitzen (und damit hoher Leistungskosten für die elektrische Energie).

| | | | |
|--|------|----------|---|
| konsequente Verwendung von Nachtabdeckungen | •••• | sehr gut | möglichst automatisierte Systeme verwenden; optimal in Verbindung mit Saugdruckanhebung |
| möglichst geringe Luftgeschwindigkeiten in der Nähe von Möbelöffnungen | •• | gut | |
| Vermeidung von Strahlungswärmeeintrag | • | gut | Sonne, Scheinwerfer, etc. |
| Abschalten der Beleuchtung während der verkaufsfreien Zeit | •• | sehr gut | |
| regelmäßige Wartung des Kühlmöbels | • | gut | Reinigung des Verdampfers und der Strömungskanäle |
| Kälteerzeugungsanlage: | | | |
| optimale Regelung | • | gut | zB regelmäßige Kontrolle der Abtauuhren |
| möglichst niedriger Kondensationsdruck | ••• | sehr gut | |
| regelmäßige Wartung der Kälteanlage | • | gut | rechtzeitige Erkennung und Behebung von Fehlfunktionen |
| regelmäßige Reinigung des Kondensators | •• | sehr gut | Verschmutzung kann zu einer starken Erhöhung der Kondensatontemperatur führen |
| regelmäßige Kontrolle der Kältemittelfüllung | •• | sehr gut | |
| (• ... ••••) = (gering ... sehr groß) | | | |

Bei Realisierung aller möglichen energiesparenden Maßnahmen kann mit nachfolgenden Einsparungen gegenüber heute üblichen Durchschnittsanlagen gerechnet werden (Tab. 3.4). Die angeführten Zahlenwerte stammen aus einschlägigen Veröffentlichungen und wurden im Zuge von Auswertungen eigener Untersuchungen an einzelnen Anlagen verifiziert.

Tab. 3.4: Energieeinsparpotentiale [5]

| Maßnahmenbereich | Einsparpotential |
|--|------------------|
| optimale Kühlmöbeltechnik | 15 ÷ 30 % |
| optimale Regelung | 5 ÷ 10 % |
| verbesserte Kälteanlagen | 15 ÷ 20 % |
| gute Wartung | 10 ÷ 15 % |
| Totaleinsparpotential bei Realisierung aller Maßnahmen | 35 ÷ 55 % |
| Anmerkung: Die Zahlenwerte für das Gesamteinsparungspotential sind nicht als Summe der Teilpotentiale zu verstehen, da es zu Überschneidungen von Effekten der Einzelmaßnahmen kommen kann. | |

3.2 Lüftung und Klimatisierung

Zur Aufrechterhaltung der hygienischen Anforderungen ist oft ein Lüftungssystem notwendig. Können die Lüftungsanlagen auch noch Erwärmen, Abkühlen, Be- und Entfeuchten, so spricht man von Klimaanlage.

Die Hauptaufgaben von Klimaanlage sind:

- Konditionierung der Luft
- Sicherung des nötigen Luftwechsels
- Reinigung der Luft

Der Bereich der Lüftung und vor allem Klimatisierung wird im Bereich des Lebensmittelhandels so wie in vielen anderen Bereichen des Gewerbes leider sehr stiefmütterlich behandelt. Besonders die Klimatisierung hat mit zwei hartnäckigen Vorurteilen zu kämpfen:

- Klimaanlage machen krank
- Klimaanlage erhöhen die Stromkosten enorm

Beide Vorurteile sind eigentlich falsch. Bei klimatisierten Gebäuden, in denen es zu gesundheitlichen Problemen kommt, ist das kein prinzipielles Problem der Klimaanlage, sondern es handelt sich meist um Fälle mit schlecht geplanten, falsch geregelten oder mangelhaft gewarteten Anlagen. Das zweite Vorurteil, dass Klimaanlage (bzw. Anlagen zur Kühlung) die Stromkosten erhöhen stimmt dann meist nicht, wenn man von der Rahmenbedingung gleicher Innenraumtemperatur ausgeht.

Für einen Lebensmittelmarkt muss zuerst die Frage gestellt werden, ob es im Sommer zu sehr hohen Temperaturen im Markt kommt. Neben der Bauphysik und dem Standort des Marktes spielen dabei besonders die Innenlasten eine wesentliche Rolle. Beispielsweise geben steckerfertige Kühlgeräte ihre gesamte Abwärme an den Raum ab. Dazu kommen dann noch andere elektrische Verbraucher und die Wärmeabgabe durch die im Markt befindlichen Personen. Für den Fall, dass es neben den steckerfertigen Kühlmöbeln auch noch Kühlmöbel gibt, die extern versorgt werden, kommt es durch diese Geräte automatisch zu einer gewissen Kühlung des Marktes. Eine Kühlung des Raumes über die Kühlmöbel stellt aber energetisch sicherlich keine günstige Lösung dar (s. nachfolgendes Beispiel).

Zudem kommt es durch hohe Markttemperaturen im Sommer zu Problemen mit der Produkttemperatur an kritischen Stellen im Kühlmöbel. Es gilt dabei zu bedenken, dass die Kühlmöbel und die Aggregate meist für maximale Marktbedingungen von 25 °C und 60 % relativer Feuchte ausgelegt sind und bei ungünstigeren Bedingungen die Sollwerte nicht mehr erreicht werden.

Beispiel: In einem Markt wird eine maximale Raumtemperatur im Sommer von 23 °C gewünscht. Dies entspricht einer Kühlleistung von 10 kW. Insgesamt tritt dieser Kühlbedarf 500 h/a auf. Wie hoch sind die Stromkosten (1,5 öS/kWh), wenn man die Raumkühlung mit einem Klimagerät, den Aggregaten der Normalkühlung oder jenen der Tiefkühlung durchführt?

Jahresstromkosten = Kühlleistung * Zeit * 1/Arbeitszahl (Wirkungsgrad) der Kälteerzeugung * spez. Stromkosten

⇒ Klimatisierung: $10 * 500 * 1/3,5 * 1,5 = 2.140 \text{ öS/a}$

⇒ Plusanlage: $10 * 500 * 1/2,3 * 1,5 = 3.260 \text{ öS/a}$

⇒ Minusanlage: $10 * 500 * 1/1 * 1,5 = 7.500 \text{ öS/a}$

Im Bereich von Lebensmittelmärkten ist eine Vollklimaanlage meist nicht nötig. Es genügt oft ein reines Kühlgerät mit dem automatisch auch eine gewisse Entfeuchtung der Raumluft erfolgt. Die Bauformen derartiger Geräte sind vielfältig und reichen von kleinen mobilen verdunstungsgekühlten Geräten über Splitgeräte in Wand- oder Deckenbefestigung bis zu zentralen Anlagen.

3.3 Sonstige elektrische Verbraucher

3.3.1 Beleuchtung

Neben den Kälteanlagen stellt die Beleuchtung in einem Lebensmittelmarkt meist den zweitgrößten Verbraucher von elektrischer Energie dar. In Lebensmittelmärkten ohne bzw. mit wenigen Außenfenstern hat die Beleuchtung eine sehr hohe Einschaltdauer. Liegt die Beleuchtung in gekühlten Bereichen, so verdoppelt sich der Energieverbrauch dadurch, dass die durch die Beleuchtung eingebrachte Energie dem Raum durch die Kühlanlagen wieder entzogen werden muss, was wiederum hohe Stromkosten verursacht. Überprüfen Sie einmal folgende Punkte:

- Ist die Beleuchtung wirklich nur dort eingeschaltet wo sie gebraucht wird ?
- Kann in einigen Bereichen die Beleuchtungsstärke reduziert werden?
- Werden bereits Leuchtröhren der "neuen" Generation verwendet (die schlanken Leuchtstoffröhren haben bei gleicher Lichtleistung einen um 10 % geringeren Stromverbrauch; die noch bessere Ausführung hat gleichzeitig einen geringeren Energiebedarf und eine erhöhte Lichtleistung was umgerechnet einer Verbrauchseinsparung von rund 30 % gleichkommt)
- Wie ist die Anordnung Ihrer Beleuchtungseinrichtung?
- Werden Reflektoren verwendet?
- Gibt es eine tageslichtgesteuerte Ein- und Ausschaltung der Beleuchtung?

3.3.2 Backöfen, E-Herde, Leberkäswärmer, Geschirrspüler, etc.

In den meisten Märkten gibt es meist eine Reihe von elektrischen Geräten zur Bereitstellung thermischer Energie für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle. Ihnen ist allen gemeinsam, dass sie meist eine beträchtliche Anschlußleistung, aber über das Jahr gesehen eine geringe Einschaltdauer bzw. Vollaststundenanzahl haben. Dies heißt aber wiederum, dass sich diese Geräte meist nicht wesentlich auf die Kosten für die elektrische Arbeit, sehr wohl aber auf jene der elektrischen Leistung auswirken (s.a. Kap. Stromtarife). Durch eine hohe Anschlußleistung und einen unregelmäßigen parallelen Betrieb derartiger Geräte kann es leicht zu kurzzeitig hohen Stromspitzen kommen. In solchen Fällen ist der Einbau eines Spitzenlastwächters zu überlegen.

3.3.3 Zeitweilig benutzte elektrische Verbraucher

Unter zeitweilig benutzten elektrischen Verbrauchern sind Geräte und Anlagen zu verstehen, die im normalen Geschäftsbetrieb nicht im Einsatz sind, aber bei besonderen Anlässen verwendet werden. Ein derartiger Anlaßfall hierfür wären zB die Veranstaltung von Grillfesten o.ä. durch den Marktbetreiber. Bei diesen Veranstaltungen kommen zusätzliche Verbraucher (Fritter, Griller, Geschirrspüler, Musik, etc.) oft einige Mal im Jahr zum Einsatz. Wird der betreffende Markt mit einer Leistungsmessung abgerechnet (1/4 Stunden oder 96 Stunden Zähler - siehe auch Kap. Stromtarife), so kann es durch derartige Veranstaltungen zu einer drastischen Steigerung der Verrechnungs-

leistung und damit der Stromkosten kommen. Für derartige Veranstaltungen kann im Einzelfall der Basistarif für Baustellen und Kurzzeitanschlüsse angewendet werden. Bei Versorgung aus dem Niederspannungsnetz beträgt der Arbeitspreis ganzjährig S 3,45 je kWh.

3.4 Heizung und Warmwasserbereitung

Die Beheizung von Lebensmittelmärkten erfolgt meist mit Zentralheizungsanlagen. Als Energieträger werden

- Heizöl (Extra Leicht oder Leicht)
- Erdgas
- Flüssiggas (selten)
- Biomasse
- Fernwärme
- elektrischer Strom (selten)

verwendet. In einigen Märkten werden zusätzlich in einem Festbrennstoffkessel die im Betrieb anfallenden Abfälle (Kisten, Kartons) verheizt. Dies ist aus zweierlei Gründen günstig. Zum ersten stellt dieser Abfall einen kostenlosen Energieträger dar, wodurch die Heizungskosten verringert werden und zum zweiten können damit eventuell anfallende Entsorgungskosten für Abfälle vermieden werden. Dafür ist allerdings eine Bewilligung im Rahmen der Betriebsanlagengenehmigung erforderlich.

Bezüglich der Gesamtkosten stellt der Bereich Heizung in Lebensmittelmärkten einen gegenüber den Stromkosten meist weitaus geringeren Kostenfaktor dar. Besonders bei öl- oder gasbefeuerten Heizungsanlagen sind infolge der derzeit niedrigen Brennstoffkosten die Heizungskosten vergleichsweise gering. Dies ist zwar einerseits erfreulich, auf der anderen Seite ist dadurch oft auch kein wirtschaftlicher Anreiz zum Einsatz von energieeffizienten modernen Heizungsanlagen gegeben.

3.4.1 Wärmeerzeuger

In den letzten Jahren kam es gerade im Bereich der Kessel und Brenner durch Weiterentwicklungen zu großen Fortschritten bezüglich Wirkungsgrad und Emissionen. Moderne Anlagen können durch modulierende Brenner meist leistungsgeregelt betrieben werden. Außerdem wird ein Heizkessel nicht auf konstanter Temperatur betrieben, sondern gleitend mit der minimal erforderlichen Temperatur. Dadurch können die Strahlungs- und Bereitschaftsverluste minimiert werden. Ein weitverbreitetes Problem, das bei alten Anlagen häufig anzutreffen ist, ist eine oft große Überdimensionierung der Kessel. Dadurch wird die Anzahl der Anfahrvorgänge erhöht sowie die Bereitschaftsverluste vergrößert, was den Nutzungsgrad vermindert.

Für eine Beurteilung der Kesselanlage wird der Jahresnutzungsgrad (Verhältnis zwischen Nutzwärme ab Kessel und Brennstoffeinsatz über ein ganzes Jahr) ermittelt. Mit modernen Kesseln werden Nutzungsgrade von **85 ... 90 %** erreicht. Mit funktionierenden Brennwertkesseln (nur bei Erd- und Flüssiggas möglich) kann sogar ein Nutzungsgrad von **100 %** erreicht werden. Mit alten Kesseln liegt der Nutzungsgrad lediglich im Bereich zwischen **50 ... 70 %**. Wird mit dem Heizkessel während der heizfreien Zeit (Sommerhalbjahr) das Brauchwasser bereitet, so sinkt der Kesselnutzungsgrad während dieser Zeit oft auf **weniger als 30 %**.

Wie erkennen Sie nun, ob Ihr Kessel effizient arbeitet?

- Der Abgasverlust kann mit entsprechender messtechnischer Auswertung bestimmt werden
Die wichtigsten Einflußgrößen sind:
 - ⇒ Abgastemperatur (sollte maximal 100°C über der Betriebstemperatur des Kessels liegen.
Ein Grund für eine zu hohe Temperatur ist zB ein verrusster Kessel oder eine schlechte Brennereinstellung)
 - ⇒ CO₂-Gehalt des Abgases (ist brennstoffabhängig und sollte möglichst hoch sein).
- Ermittlung der Kesselauslastung (Betriebsstunden der Feuerung in Relation zur Gesamtbetriebszeit), zB durch Betriebsstundenzähler
- Zonen mit hoher Oberflächentemperatur
- „Umgerüstete“ Feststoffkessel arbeiten oft unwirtschaftlich
- bei einem allfälligen Kesseltausch muss sichergestellt werden, dass der Kamin den geänderten Anforderungen genügt (Versottungsgefahr)

Jährliches Brennerservice und eine Abgasmessung zahlen sich auf jeden Fall aus (auch der Umwelt zuliebe).

Beispiel: Warmwasserkessel (Erdgas) 50 kW, 2.000 Vollbenutzungsstunden
100.000 kWh Nutzwärmebedarf pro Jahr
Nutzungsgrad alter Kessel: 60 % ⇒ Gasverbrauch 16.700 m³/a
Nutzungsgrad neuer Kessel: 85 % ⇒ Gasverbrauch 11.800 m³/a
Gaspreis 4 öS/m³ ⇒ Gaskosteneinsparung durch modernen Kessel: 19.600 öS/a

3.4.2 Verteilsystem

Die wesentliche Aufgabe des Verteilsystems ist es, die Wärme in der richtigen Menge an den richtigen Ort zu transportieren. Achten Sie auch darauf, dass alle Verteilleitungen **und** Armaturen ordentlich wärmegeämmt sind.

Schlecht wärmegeämmtete Verteilsysteme verschlingen 10 - 20% des eingesetzten Brennstoffes!

Beispiel: Ein nicht isoliertes Absperrventil hat die gleichen Wärmeverluste wie 20 m isolierte Leitung.

3.4.3 Regelungssystem

Für das Heizungssystem empfiehlt sich eine außentemperaturabhängige Vorlauftemperaturregelung. Außerdem sollten Nacht- und Wochenendabsenkungen programmiert werden. Da bei größeren Verteilsystemen eine gleichmäßige Versorgung aller Räume nur schwer realisiert werden kann, empfiehlt sich der Einbau von Thermostatventilen bei den einzelnen Heizkörpern. Diese regeln individuell die Raumtemperatur und vermeiden so Überheizungen die bspw. durch Sonneneinstrahlungen (auf welche das Heizungsregelungssystem nicht reagiert) bewirkt werden. Thermostatventile sind kostengünstig und können meist auch nachträglich einfach eingebaut werden.

3.4.4 Heizflächen

Auch die Art der verwendeten Heizkörper ist nicht unwesentlich für den Energieverbrauch des Heizungssystems. In Lebensmittelmärkten ist zudem darauf zu achten, dass es durch die Heizflächen im Markt zu keiner negativen Beeinflussung der Kühlstellen kommt (z.B. Luftheizregister, das in ein offenes Kühlmöbel bläst).

3.4.5 Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung kann

- dezentral mit Untertischboilern o.ä.
- zentral mit der Heizungsanlage oder Wärmerückgewinnung (WRG) bzw. elektrisch

erfolgen. Die dezentrale Bereitung hat den Vorteil von meist geringen Investitions- und Installationskosten, aber meist den Nachteil von sehr hohen Betriebskosten (Tagstrom). Bei einer zentralen Bereitung ist jedenfalls eine Bereitung des Warmwassers mittels einer WRG zu bevorzugen, da die anfallende Abwärme kostenlos zur Verfügung steht. Auf alle Fälle sollte eine Warmwasserbereitung im Sommer (heizfreie Zeit) durch einen Kessel vermieden werden, da der Kesselnutzungsgrad wie bereits erwähnt, im Sommer (geringe Auslastung) stark sinkt.

3.5 Wärmerückgewinnung

Der primäre Nutzen einer Kälteanlage ist die Erzeugung von Kälte für die einzelnen Kühlstellen. Gleichzeitig fällt auf der Hochdruckseite der Kälteanlage Wärme quasi als Abfallprodukt an. Gibt es eine Möglichkeit, die anfallende Wärme (oder einen Teil davon) sinnvoll zu nutzen und dadurch eine andere Energiequelle zu substituieren, so steigt damit die energetische Effizienz des Gesamtsystems. Der Wirkungsgrad (Leistungszahl) eines Energiesystems ist als Verhältnis von Nutzen zu Aufwand definiert. Durch die Nutzung der Abwärme wird der Nutzen des Gesamtsystems, welcher sonst nur aus der gewonnenen Kälteleistung bestünde, noch um die genutzte Heizleistung erhöht.

Die anfallende Abwärme setzt sich aus der Verflüssigungswärme und der Enthitzungswärme des Kältemittels zusammen. Die Verflüssigungswärme liegt im Temperaturbereich von 30 ÷ 50 °C, die Enthitzungswärme teilweise wesentlich darüber. Die Gesamtmenge der zur Verfügung stehenden Heizenergie ergibt sich überschlägig aus der Summe an produzierter Kälteenergie und der eingesetzten elektrischen Energie zum Antrieb des Kompressors.

Bei der Kälteerzeugung ist immer nach einer möglichst geringen Verflüssigungstemperatur zu streben. Eine Nutzung der Abwärme ist daher immer dann interessant und einer näheren Untersuchung wert, wenn die Abwärme auf dem für die Kälteerzeugung niedrigst möglichen Verflüssigungsniveau anfällt und genutzt werden kann.

Unter Umständen kann es aber auch gesamtheitlich betrachtet besser sein, eine Erhöhung der Kondensationstemperatur und damit eine Verschlechterung der Leistungszahl der Kälteerzeugung in Kauf zu nehmen, wenn sich durch die mögliche Nutzung der Abwärme insgesamt gesehen ein Optimum ergibt. Die Lösung bzw. optimale Kombination stellt ein wirtschaftliches Optimierungsproblem dar, das für jeden gegebenen Fall getrennt untersucht werden muss. Bei dieser Optimierung ist die Kenntnis einiger Größen unbedingt erforderlich:

- Tages- und jahreszeitlicher Anfall von Abwärme (sowie Temperaturniveau)
- Tages- und jahreszeitlicher Bedarf an Wärme (sowie Temperaturniveau)

Im Bereich von gewerblichen Kälteanlagen kann die Abwärme für die **Brauchwasserbereitung** und für die **Raumheizung** genutzt werden.

3.5.1 Brauchwasserbereitung

Die Verwendung der Abwärme zur Brauchwasserbereitung hat sich bei zentralen Kälteanlagen bereits häufig durchgesetzt. Der bauliche Mehraufwand beschränkt sich im Wesentlichen auf einen Kältemittel-Wasser-Wärmetauscher nach dem Kompressor.

Die Aufbereitung des für den Markt benötigten Warmwassers hat den Vorteil einer ganzjährigen Nutzung, was (in Kombination mit den vergleichsweise geringen Zusatzinvestitionen) bei entsprechendem Warmwasserbedarf zu günstigen Amortisationszeiten führt. Der für die Erwärmung des Brauchwassers notwendige Energiebedarf ist infolge des geringen Bedarfes bei Lebensmittelmärkten meist nur ein Bruchteil der anfallenden Abwärme und kann oft allein mit der Enthitzung des Kältemittels bereitgestellt werden.

Durch das im allgemeinen vorliegende kältemittelseitige Leistungsüberangebot und der gegenüber der Verflüssigungstemperatur deutlich höheren Druckgastemperatur (Überhitzung) ist es bei derartigen Anlagen nicht notwendig, die Kondensationstemperatur gesondert anzuheben. Insofern hat eine Nutzung der Überhitzungswärme zur Brauchwasserbereitung keine negativen Auswirkungen auf die Effizienz der Kälteerzeugung und kann sowohl bei Anlagen mit tiefen Verdampfungstemperaturen (-35 °C) als auch im Normalkühlbereich (0 .. -10 °C) angewendet werden.

Die für die Wirtschaftlichkeit entscheidenden Punkte sind die Menge an benötigtem Warmwasser und die spez. Kosten des Energieträgers, der ersetzt wird. Im nachfolgenden Beispiel werden diese Einflüsse gegenübergestellt:

Beispiel:

| Vergleich Brauchwasserbereitung | | Strom-1 | Strom-2 | Strom-3 | Kessel-1 | Kessel-2 | Kessel-3 |
|------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Warmwasserbedarf | l/d | 200 | 300 | 500 | 200 | 300 | 500 |
| Entnahmetemperatur | °C | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Betriebszeit pro Jahr | d/a | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| tägliche Nutzenergie | kWh/d | 12 | 17 | 29 | 12 | 17 | 29 |
| Jahresnutzenergiemenge | kWh/a | 3.483 | 5.225 | 8.708 | 3.483 | 5.225 | 8.708 |
| Speicher- und Verteilverluste | % | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Erzeugungswirkungsgrad | % | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 |
| täglicher Energieaufwand (gesamt) | kWh/d | 12,90 | 19,35 | 32,25 | 17,20 | 25,80 | 43,00 |
| jährlicher Energieaufwand (gesamt) | kWh/a | 3.870 | 5.806 | 9.676 | 5.160 | 7.741 | 12.901 |
| spezifische Energiekosten | ATS/kWh | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| spezifische Leistungskosten | ATS/kW | 1.872,00 | 1.872,00 | 1.872,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| anrechenbarer Leistungsbedarf | kW | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Jahresenergiekosten | ATS/a | 6.516 | 8.839 | 13.483 | 1.806 | 2.709 | 4.515 |

Man erkennt, dass die möglichen Jahresenergiekosten je nach Menge des benötigten Warmwassers und abhängig vom substituierten Energieträger zwischen 1.800 und 13.500 öS/a liegen. Dieser Betrag kann durch eine WRG eingespart werden (bei der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass das Abwärmeangebot der Kälteanlage ganzjährig ausreichend ist).

3.5.2 Raumheizung

Aus wirtschaftlicher Sicht stellt die Nutzung der Abwärme von Kälteanlagen für Heizzwecke oft ein Problem dar. Insbesondere bei bestehenden Heizungsanlagen ist der nachträgliche Einbau einer Abwärmenutzung vielfach nicht wirtschaftlich. Bei der Konzeption von Neuanlagen (Neubau eines Marktes, Generalsanierung) können durch geeignete Maßnahmen bei der Heizungsauslegung die

Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Abwärmenutzung für Heizungszwecke entscheidend beeinflusst werden. Dazu ist ein enger Kontakt der an der Planung beteiligten Fachleute für Kälte- und Heizungsanlagen in einem möglichst frühen Planungsstadium anzustreben.

Damit die Abwärme einer Kälteanlage für Heizungszwecke verwendet werden kann, muss das Heizungssystem für diese bei niedriger Temperatur anfallende Wärme tauglich sein. Die Nutzung kann beispielsweise in Form einer hydraulischen Einbindung in ein bestehendes Heizungssystem (Anhebung des Heizungsrücklaufes, oder Abdecken des gesamten Heizbedarfes), einer Verwendung für Warmluftschleier beim Eingang des Marktes oder bei einem bestehenden Heizungssystem in Form einer hydraulisch getrennten Grundlastheizung (z.B. mit Luftheizregistern) ausgeführt sein.

Wie schon erwähnt, ist es bei der Abwärmenutzung für Heizzwecke im Allgemeinen notwendig, die Kondensationstemperatur abhängig vom jeweiligen Heizbedarf gegebenenfalls anzuheben. Diese Temperaturerhebung ist aus Gründen der Betriebssicherheit und Haltbarkeit bei (einstufigen) Tief-temperaturaggregaten nicht empfehlenswert.

Die sichere und energetisch optimale Funktion einer WRG zu Heizzwecken, ist wesentlich abhängig vom Anlagenkonzept, sowie den verwendeten Steuerungs- und Regelstrategien. Abhängig von den Rahmenbedingungen ergeben sich dabei eine Vielzahl von verschiedenen Möglichkeiten.

In Abhängigkeit der Bauphysik (Heizlast des Gebäudes), der Auslegungstemperaturen des Verteil-systems (Hoch- oder Niedertemperatursystem) sowie der Leistung der installierten Kälteanlagen können Deckungsgrade zwischen **40 .. 100%** des gesamten Heizenergiebedarfes erreicht werden; d.h. es können bspw. 40 .. 100% der Brennstoffkosten eingespart werden. Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit von derartigen Anlagen sind auch hier wieder die spezifischen Kosten des substituierten Energieträgers (bspw. amortisiert sich eine WRG für Heizungszwecke im Schnitt bei Fernwärme doppelt so schnell wie bei Heizöl (beim derzeit niedrigen Ölpreis), da die spezifischen Betriebskosten von Fernwärme üblicherweise ca. doppelt so hoch sind wie die von Öl).

4 Stromversorgung und Stromtarife

An den gesamten Energiekosten bilden die Stromkosten in einem Lebensmittelmarkt meist den größten Teil. Neben dem Stromverbrauch selbst hat auch der Tarif, welcher für die Berechnung der Stromkosten herangezogen wird, Einfluss auf die Stromkosten. Im Folgenden wird kurz auf die verschiedenen Tarifarten und die Auswirkungen eingegangen. Die nachfolgenden Betrachtungen gelten für Oberösterreich, Steiermark und Kärnten. Die folgende Zusammenfassung beruht im wesentlichen auf Kalab, (1993), [7]

4.1 Stromkosten

Bis zur Stromtarifreform setzten sich die Stromkosten aus

- Arbeitspreis
- Grundpreis
- Messpreis
- Blindstromkosten

Im Rahmen der Stromtarifreform wurde der ehemalige Grundpreis als Maß für die Leistungskosten durch den Leistungspreis ersetzt. Der Gedanke dahinter war mehr verursachergerechte Kostentransparenz in die Abrechnung zu bekommen. Grundsätzlich setzen sich die Kosten für die elektrische Energie nun aus

- Arbeitspreis
- Leistungspreis
- Messpreis
- Blindstromkosten

zusammen.

Der **Arbeitspreis** ist das Entgelt für die vom Kunden bezogene Wirkarbeit in [öS/kWh]. Die Kosten für eine kWh sind abhängig von der Art der Bestimmung und Höhe der Verrechnungsleistung.

Der **Leistungspreis** stellt das Entgelt für die vom Kunden im jeweiligen Abrechnungszeitraum beanspruchte elektrische Leistung dar. Als Berechnungsgrundlage dient die Verrechnungsleistung, die entweder auf Basis der **96-Stunden-Meßperiode** (gemessen oder rechnerisch bestimmt) oder der **1/4-Stunden-Messperiode** ermittelt wird.

Wichtig ist es an dieser Stelle, auf den Unterschied zwischen Energie bzw. **Arbeit in kWh** und **Leistung in kW** hinzuweisen. Diese beiden Begriffe werden in der Praxis sehr oft verwechselt oder vermischt, stellen aber zwei komplett unterschiedliche Dinge dar!

Die Bestimmung der Verrechnungsleistung und damit der Leistungskosten kann nun auf unterschiedliche Weise erfolgen.

- **96-Stunden-Messperiode**

Dabei wird der Stromverbrauch in 96-Stunden Perioden gemessen. Mit jeder Stunde beginnt eine neue Periode. Jede gemessene kWh stellt eine Leistungseinheit dar. Verrechnet wird der höchste 96-Stundenwert des Abrechnungszeitraumes. Falls die Ermittlung der Leistungseinheiten rechnerisch erfolgt (nur bei sehr kleinen Verbrauchern), wird die Verrechnungsleistung über den sogenannten **Lastfaktor** ermittelt. Dieser beträgt für das Gewerbe 0,025.

- **1/4-Stunden-Messperiode**

Die Jahresverrechnungsleistung in kW ergibt sich aus dem **arithmetischen Mittel der drei höchsten gemessenen 1/4-Stunden-Durchschnittsleistungen** in den Zeiträumen

- Jänner bis März
- April bis September
- Oktober bis Dezember

Der Stromkunde kann nach dem neuen Tarifsysteem den für ihn günstigsten Tarif teilweise selbst wählen.

Die Wahl ob 96-Stunden-Messperiode oder 1/4-Stundenmessung zur Bestimmung der Leistungskosten günstiger ist, hängt von folgenden Faktoren ab:

- Energieverbrauch: Bei geringem Jahresenergieverbrauch ist die 96-Stundenmessung oft günstiger; Grenze bei ca. 12.000 kWh/a.
- Lastspitzen: Je geringer ausgeprägte Lastspitzen vorhanden sind desto günstiger wird eine 1/4-Stundenmessung.

Blindstrom

Neben der Wirkarbeit bezieht ein Betrieb üblicherweise auch Blindarbeit. Diese ist bis zu 50% der Wirkarbeit (im Abrechnungszeitraum) kostenfrei. Blindstromkompensationsanlagen sind daher auf einen **cos ϕ von mindestens 0,9** auszulegen. Prinzipiell wird eine Blindstrommessung nur in Anlagen mit Wandlermessung (etwa ab 40 kW Leistung) durchgeführt. In bestimmten Fällen kann aber vom EVU auch bei kleineren Anlagen ein Blindstromzähler eingebaut werden (zB bei nicht kompensierten Leuchtstoffröhren).

Messpreis

Der Messpreis ist das Entgelt für die zur Verfügungstellung der Mess-, Schalt- und Steuereinrichtungen.

4.2 Schwachlasttarife

Außerhalb der Zeiten der Netzspitzen (z.B. Mittag, etc.) kann der Stromkunde kostengünstige Schwachlasttarife in Anspruch nehmen.

- **Nachtstrom**
- **Sommer-Nachtstrom**
- **Tarif für unterbrechbare Lieferung**

Diese Art des Tarifes ist besonders günstig für Betriebe mit einzelnen elektrischen Verbrauchern hoher Anschlussleistung, aber geringer täglicher Betriebszeit. Können diese Betriebszeiten in fixe, für das EVU lastschwache Perioden verlegt werden, so kann dieser Sondertarif in Anspruch genommen werden. Für ein Lebensmittelgeschäft wäre eine elektrische Warmwasserbereitung ein typischer Anwendungsfall für die Inanspruchnahme einer unterbrechbaren Lieferung.

4.3 Sondertarife

Die Sondertarife sind nach Spannungsebene, Leistungs- und Eigentumsverhältnissen (Übergabestelle) strukturiert. Größere Lebensmittelmärkte (Verrechnungsleistung über 50 kW in der Steiermark, über 100 kW in Oberösterreich) können durchaus in den Bereich der Sondervertragskunden fallen. Im Unterschied zum Basistarif wird die Verrechnungsleistung aus den drei höchsten Monatsspitzen eines Abrechnungsjahres ermittelt.

4.4 Prinzipielle Sparpotentiale bei den Stromkosten

Mögliche Kostenoptimierungen können auf mehreren Ebenen stattfinden:

- **Tarifwahl**

Prinzipiell werden sowohl die spezifischen Arbeits- als auch die Leistungskosten mit steigender Verrechnungsleistung günstiger. So kann es bspw. sogar günstiger sein eine höhere Verrechnungsleistung anzustreben um nach der nächsthöheren Tarifstufe abgerechnet zu werden⁵.

Beispiel: Ein Markt wird derzeit nach dem Basistarif mit 96-h-Leistungsmessung abgerechnet. Eine Umstellung auf ¼ Stundenmessung soll überlegt werden. Wie groß dürfte die ¼ Stunden - Verrechnungsleistung sein, damit gleiche Gesamtkosten entstehen?

Aus den Branchenkennzahlen kann im Lebensmittelhandel mit etwa 3.500 Vollaststunden (Jahresverbrauch / Jahresverrechnungsleistung) gerechnet werden. Wie hoch liegt die jährliche Einsparung bei Umstellung auf ¼ Stundenmessung?

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Leistungseinheiten derzeit: | 900 LE |
| Jahresstromverbrauch derzeit: | 55.000 kWh/a |
| spez. Leistungskosten: | 96 Std. Tarif: 46,20 öS je LE |
| | ¼ Std. Tarif: 1.872 öS je kW |

Leistungskosten (96-h):
 Leistungseinheiten * spez. Leistungskosten = 900 LE * öS 46,2 je kW = 41.580 öS/a

kostengleiche ¼ Stundenspitze:
 Leistungskosten (96-h) / spez. Leistungskosten (¼ Stunden) = öS 41.580.- / öS 1.872.- = 22,2 kW

zu erwartende ¼ Stunden - Leistung:
 Jahresstromverbrauch / Vollaststunden = 55.000 kWh / 3.500 h = 15,7 kW

zukünftige Leistungskosten:
 ¼ Std. Verrechnungsleistung * spez. Leist.kosten (¼ Std.) = 15,7 kW * öS 1.872.- = 29.390 öS/a

Einsparung:
 derzeitige Leistungskosten - zukünft. Leist.kosten = öS 41.580 - öS 29.390 = 12.190 öS/a

(Preisansätze für Oberösterreich)

- **Reduzierung der Leistungskosten**

Zur Vermeidung von Leistungsspitzen gibt es mehrere Möglichkeiten:

- **Wechselschalter**

Eine sehr einfache und kostengünstige Lösung stellt ein Wechselschalter dar. Der Wechselschalter bewirkt, dass von zwei großen Verbrauchern immer nur einer an das Netz angeschlossen sein

⁵ Diese Möglichkeit ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn sich die Verrechnungsleistung in der Nähe eines Tarifsprungs befindet.

kann, während der andere weggeschaltet ist. Diese Lösung eignet sich bspw. für einen Markt mit einem Geschirrspüler und einer Waschmaschine oder einem E-Herd.

- **Gegenseitiges Sperren von Verbrauchern**

Im Gegensatz zu einem Wechselschalter funktioniert ein gegenseitiges Sperren von Verbrauchern in der Art und Weise, dass immer derjenige Verbraucher verwendet werden kann, der zuerst eingeschaltet wird. Installationstechnisch sind derartige Maßnahmen leicht realisierbar, wenn eine Ansteuerung von einem zentralen Schaltschrank aus erfolgen kann.

- **Zeitschaltuhren**

Für den Fall, dass einzelne Verbraucher nicht zentral weg- oder zuschaltbar sind (Verbraucher die über normale Steckdosen angespeist werden) kann man durch Verwendung von Zeitschaltuhren zu definierten Zeitpunkten eine Abschaltung bewirken. Beispielsweise können während der Abtauung der Tiefkühlung Geräte wie Untertischboiler u.ä. weggeschaltet werden. Bei dieser sehr kostengünstigen Methode (Kosten pro Zeitschaltuhr ca. 150 öS) ist allerdings darauf zu achten, dass sämtliche verwendete Zeitschaltuhren **immer** die richtige tatsächliche Uhrzeit anzeigen.

- **Spitzenwächter**

Spitzenwächter geben bei drohenden Leistungsspitzen ein Alarmsignal ab, ohne allerdings in den Betrieb der Verbraucher regulierend einzugreifen. Damit besteht die Gefahr, dass es bei einem Ignorieren des Signals erst wieder zu unerwünschten Leistungsspitzen kommt.

- **Leistungssteuerungen**

Die Leistungssteuerung (auch Lastmanagementsystem genannt) stellt ebenfalls eine drohende Leistungsspitze fest **und reagiert** darauf. Dies geschieht in der Form, dass einzelne Verbraucher (die mit verschiedenen Wegschaltprioritäten belegt sein können) auf eine bestimmte Zeit weggeschaltet werden können. Im Bereich der Lastmanagementsysteme ist es in den letzten Jahren zu enormen Kostenreduktionen gekommen. Einfache Systeme für 6 .. 8 schaltbare Lastgruppen (für einen Lebensmittelmarkt meist vollkommen ausreichend) sind bereits ab 10.000 - 15.000 öS zuzüglich Installationskosten erhältlich. Die Amortisationszeiten von derartigen Geräten hängen von der Größe der möglichen Reduktion der Verrechnungsleistung und vom Aufwand bei der Installation ab, bewegen sich aber oft im Bereich von 2 .. 3 Jahren.

• **Reduzierung der Arbeitskosten**

Die Möglichkeiten der Optimierung der Arbeitskosten hängen von der Güte der verwendeten Anlagen und deren Betrieb sowie dem Wartungszustand ab. In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits ausführlich auf diese Thematik eingegangen.

• **Reduzierung der Blindstromkosten**

Die Blindleistung entsteht vorwiegend durch induktive Lasten wie zB Elektromotoren oder nicht kompensierte Leuchtstoffröhren. Mit Hilfe einer Blindstromkompensationsanlage werden diese Induktivitäten durch entsprechende Kondensatoren ausgeglichen. Damit keine Blindstromkosten anfallen, muss die Blindstromkompensation auf einen $\cos \varphi$ größer 0,9 ausgelegt sein.

5 Spezielle Probleme

5.1 Kühlkette

Ein Lebensmittelmarkt mit seinen Verkaufskühlmöbeln sowie Kühlräumen und Kühlzellen stellt ein Glied der **Kühlkette** dar. Die gesamten Kühlkette gliedert sich in:

- Produktion
- Transport [8]
- Lebensmittelmarkt [4]
- Endverbraucher

Zusätzlich zu den einzelnen Gliedern der Kühlkette sind auch noch die **Schnittstellen zwischen den einzelnen Gliedern** besonders wichtig (z.B. Zeitraum vom Ende des Transportes bis zur Einlagerung in das Kühlmöbel), (Ebner, 1995, [9]).

Treten Probleme mit der Warentemperatur in einem Glied der Kühlkette auf, so werden alle nachfolgenden Glieder dadurch negativ beeinflusst. Bleiben bspw. Waren über einen längeren Zeitraum nach der Anlieferung im Markt ungekühlt (es ist gerade kein Personal zum Einräumen der angelieferten Waren in die Kühlmöbel frei) und erwärmen sich beträchtlich, so kann es ab diesem Zeitpunkt zu einer stetigen Verschlechterung der Produktqualität kommen. Im vorhin genannten Beispiel kann dies der Fall sein, weil Kühlmöbel dafür konzipiert sind die **Temperatur der Waren zu halten nicht aber diese abzukühlen**.

Für einen Lebensmittelmarkt bedeutet dies, dass folgende zwei Punkte zu beachten sind:

- Kontrolle der Produkttemperatur bei der Anlieferung, damit kontrolliert werden kann, ob es bereits beim Transport Probleme gegeben hat und
- möglichst rasches Versorgen der angelieferten Waren.

5.2 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

Für Lebensmittelmärkte sind eine Vielzahl von verschiedenen Gesetzen und Verordnungen relevant. An dieser Stelle und im Folgenden wird auf einige wichtige gesetzliche Regelungen mit Bezug auf das betriebliche Energiesystem eingegangen.

305. Verordnung der Bundesminister für soziale Verwaltung und für Handel, Gewerbe und Industrie vom 21. Juli 1969 über den Schutz der Dienstnehmer und der Nachbarschaft beim Betrieb von Kälteanlagen (Kälteanlagenverordnung)

Die Kälteanlagenverordnung hat zwar keine direkte Relevanz bezüglich energetischer Aspekte, sie stellt aber die wichtigste Verordnung im Zusammenhang mit dem Betrieb von Kälteanlagen dar. Neben der Aufstellung und dem Betrieb der Anlage wird in dieser Verordnung auch auf die Kältemittel eingegangen, wobei deutlich klargelegt wird, dass ein Einsatz von brennbaren Kältemitteln der Gruppe 3 (Propan u.ä.) derzeit nur schwer möglich ist.

201. Verordnung des Bundesministers für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz über tiefgefrorene Lebensmittel vom 18. März 1994

Diese Verordnung ist besonders bezüglich der Temperatur von tiefgekühlten Lebensmitteln interessant; so heißt es in §4 (1) und §4 (2):

(1) Die Temperatur tiefgefrorener Lebensmittel muss gleichbleibend sein und an allen Stellen des Erzeugnisses auf -18 °C oder niedriger gehalten werden.

(2) Beim Versand sowie beim örtlichen Vertrieb und in den Tiefkühltruhen des Einzelhandels ist im Rahmen redlicher Aufbewahrungs- und Vertriebsverfahren ein kurzzeitiger Anstieg der Temperatur um 3 °C (höchstens -15 °C) zulässig.

Entwurf einer Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Konsumentenschutz über die Überwachung und Kontrolle von tiefgefrorenen Lebensmitteln

Diese Verordnung, die mit 1. Juli 1996 in Kraft treten soll, stellt die Umsetzung der Richtlinien 92/1/EWG und 92/2/EWG in das nationale Recht dar. Sie definiert die Vorschriften zur Überwachung der Temperatur von tiefgefrorenen Lebensmitteln sowie die Vorgangsweise bei amtlichen Kontrollen und Probenahmen. Im Wesentlichen wird damit eine Möglichkeit zur Kontrolle der in der 201. Verordnung von 1994 (s.o.) definierten Anforderungen an die Warentemperatur gegeben.

Derzeit ist der schlussendliche Wortlaut noch nicht bekannt, sie wird höchstwahrscheinlich ähnlich der Verordnung in Deutschland sein. Für den Lebensmittelhändler bedeutet dies: Aufzeichnende Kontrolle der Lufttemperatur in Einlagerungs- und Lagereinrichtungen f. tiefgekühlte Waren mit einem Volumen von > 10 m³ und Aufbewahrungspflicht der Aufzeichnungen mindestens 3 Jahre. Messung der Lufttemperatur in Einlagerungs- und Lagereinrichtungen mit einem Volumen < 10 m³ durch Messung der Lufttemperatur mittels geeichter Thermometer in der Nähe der Rückluftöffnung in Höhe der Stapelgrenze. Darüber hinaus ist in dem gegenständlichen Entwurf auch die Art und Weise der Temperaturmessung im Rahmen amtlicher Kontrollen definiert.

750. Verordnung des Bundesministers für Umwelt über ein Verbot bestimmter teilhalogenierter Kohlenwasserstoffe (HFCKW-Verordnung)

In dieser Verordnung wird festgelegt, dass die Verwendung von R22 als Kältemittel für Kühlanlagen für Neuanlagen ab dem 1. Jänner 2002 verboten ist.

5.3 Kältemittel

Der Bereich der Kühlung stellt in Ihrem Betrieb einen aus energetischer Sicht bedeutenden Anteil (ca. 60 % des Gesamtstromverbrauchs) dar. Durch das (nahende) Verbot der bisher gängigen Kältemittel und die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Alternativen wird im Folgenden auf diese Problematik näher eingegangen.

5.3.1 Gegenwärtige Situation

Mit dem Montrealer "Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer" (1988) und der Vereinbarungen, sowie der Nachfolgekonzferenzen in London (1990) und Kopenhagen (1992) kam das "AUS" für alle vollhalogenierten Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (Ende der Produktion in den westlichen Industriestaaten mit 1. Jänner 1995). In Österreich ist deren Verwendung durch die sogenannte FCKW-Verordnung (BGBl. 301/1990) geregelt. Neue Anlagen dürfen ab 1. Jänner 1991 (ausgenom-

men bestimmte Sonderfälle) nicht mehr mit vollchlorierten Kältemitteln betrieben werden. In der gewerblichen Kühlung wurden bis zu diesem Zeitpunkt fast ausschließlich die beiden FCKW's R12 (Normalkühlung) und R502 (Tiefkühlung) eingesetzt.

Der Bereich der gewerblichen Kühlung wurde nach dem Verbot der FCKW's fast ausschließlich durch das teilhalogenierte HFCKW R22 abgedeckt.

Auf Grund der Vereinbarung von Kopenhagen (1992) werden auch die teilhalogenierten Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe erfasst: Auf Basis der ODP⁶-gewichteten Produktionsmenge von 1989 soll es bis 2004 zu einer Reduktion um 35%, bis 2010 um 65% und 2020 um 95% kommen; der totale Ausstieg soll 2030 abgeschlossen sein. In Österreich ist der Ausstieg (Verbot für Neuanlagen) für R22 mit 1. Jänner 2002 gesetzlich bestimmt (BGBl. 750/1995).

- **Kältemittelproblematik bei bestehenden Anlagen**

Neuanlagen dürfen wie schon erwähnt nicht mehr mit FCKW's betrieben werden. Für bestehende Anlagen gilt das Verbot für diese vollhalogenierten Stoffe nicht. Trotzdem wurden schon sehr bald nach der Vorstellung von alternativen Kältemitteln Überlegungen angestellt, inwieweit bestehende Anlagen auf den Betrieb mit neuen alternativen Kältemitteln umgerüstet werden können. Diese Frage gewinnt vor allem dann an Bedeutung, wenn es durch die in Aussicht gestellte Produktionseinstellung von FCKW's (ein deutscher Hersteller hat seine FCKW-Produktion bereits im April 94 eingestellt) zu einer Verknappung dieser Kältemittel auch für Servicezwecke kommt. Bei der Umrüstung bestehender Anlagen sind folgende grundsätzliche Unterscheidungen zu treffen.

- **DROP - IN - Kältemittel**

Diese Kältemittel sind Stoffe (Gemische) mit sehr ähnlichen thermodynamischen Eigenschaften wie die bisher gebräuchlichen FCKW's. Sie enthalten unter anderem auch das Kältemittel R22 und es ist dadurch möglich, die bisher üblichen Kältemaschinenöle weiter zu verwenden. DROP-IN-Kältemittel wurden speziell dafür entwickelt, um FCKW in bestehenden Anlagen zu ersetzen. Dazu ist lediglich das Kältemittel im Kältekreislauf zu wechseln und gegebenenfalls die Regelung der Anlage neu einzustellen. Da diese Gemische alle R22 enthalten, sind sie lediglich als sogenannte "Übergangskältemittel" zu verstehen, da durch das baldige Verbot von R22 (HFCKW) alle diese Stoffe langfristig nicht verfügbar sein werden. Ein DROP-IN-Kältemittel als Ersatz für R12 ist beispielsweise R401A (MP39), für R502 ist das Gemisch R402A (HP80) geeignet.

- **RETROFIT**

Unter RETROFIT versteht man das Umrüsten einer bestehenden Anlage auf neue chlorfreie Kältemittel. Bei Verwendung von chlorfreien Kältemitteln sind neue Öle notwendig. Eine Retrofit-Prozedur beinhaltet daher neben dem Wechsel des Kältemittels auch einen Austausch des Kältemaschinenöles. Dabei ist es im allgemeinen nicht ausreichend, das Öl im Verdichter alleine zu wechseln, es ist vielmehr ein mehrmaliger Spülvorgang notwendig, da sich erhebliche Ölmengen im Kältekreislauf verteilt befinden können. Von der Kältemittelindustrie und den Komponentenherstellern wurden entsprechend detaillierte Retrofit-Anweisungen veröffentlicht.

Für beide der genannten Verfahren gibt es zwischenzeitlich umfangreiche Erfahrungen. Inwieweit eine Umrüstung sinnvoll ist, ist in jedem Einzelfall zu überprüfen. Wegen der aufwendigen Umrüstprozedu-

⁶ ODP ... Ozonzerstörungspotential

ren ist ein derartiges Vorgehen wahrscheinlich nur bei relativ neuen Anlagen, die sich in einem sehr guten technischen Zustand befinden, sinnvoll.

5.3.2 Zukünftige Ersatzstoffe für FCKW- und HFCKW-Kältemittel

5.3.2.1 Sicherheitskältemittel

Mit einem Ausstieg aus der HFCKW-Technologie wird es zu grundlegenden Änderungen im Bereich der Kältetechnik kommen. Mit diesem Ausstieg ist dann kein Umstieg auf bereits vertraute Arbeitsmedien mehr möglich. Diese Umstellungsphase, die innerhalb der ersten 10 Jahre nach dem Verbot der HFCKW's stattfinden wird, wird eine Fülle von Problemen mit sich bringen, sie eröffnet auf der anderen Seite aber auch eine Vielzahl von Möglichkeiten, zukünftige Kälteerzeugungsanlagen möglichst energieeffizient und umweltschonend zu bauen.

Als direkter Ersatz für R12 empfiehlt sich derzeit das chlorfreie Kältemittel R134a. Für die Verwendung dieses Kältemittels sind die notwendigen Komponenten am Markt verfügbar, es gibt zwischenzeitlich auch umfangreiche Betriebserfahrungen mit diesem Kältemittel.

Als langfristiger Ersatz für R502 und R22 werden vor allem Gemische aus mehreren Komponenten vorgeschlagen. Es sind jedoch auch sogenannte "natürliche Kältemittel", wie Propan oder NH_3 im Gespräch, wobei die Problematik der Brennbarkeit und Giftigkeit, sowie der restriktiven gesetzlichen Bestimmungen einen kurzfristigen Einsatz dieser Kältemittel im gewerblichen Bereich eher unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Die Mehrzahl der diskutierten neuen Kältemittel sind sogenannte **ZEOTROPE GEMISCHE**. Das bedeutet, dass diese Stoffe nicht bei einer bestimmten Temperatur verdampfen (wie ein Reinstoff oder ein azeotropes Gemisch), sondern einen mehr oder weniger großen Siedebereich aufweisen. Bei Leckagen in diesen Bereichen kann es dadurch zu Entmischungseffekten kommen, was in Extremfällen zu merklichen Veränderungen der thermodynamischen Eigenschaften des verbleibenden Gemisches führen kann.

Für alle diskutierten Alternativen (ausgenommen "natürliche Kältemittel") wird die Verwendung von ESTER-Ölen erforderlich. Diese besitzen gegenüber den bisher verwendeten Kältemaschinenölen auf Mineralöl- oder Alkylbenzolbasis eine deutlich erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit, wodurch ein entsprechend sorgfältiger Umgang bei Inbetriebnahme und Service notwendig wird.

Die meisten dieser Alternativkältemittel und auch die dazu notwendigen Anlagenkomponenten stehen bereits am Markt zur Verfügung, es liegen jedoch bisher kaum Betriebserfahrungen über längere Zeiträume vor.

5.3.2.2 Natürliche Kältemittel

Die im vorigen Kapitel beschriebenen neuen Sicherheitskältemittel sind nicht unumstritten. Dazu kommt noch, dass es derzeit noch eine Reihe verschiedener Kältemittel gibt und man bislang

noch nicht abschätzen kann, welches schlußendlich "das Rennen" machen wird. Aus diesem Grund ist auch eine Tendenz zu natürlichen Kältemitteln (Ammoniak, Propan) erkennbar. Bezüglich ihrer energetischen Eigenschaften sind diese Kältemittel ausgezeichnet. Das große Problem besteht darin, dass sie brennbar und bei Ammoniak zusätzlich toxisch sind.

Während bei großen Lebensmittelmärkten in letzter Zeit vermehrt Ammoniak in Kombination mit indirekten Anlagen zum Einsatz kommt, gibt es bislang in Österreich noch keine ausgeführte Kälteanlage mit Propan als Kältemittel im Supermarktbereich. Dies dürfte auch daran liegen, dass derzeit noch große Verwirrung bezüglich der sicherheitstechnischen Anforderungen von propanbetriebenen Kälteanlagen herrscht.

6 Literatur

- [1] Heim J, 1993, Gewerbliche Kälteanlagen in Lebensmittelmarktender Steiermark; Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU Graz, im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Fa. ENERTEC T.B. für Maschinenbau Naftz & Partner OEG
- [2] Pauli H., Kaufmann U., Ackermann R., 1992, Kühlmöbel im Lebensmittelhandel (Impulsprogramm RAVEL), Schlußbericht
- [3] Rigot G., 1993, Verkaufskühlmöbel, Präsentation und Verkaufshilfe durch Kühleinrichtungen, Verlag Müller, Karlsruhe
- [4] Ebner T., Geyer J., Hartmair A., Lawatsch H., Naftz E., Weingärtler K., (1994), Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten, Endbericht der Studie der Fa. ENERTEC im Auftrag von: Bundesministerium f. Umwelt, Bundesministerium f. Wissenschaft, Forschung und Kunst, Land Steiermark
- [5] Ebner T., Geyer J., Hartmair A., Lawatsch H., Naftz E., Weingärtler K., (1994), Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten, Handbuch der Studie der Fa. ENERTEC im Auftrag von: Bundesministerium f. Umwelt, Bundesministerium f. Wissenschaft, Forschung und Kunst, Land Steiermark
- [6] Ebner T., Geyer J., Hartmair A., Lawatsch H., Naftz E., Weingärtler K., (1994), Kälteanlagen in Lebensmittelmärkten, Anhang der Studie der Fa. ENERTEC im Auftrag von: Bundesministerium f. Umwelt, Bundesministerium f. Wissenschaft, Forschung und Kunst, Land Steiermark
- [7] Kalab O., 1993, Energiesparen durch optimierte Elektroanlagen, Broschüre der Wirtschaftskammer OÖ
- [8] Knapitsch G., 1995, Transportkühlung von Lebensmitteln, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU Graz, im Auftrag des Landes-Energieverein Steiermark und in Zusammenarbeit mit der Fa. ENERTEC T.B. für Maschinenbau Naftz & Partner OEG
- [9] Ebner T., 1995, Prinzipielle Problematik der Temperatureinhaltung von gekühlten bzw. tiefgekühlten Waren und mögliche Durchführung der Kontrollen, ÖKKV Tagung Oktober 1995, Wien, Tagungsband