Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

BASIS-STUDIE

STECKERFERTIGE KÜHLMÖBEL IM LEH

BESTAND – STROMBEDARF – EINSPARPOTENZIALE

Herausgeber:
Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG
Dipl.-Ing. (Univ.) Dr. Jürgen Steinmaßl

Geschäftsstelle Taching:
Birkenweg 9
D-83373 Taching am See

Geschäftsstelle Garching:
Spitzwegstraße 7
D-84518 Garching an der Alz
Telefon: (08634) 627 000 1
Telefax: (08634) 627 000 3
E-Mail: beratung@steinmaszl.com
Homepage: www.steinmaszl.com
ISBN: 978-3-00-044729-7

© Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG 2013/2014

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

BASIS-STUDIE

STECKERFERTIGE KÜHLMÖBEL IM LEH

BESTAND – STROMBEDARF – EINSPARPOTENZIALE

ÜBER UNS

Das Beratungsportfolio der Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG erstreckt sich über fünf Geschäftsfelder:

- **Betriebswirtschaftliche Beratung (Strategieentwicklung, Kostensenkung)**
- **Coaching (falls Sie sich persönlich weiterentwickeln möchten)**
- **Wirtschaftsmediation (als kostengünstige Konfliktlösung)**
- **Arbeitsschutzberatung (damit Sie mehr Rechtssicherheit erlangen)**
- **Energieeffizienzberatung (Ihre Versicherung gegen steigende Energiekosten)**

Unser Unternehmen führt jedes Jahr mehrere Hundert Energieberatungen durch und weist dadurch deutschlandweit die meisten positiven Referenzen in der KfW-Beraterdatenbank auf.

Im Rahmen der Energieberatung verfolgt die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG einen ganzheitlichen 360-Grad-Ansatz. Dabei werden fünf Bereiche, nämlich

- **GEBÄUDEHÜLLE**
- **EINSATZ REGENERATIVER ENERGIEN**
- **VERSORGUNGSTECHNIK**
- **PROZESSTECHNIK UND**
- **VERHALTENSBEZOGENE MASSNAHMEN**

nach energetischen Gesichtspunkten untersucht und praxisorientierte Energiesparmaßnahmen und -konzepte erarbeitet und auf Wunsch zusammen mit Ihnen umgesetzt.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG 7

MOTIVATION FÜR DIESE STUDIE 10

1 UNTERSUCHUNGSMETHODE 13

1.1 Problematik der Strombedarfsermittlung 14
1.2 Mess-Systematik und -Methode 15
1.3 Kennzahlenbildung 16
1.4 Darstellung der Ergebnisse 17

2 STECKERFERTIGE KÜHLMÖBEL IM LEH 19

2.1 Handelsstrukturen 20
2.2 Steckerfertige Kühlmöbel 20
2.2.1 Hersteller / Marken 20
2.2.2 Steckerfertige Kühlmöbel nach Betriebsformen 22

3 AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE 25

3.1 Übersicht Plus-Kühlmöbel (NK), geschlossen 27
3.2 Übersicht Plus-Kühlmöbel (NK), offen 29
3.2.1 NK-Kühlregale, offen 29
3.2.2 NK-Kühltruhen, offen 30
3.3 Übersicht Minus-Kühlmöbel (TK), geschlossen 32
3.3.1 TK-Truhen ohne elektrische Abtauung 32
3.3.2 TK-Truhen mit elektrischer Abtauung 34
3.4 Strombedarfe und -Kosten im Überblick 36

4 LEBENSZYKLUSKOSTEN 37

4.1 NK-Kühlregale, geschlossen 38
4.2 TK-Kühltruhen, geschlossen, ohne elektrische Abtauung 40
4.3 TK-Truhen, geschlossen, mit elektrischer Abtauung 42

5 EINSPARMÖGLICHKEITEN 45

5.1 Truhen vom Netz nehmen 46
5.2 Produkte, die ungekühlt bleiben können, nicht kühlen 46
5.3 Temperaturen nicht unnötig unterschreiten 46
5.4 Abdecken offener Kühltruhen nach Ladenschluss 47
5.5 Maximale Füllhöhe einhalten 51
5.6 Wochenschaltuhr nutzen 52
5.7 NK-Truhen am Wochenende ausräumen und abstecken 54
5.8 Verflüssiger regelmäßig reinigen 54

INHALTSVERZEICHNIS

5.9 Vereisungen vermeiden 56
5.10 TK-Truhen mit Verglasung bewusst einsetzen 56
5.11 Standort des Kühlmöbels im Markt bewusst wählen 60
5.12 Kostenbeteiligung der Lebensmittelhersteller 61
5.13 Truhentausch prüfen 62
5.14 Beleuchtung nach Ladenschluss ausschalten 64
5.15 Exkurs Produktsicherheit 64
5.15.1 AHT GTX SGHL 65
5.15.2 H09M04 67
5.15.3 Produktsicherheit im Vergleich 68

6 VOR- UND NACHTEILE STECKERFERTIGER KM 71

6.1 Stromkosten 73
6.1.1 Einflussfaktoren auf den Strombedarf 73
6.1.2 Vergleich TK-Verbund- und TK steckerfertige Kühlmöbel 73
6.1.3 Wirtschaftliche Betrachtung 75
6.1.4 Berechnungsergebnisse 76
6.2 Abwärme 77
6.3 Automatische Abtauung 79

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 80

TABELLENVERZEICHNIS 82

DANKSAGUNG 83

ZUSAMMENFASSUNG

Während der letzten Jahre hat die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG bei zahlreichen Messungen Lastverläufe und Strombedarfe steckerfertiger Kühlmöbel erfasst und ausgewertet. Die Reaktionen bei der Präsentation der Messergebnisse reichte häufig von ungläubigem Staunen bis hin zu Bestürzung und Verärgerung. Um den Lebensmittel-Einzelhändlern die Möglichkeit zu eröffnen,

- **den Strombedarf der eigenen Kühlmöbel besser abschätzen zu können,**
- **eine Orientierung zu erhalten, wie hoch das Strombedarfsspektrum steckerfertiger Kühlmöbel sein kann,**
- **den Energiebedarf der steckerfertigen Kühlmöbel im Markt zu reduzieren**
- **und beim Kauf neuer, steckerfertiger Kühlmöbel zukünftig die Strombedarfswerte besser einschätzen und berücksichtigen zu können,**

wurde diese Studie erstellt. Sie stellt gleichzeitig einen weiteren Beitrag der Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG zum nachhaltigen Klima- und Umweltschutz dar.

Steckerfertige Kühlmöbel sind aufgrund ihrer zahlreichen Vorteile ein fester Bestandteil im LEH[1]. Auf Kleinflächen und Supermärkten sind durchschnittlich rund sieben dieser Geräte im Einsatz. Bei Verbrauchermärkten steigt die Zahl der steckerfertigen Kühlmöbel, je nach Marktgröße, auf acht bis achtzehn Stück an. Discounter sind durchschnittlich mit zweiundzwanzig, überwiegend TK-Truhen, bestückt.

Ein überraschendes Ergebnis der Messungen bildeten die hohen Strombedarfs-Bandbreiten innerhalb einzelner Kühlmöbelgruppen. So können die Kosten pro Kubikmeter gekühltem Raumvolumen und Jahr folgende Werte einnehmen:

Plus-Kühlung (NK = Normalkühlung)

- **Regale, offen:**[2] **785,– EUR/m³ bis 3.567,– EUR/m³**
- **Regale, geschlossen:** **613,– EUR/m³ bis 1.385,– EUR/m³**
- **Truhen, offen:** **1.284,– EUR/m³ bis 6.303,– EUR/m³**
- **Truhen, geschlossen:** **212,– EUR/m³ bis 357,– EUR/m³**

Minus-Kühlung (TK = Tiefkühlung, Minuskühlung)

- **Truhen, offen mit elektr. Abtauung:** **Mess-Beispiel: 2.690,– EUR/m³**
- **Truhen, geschl. ohne elektr. Abtauung:** **292,– EUR/m³ bis 2.178,– EUR/m³**
- **Truhen, geschl. mit elektr. Abtauung:** **336,– EUR/m³ bis 3.554,– EUR/m³**

Werden die Kosten steckerfertiger Kühlmöbel über die gesamte Einsatzzeit im Markt betrachtet, wird deutlich, dass sich vergleichsweise kleine Beträge zu stolzen Summen auftürmen. So kann ein Getränkekühler mit knapp 900 Litern Nennvolumen über 10 Jahre rund 3.100,– EUR kosten, ein anderer, mit einem um 360 Litern geringerem Fassungsvermögen, 11.500,– EUR. Die Entscheidung über einen zusätzlichen Getränkekühler wird häufig in Sekundenschnelle getroffen, kann den Marktinhaber aber in Summe um 8.400,– EUR mehr belasten als nötig. Fehlende Kapitalkraft, die sich aufsummiert und letztendlich über die Wettbewerbsfähigkeit eines Marktes entscheidet oder zumindest mitentscheidet. Ähnlich verhält es sich bei den Tiefkühltruhen. So kann eine Truhe mit rund 645 Liter Nennvolumen über zehn Jahre 5.700,– EUR kosten, eine andere, mit 395 Liter (knapp 40 % weniger Nennvolumen) kann über zehn Jahre 21.000,– EUR kosten. Das entspricht Mehrkosten in Höhe von rund 15.000,– EUR. Sicher ein gewichtiger Grund, die Pros und Contras verschiedener Kühlmöbel gründlich gegeneinander abzuwägen.

[1] LEH = Lebensmittel-Einzelhandel

[2] Für die gesamte Studie gilt: Es wurde ein einheitlicher Strompreis von 0,18 EUR/kWh angesetzt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Strom-Einsparmöglichkeiten bei steckerfertigen Kühlmöbeln sind vielfältig:

- **Nicht genutzte Truhen sofort vom Netz nehmen, ggf. Produkte zusammenlegen und frei werdende Truhen stilllegen.**
- **Nur Produkte kühlen, für die es Argumente zur Kühlung gibt.**
- **Bei vertretbarem Arbeitsaufwand: Truhen am Wochenende ausräumen und abstecken.**
- **Temperaturen korrekt einstellen und regelmäßig kontrollieren, Temperaturunterschreitungen zeitnah korrigieren.**
- **Offene Truhen nach Ladenschluss abdecken.**
- **Maximale Füllhöhen einhalten.**
- **Wenn möglich Wochenschaltuhren im NK-Bereich nutzen.**
- **Verflüssigerlamellen regelmäßig reinigen.**
- **Truhen mit großen Displayflächen können hohe Strombedarfe verursachen. Falls das Kosten-Nutzen-Verhältnis nach einer Prüfung ungünstig ausfällt, sollten diese Truhen gegen energieeffiziente Geräte ausgetauscht werden.**
- **Standorte der Kühlmöbel im Markt überlegt auswählen.**
- **Vereisungen weitgehend vermeiden.**
- **Stromkosten der Aktionstruhen ggf. von den Lebensmittelproduzenten tragen lassen.**
- **Wo immer möglich und wirtschaftlich vertretbar, ineffiziente Kühlmöbel sofort gegen energieeffiziente Geräte austauschen.**
- **Tendenziell steigt die Energieeffizienz mit der Größe der Kühlmöbel (günstigeres Oberflächen-Rauminhalt-Verhältnis). Das bedeutet, bei gleichbleibendem gekühltem Raumvolumen lieber weniger große Kühlmöbel als viele kleine im Markt aufstellen.**
- **Beleuchtung an oder in Kühlmöbeln wo immer möglich, nach Ladenschluss abschalten.**

ZUSAMMENFASSUNG

Die pauschalen Aussagen, dass steckerfertige Kühlmöbel einen höheren Strombedarf aufweisen als Verbundlösungen; dass, bedingt durch die starke Wärmeentwicklung, steckerfertige Kühlmöbel für eine Klimatisierung im Markt verantwortlich sind oder dass bei steckerfertigen TK-Truhen keine automatische Abtauung vorhanden sei, sind schlichtweg falsch, obwohl sie in Teilen der Fachliteratur regelmäßig wiederholt werden.

Die Vermutung liegt nahe, dass Aussagen, die in der Vergangenheit in Einzelfällen durchaus ihre Berechtigung hatten, pauschal und ungeprüft in die Gegenwart übernommen wurden.

Richtig ist vielmehr, dass:

- **Energieoptimierte, hocheffiziente, steckerfertige Kühlmöbel einen geringeren oder zumindest vergleichbaren Strombedarf aufweisen als Verbundanlagen der neuesten Generation.**
- **Energieeffiziente TK-Truhen selbst bei höchster Kühlmöbeldichte nur zu maximal 12 % am Wärmeeintrag eines Marktes beitragen und dass beim Einsatz energieoptimierter, steckerfertiger Kühlmöbel die Installation einer Klimaanlage im Markt nicht notwendig ist.**
- **Steckerfertige Kühlmöbel mit automatischer Abtauung inzwischen Stand der Technik und keine Ausnahme sind.**

Der Strombedarf steckerfertiger Kühlmöbel hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, auf die die Produzenten der Kühlmöbel zum Teil keinen Einfluss haben. Umweltbedingungen am Standort, Pflege, Nutzungsgrad, Alter des Kühlmöbels oder Temperatureinstellungen sind nur einige. Schnell kann sich dadurch in Summe der Strombedarf verdoppeln. Es ist grundsätzlich problematisch, den Strombedarf eines Kühlmöbels zu messen und die übrigen Rahmenbedingungen auszublenden. Aus diesem Grund unsere Handlungsempfehlungen:

- **Messen Sie den Strombedarf Ihrer steckerfertigen Kühlmöbel über drei bis vier Wochen. Dazu können Sie sich ein Messgerät besorgen (auf Messgenauigkeit achten, vgl. Testberichte). Alternativ können Sie den Strombedarf messen und auswerten lassen.**
- **Rechnen Sie den Jahresstrombedarf auf 12 Monate, um einen ersten Anhaltspunkt zu erhalten (wenn Sie über keine Klimaanlage verfügen, wird der Energiebedarf im Sommer höher sein als im Winter).**
- **Ermitteln Sie das gekühlte Raumvolumen.**
- **Bewerten Sie mit unserer Ampelskala den Energiebedarf.**
- **Handeln Sie umgehend, falls Ihnen der Strombedarf zu hoch erscheint.**
- **Gerne beantworten wir Ihre Fragen. Zögern Sie nicht, uns anzurufen.**

Bitte beachten Sie:

Die Messung einiger Kühlmöbel aus einer Produktionsserie von mehreren Hundert oder gar Tausend über wenige Wochen erlaubt keine Rückschlüsse auf die komplette Geräteserie oder die Typenfamilie.

Es wurden exemplarisch in Lebensmittelmärkten Kühlgeräte mit ein und derselben Untersuchungsmethode gemessen. Die Messwerte treffen somit für das gemessene Kühlmöbel und den jeweiligen Markt zu und können nicht auf andere Märkte oder Kühlmöbel übertragen werden.

Branchenexpertise

Die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG hat im Jahr 2008 ihre Aktivitäten in der Energieberatung aufgrund einer dynamischen Auftragsentwicklung in einem eigenen Geschäftsbereich gebündelt. Zwischenzeitlich führt das Unternehmen mehrere Hundert Energieberatungen pro Jahr durch und gehört damit zu den größten Energieberatern Deutschlands.

Zielsetzung

Auffallend viele Unternehmer haben keine klare Vorstellung von den Energieströmen in Ihrem Betrieb. Die Schätzungen bei einzelnen Kühlmöbeln weichen bis um den Faktor 25 von den tatsächlichen Stromkosten ab. Der wirtschaftliche Betrieb wird durch die Fehleinschätzung erschwert oder gar unmöglich.

Ein Wechsel des Blickwinkels beim LEH in Sachen Energie-Controlling erscheint dringend geboten. Bereits Erich Kästner sagte: „Man kann auf seinem Standpunkt stehen, aber man sollte nicht darauf sitzen".

In den letzten Jahren hat die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG zahlreiche Messungen sowohl am Drehstromnetz (Kältekompressoren, Lüftungsanlagen etc.) als auch bei steckerfertigen Kühlmöbeln[1] durchgeführt. Nahezu alle von uns befragten Lebensmittel-Einzelhändler konnten die Stromkosten ihrer steckerfertigen Kühlmöbel nicht richtig einschätzen und waren über die teilweise exorbitant hohen Strombedarfswerte überrascht. Dies ging so weit, dass Besprechungen mit unseren Mandanten kurz unterbrochen wurden, um sofort ein oder mehrere besonders stromhungrige Kühlmöbel vom Netz zu trennen.

Um das anscheinend vorhandene Informationsdefizit im LEH zu beseitigen, wurde die vorliegende Studie erstellt. Die Leser sollen dadurch in die Lage versetzt werden:

- **Den Strombedarf einzelner Kühlmöbel zukünftig besser abschätzen zu können.**
- **Eine Orientierung zu erhalten, wie hoch das Strombedarfsspektrum steckerfertiger Kühlmöbel sein kann.**
- **Gezielt den Energiebedarf von Kühlmöbeln zu reduzieren.**
- **In Kalkulationen realistische Kosten anzusetzen.**
- **Beim Kauf neuer Kühlmöbel Strombedarfswerte als Kaufkriterium besser würdigen zu können.**

Durch die Studie, so hofft die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG, wird der Energiebedarf steckerfertiger Kühlmöbel mehr in den Blickwinkel der Einzelhändler rücken und so der Strombedarf insgesamt nennenswert reduziert.

Die kostenlose Verteilung der Studie als PDF- und Printversion betrachten wir als weiteren Beitrag zum aktiven Klima- und Umweltschutz.

[1] Unter dem Begriff „steckerfertiges Kühlmöbel" sind Kühl- und/oder Tiefkühlmöbel zu verstehen, die sämtliche Aggregate, die für die Erzeugung einer (Tief-)Kühltemperatur erforderlich sind, innerhalb des Möbels aufweisen.

Grenzen

Steckerfertige Kühlmöbel in den Märkten messen und den Strombedarf veröffentlichen – bringt das etwas?

Ja und nein!

Nein, da die Messung eines Kühlmöbels oder einiger weniger Kühlmöbel aus einer Produktionsserie von mehreren Hundert oder Tausend keinen Rückschluss auf die komplette Serie geben kann. Hinzu kommt, dass das – oder die – gemessene(n) Kühlmöbel während der Messung defekt sein könnten. Außerdem wurde der Strombedarf der Kühlmöbel nicht über ein komplettes Jahr, sondern lediglich einige Tage bis Wochen gemessen und der während dieser Zeit aufgenommene Strombedarf auf ein Jahr hochgerechnet. Dies birgt – vor allem bei nicht klimatisierten Märkten – ein Fehlerpotenzial.

Nein, da zahlreiche Faktoren, auf die Kühlmöbelhersteller keinen Einfluss haben, den Strombedarf signifikant beeinflussen können. Klimatisierung, Zugerscheinungen, Markttemperatur, Standort, aber auch Temperatureinstellung, Pflege, Wartung und Alter des Kühlmöbels spielen eine gewichtige Rolle.

Diese Studie darf nicht den Eindruck erwecken, dass es gute und schlechte Kühlmöbel – oder Kühlmöbelhersteller – gibt. Es wurden exemplarisch in Lebensmittelmärkten Kühlgeräte über einen kurzen Zeitraum mit ein und derselben Untersuchungsmethode gemessen. Die Messwerte treffen somit für das gemessene Kühlmöbel, den gemessen Markt und für die gemessene Periode zu und können – wie bereits beschrieben – nicht auf andere Märkte übertragen werden. Keinesfalls wird der Anspruch erhoben, dass es sich bei den Messwerten um typische Strombedarfswerte der gesamten Geräteserie oder der Typengruppe handelt.

Ja, weil es die Leser für die Thematik sensibilisiert und die Studie plakativ aufzeigt, dass Geldvernichtungsmaschinen im Lebensmittel-Einzelhandel stehen können.

Ja, da ineffiziente Kühlmöbel – wenn Sie gehäuft in Märkten auftreten und für längere Zeit dort verbleiben – die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig schwächen.

Ja, da Messwerte – selbst wenn Sie nur für einen speziellen Markt unter den speziellen Rahmenbedingungen vor Ort gelten – aufzeigen, dass die vorgefundene Situation theoretisch auch im eigenen Markt vorliegen könnte.

Einige Bilder von Kühlmöbeln lassen eine professionelle Schärfe, viele Typenschilder den optimalen Blickwinkel vermissen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass niemals beabsichtigt war, auch nur eines der Bilder zu veröffentlichen. Lediglich die interne Verwendung als Arbeitshilfe war geplant. Die Kühlmöbelhersteller bitten wir vorsorglich um Verzeihung, sollte ein Kühlmöbel um wenige Zentimeter länger sein, als von uns gemessen. Geringe Abweichungen sind möglich, haben allerdings keinen nennenswerten Einfluss auf die Kennzahlenbildung.

UNTERSUCHUNGSMETHODE 1

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

1 UNTERSUCHUNGSMETHODE

1.1 Problematik der Strombedarfsermittlung

Bei steckerfertigen Kühlmöbeln, die auf dem Typenschild eine Energieaufnahme ausweisen, also z.B. 7,5 kWh/24 h, ist der maximale Energiebedarf einfach zu ermitteln. Im vorliegenden Fall (vgl. Abbildungen unten) sind das 7,5 kWh/24 h · 365 d/a = 2.737 kWh/a. Wird auf dem Typenschild lediglich die Leistungsaufnahme in Watt oder Kilowatt angegeben, ist eine Abschätzung des Strombedarfs wesentlich schwieriger. Beim bereits zitierten Kühlmöbel sind das 400 Watt. Wird jetzt gerechnet: 0,4 kW · 24 h/d · 365 d/a beträgt der Strombedarf bereits 3.504 kWh pro Jahr. Welcher Wert – 2.737 kWh/a oder 3.504 kWh/a – entspricht dem tatsächlichen Bedarf?

Abb. 1: AHT TK-Kühlmöbel

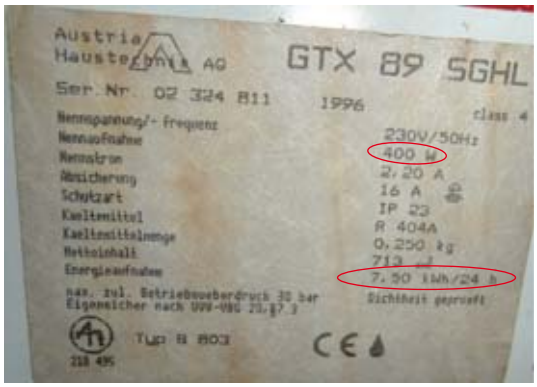


Abb. 2: AHT Typenschild

Eine Messung ergab, dass keiner der rechnerisch ermittelten Werte dem realen Strombedarf entsprach. Wird die Leistungsanforderung über einen Tag betrachtet, zeigt sich, dass das Kühlmöbel häufig taktet, sich also ein- und wieder abschaltet. Diese Taktung hängt von verschiedenen Faktoren ab und kann nur schwer berechnet werden.

Um den tatsächlichen Strombedarf von steckerfertigen Kühlmöbeln zu ermitteln, ist der Einsatz eines Messgerätes am sinnvollsten.

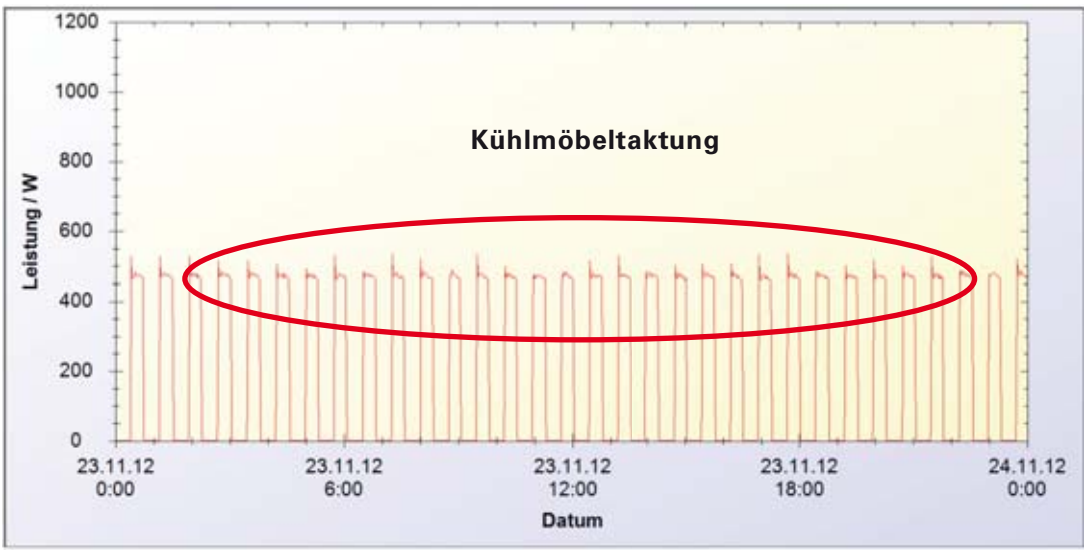


Abb. 3: Taktung eines Kühlmöbels

1.2 Mess-Systematik und -Methode

Um den Lastverlauf und den Strombedarf von steckerfertigen Kühlmöbeln zu messen, wurde der VOLTCRAFT ENERGY LOGGER 4000 eingesetzt.

Abb. 4: Energy Logger[1]

Ausführung	Für Steckdose
Anzeige	LCD
Anzeigebereich	0,001 – 9.999 kWh
Betriebsspannung	230 V/AC
Wirk-Leistungsbereich	1,5 – 3.500 W
Frequenz	50 Hz
Wirk-Strombereich	0.01 – 15 A
Genauigkeits-Klasse	± (1% + 1 Count)
Eigenbedarf	1,8 W
Max. Aufzeichnungsdauer	4.320 h
MID-Zulassung	Nein
Abmessungen	(B x H x T) 164 x 82 x 83 mm
Gewicht	240 g
Typ	ENERGY LOGGER 4000

Tabelle 1: Techn. Daten Energy Logger 4000

Vor der Inbetriebnahme wurde in die jeweiligen Geräte eine Batterie eingesetzt und die Grundparameter (Geräte-ID, Datum und Zeit) eingestellt. Anschließend wurde das Messgerät anleitungsgemäß zwischen Steckdose und Elektrogerät gesteckt. Der Betrieb erfolgte über haushaltsübliche Schutzkontakt-Steckdosen.

Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit der zugehörigen Software EnergyLoggerViewer. Die Untersuchungsmethode wurde bei allen Geräten beibehalten.

[1] Bildnachweis: Conrad Electronic, www.conrad.biz

1.3 Kennzahlenbildung

Um den Strombedarf von steckerfertigen Kühlmöbeln miteinander vergleichen zu können, ist die Bildung von Kennzahlen notwendig. Bereits bekannt sind:

Spezifischer Strombedarf Markt

$$\text{Spezifischer Strombedarf p.a. [kWh/m²]} = \frac{\text{Strombedarf p.a. [kWh]}}{\text{Verkaufsfläche [m²]}}$$

Allgemein gültig und im LEH weit verbreitet, abhängig von der Kühlmöbeldichte im Markt, keine spezifische Aussage zum Kühlmöbel möglich.

Strombedarf pro Expansionsventil

Da die Leistung pro Ventil um den Faktor vier variieren kann, ist diese Kennzahl in der Praxis wenig aussagefähig.

Spezifischer Strombedarf pro laufendem Meter Kühlmöbel (KM)

$$\text{Spezifischer Strombedarf KM p.a.} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{lfd.m}}\right] = \frac{\text{Strombedarf KM p.a. [kWh]}}{\text{laufender Meter Kühlmöbel [m]}}$$

Der spezifische Strombedarf der Kühlmöbel pro laufenden Meter wird in der Praxis häufig eingesetzt und liefert brauchbare Richtwerte. Gegenüber der Kennzahl: „Strombedarf pro gekühltes Raumvolumen" ergeben sich nach Expertenmeinung keine Nachteile. Jeder Betreiber von Kühlmöbeln kann mit wenigen Angaben (Laufmeter je Kühlmöbeltyp/ -familie und Jahresenergiebedarf der Kälteanlage bzw. des Kühlmöbels die Effizienz seiner Kälteanlage beurteilen. Dabei gilt:

- **> 3.000 kWh pro lfd. Meter p.a.:** **Strombedarf überhöht**
- **2.200 bis 3.000 kWh pro lfd. Meter p.a.:** **Durchschnittswert**
- **< 2.200 kWh pro lfd. Meter p.a.:** **Strombedarf im grünen Bereich**

Strombedarf pro Displayfläche (DF)

Eine weitere Kennzahl für Kühlmöbel erfolgt unter Einbeziehung der Displayfläche.

$$\text{Spezifischer Strombedarf DF p.a.} \left[\frac{\text{kWh·a}}{\text{m²}}\right] = \frac{\text{Strombedarf p.a. [kWh]}}{\text{Displayfläche [m²]}}$$

Der Strombedarf pro Displayfläche kann zur Ermittlung des Strombedarfs von Kälteanlagen herangezogen werden. Mit dieser Kennzahl sowie einem Energiemonitoring können die Strombedarfswerte einer Kälteanlage im LEH über den gesamten Lebenszyklus bewertet werden. Der spezifische Strombedarf pro Displayfläche kann um verschiedene Korrekturfaktoren ergänzt werden und liefert dadurch eine noch genauere Aussage. Mögliche Korrekturfaktoren können beispielsweise sein:

- **Klimaregion**
- **Markt-Öffnungszeiten**
- **Kühlmöbeltyp/-familie**
- **Temperaturklassen der Kühlmöbel**
- **Klimatisierung des Marktes**

Eine praxisgerechte Definition der Displayfläche sollte für offene und geschlossene Möbel einheitlich definiert sein:

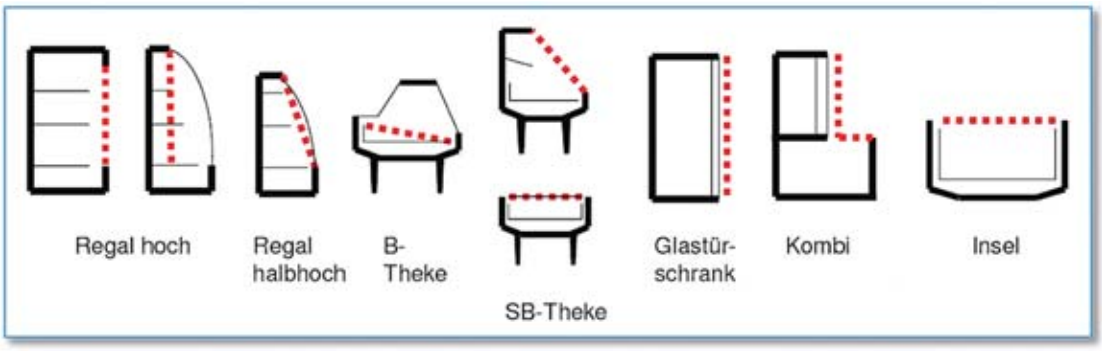


Abb. 5. Ermittlung der Displayflächen[2]

Spezifischer Strombedarf pro gekühltem Raumvolumen

$$\textit{Spezifischer Strombed. KM p.a.}\,[\frac{kWh}{m^3}] = \frac{\textit{Strombedarf KM p.a. [kWh]}}{\textit{gekühltes Raumvolumen [m³]}}$$

Für die folgende Studie wurde als aussagefähige Kennzahl der spezifische Strombedarf pro gekühltem Raumvolumen herangezogen.

1.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Messergebnisse erfolgte bei unseren Mandanten in drei Blöcken. Im ersten Block wurden die Kontaktdaten des Marktes dargestellt und das im Markt befindliche Kühlmöbel charakterisiert.

Gerätename	
Markt **Anschrift** **Verkaufsfläche**	
Kühlmöbel-Hersteller	**Baujahr**
Bauart	**Modell**
Nennleistung	**Kältemittel**
Energieaufnahme	**Inhalt**
Innenmaße (B / H / T)	**Temperatur**

Abb. 6. Block I, Messort (Markt) und Beschreibung des Kühlmöbels

[2] Vgl. VDMA Arbeitskreis Energieeffizienz U-AK2 Supermarkt-/Gewerbekälte, Kühlmöbel. Transparenz schaffen für energieeffiziente Supermarkt-Kälteanlagen. „Runder Tisch", BMU Berlin, 8.10.09, Bernd Heinbokel

1 UNTERSUCHUNGSMETHODE

Im zweiten Block wird das Kühlmöbel zur besseren Wiedererkennung bildlich dargestellt. Als weiteres wichtiges Kriterium des Kühlmöbels wurde der Lastverlauf in Kurz- und Langzeitbetrachtung aufgezeichnet.

Typenschild	
Abb. 1 des Kühlmöbels	Abb. 2 des Kühlmöbels
Lastgang des Kühlmöbels, Übersicht	Lastgang des Kühlmöbels, Kurzzeitbetrachtung

Abb. 7. Block II, Bildmaterial

Im dritten und letzten Informationsblock wurden Messzeitraum, Strompreis, Jahreshochrechnung und eine Beurteilung des Kühlmöbels dargestellt. Wichtig in diesem Zusammenhang sind Messdauer und Jahresprognose. Die Messdauer gibt an, wie viele Tage das Messgerät den Strombedarf des Kühlmöbels gemessen hat. Bei der Jahresprognose wird der ermittelte Wert im Messzeitraum auf ein Jahr extrapoliert. Erhöhte Strombedarfswerte im Sommer oder eine reduzierte Leistungsaufnahme im Winter wurden dabei nicht berücksichtigt. Damit sich der Leser dieser Studie ein besseres Bild von der Mess-Situation machen kann, wurde zu jeder Messung zumindest die Jahreszeit vermerkt. Auf den Einbau eines Korrekturfaktors wurde bewusst verzichtet, da jahreszeitliche Einflüsse von Modell zu Modell unterschiedlich ausfallen können und auch innerhalb einer Modellserie starke Schwankungen möglich sind. Es soll nicht der Eindruck einer Genauigkeit erweckt werden, die in der Praxis nicht gegeben ist.

Das Ampel-Bewertungsschema orientiert sich an Kennzahlensystemen, wie sie im Einzelhandel üblich sind.

Kalkulation:			
Von:		**Strompreis, netto [€ / kWh]**	
Bis:		**Messdauer [Tage]**	
Jahresprognose:			
Bedarf		**Kosten [€]**	
Spez. Bedarf Kühlmöbel			
Bewertung			

Abb. 8. Block III, Strombedarf des Kühlmöbels

Die oben angeführte Darstellung befindet sich bei Kühlmöbeln, die als energieeffizient beurteilt wurden, im Anhang dieser Studie. Kühlmöbel im gelben und roten Bereich wurden anonymisiert.

STECKERFERTIGE KÜHLMÖBEL IM LEH

2

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

2 STECKERFERTIGE KÜHLMÖBEL IM LEH

2.1 Handelsstrukturen

Die Betriebsformen im Lebensmittel-Einzelhandel werden verschieden definiert. In Anlehnung an das EHI Retail Institute, Köln und an die in der Praxis von uns vorgefundenen Flächen, wurde folgende Einteilung vorgenommen:

Betriebsform LEH	Verkaufsfläche [m²]
Kleinflächen (z.B. nah & gut)	< 400
Supermarkt (z.B. aktiv markt)	400 bis 1.499
Kleine Verbrauchermärkte (z.B. neukauf)	1.500 bis 2.400
SB-Center	> 2.500
Discounter	210 bis 1.200

Tabelle 2. Betriebsformen im LEH

2.2 Steckerfertige Kühlmöbel

2.2.1 Hersteller/Marken

Von den rund 41.000 deutschen LEH-Unternehmen hat die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG lediglich knapp 3 % energetisch erfasst. Die nachfolgende Aufstellung kann somit kein repräsentativer Querschnitt steckerfertiger Kühlmöbel im LEH sein, zumal nicht alle von uns besuchten Betriebe in dieser Studie berücksichtigt werden konnten. Die Auswertungen sind allerdings umfangreich genug, um sich einen ersten Überblick, eine tendenzielle Auskunft, zur Aufstellung steckerfertiger Kühlmöbel im deutschen LEH zu verschaffen.

Bei den steckerfertigen Tiefkühlmöbeln wurden im Rahmen unserer Betriebsbegehungen vor allem sechs verschiedene Hersteller identifiziert. Die Marktführer in diesem Segment sind eindeutig AHT sowie Carrier/Linde[3]/Criosbanc.

Plus-Kühlgeräte sind in den von uns besuchten Märkten in einer deutlich höheren Vielfalt vorhanden. Vor allem AHT sowie Carrier/Linde/Criosbanc sind sehr stark vertreten, gefolgt und in etwa mit vergleichbaren Marktanteilen von De Rigo, Costan, Frigorex, KUB Kunststoff- und Blechverarbeitung Burkhardt GmbH und KMW Kühlmöbelwerk Limburg GmbH.

[3] Linde: Gemeint ist hier die Linde Kältetechnik GmbH & Co. KG. Um 1998 wurden von der Linde AG die verbliebenen 20 Prozent an der italienischen Criosbanc S. p. A. übernommen. Der Geschäftsbereich Kältetechnik wurde 2004 aus der Linde AG ausgegliedert, in die „Linde Kältetechnik GmbH & Co. KG" überführt und an die Carrier Corporation, eine Konzerngesellschaft der United Technologies Corporation, verkauft.

Nr.	Pluskühlgeräte
01	AHT Cooling Systems GmbH
02	Bartscher GmbH
03	C.Bomann GmbH (Kühlschränke)
04	Caravell
05	UTC (Carrier / Linde / Criosbanc)
06	Cibin S.r.l.
07	Costan S.p.A. (Epta)
08	De Rigo Refrigeration srl
09	Dru International nv
10	Electrolux (Kühlschränke)
11	Framec S.p.a. (Eureka)
12	Frigorex S.R.L.
13	Heatcraft Kysor/Warren
14	Intercold
15	Isa S.p.a. und Tasselli
16	Iarp S.r.l. (Eureka)
17	KMW Kühlmöbelwerk Limburg GmbH
18	Kunststoff- und Blechverarbeitung Burkhardt GmbH
19	Liebherr
20	LTH Skofja Loka, D.O.O.
21	Oscartielle S.p.a.
22	Rivacold
23	Tecfrigo S.p.a.
24	True Manufacturing Co.
25	Vestfrost (Kühlschrank)
26	Viessmann (NK-Zellen)
27	Zoin Refrigerazione S.r.l.

Tabelle 3 a. Kühlmöbelmarken im LEH alphabetisch (Pluskühlgeräte)

Nr.	Tiefkühlgeräte
01	AHT Cooling Systems GmbH
02	Caravell
03	Carrier / Linde
04	Esta (Eureka GmbH & Co. KG)
05	Isa S.p.a.
06	Liebherr

Tabelle 3 b. Kühlmöbelmarken im LEH alphabetisch (Tiefkühlgeräte)

2.2.2 Steckerfertige Kühlmöbel nach Betriebsformen

	Kleinfläche < 400 m² VK	Supermarkt 400 m² bis 1.500 m² VK	Kl. Verbrauchermarkt 1.500m² bis 2.500 m²VK	Gr. Verbrauchermarkt > 2.500m²VK	Discounter 200m² bis 1.200m² VK
Anzahl Kühlmöbel	7,5	7,2	8,1	18,0	22,3
Anteil TK [%]	68,3	40,9	37,0	23,3	87,3
Anteil NK [%]	31,7	59,1	63,0	76,7	12,7

Tabelle 4. Steckerfertige Kühlmöbel nach Betriebsformen im LEH

Im Durchschnitt werden auf der Kleinfläche bis 400 m² Verkaufsfläche (VK) 7,5 steckerfertige Kühlmöbel pro Markt eingesetzt. Rund zwei Drittel entfallen davon auf den TK-Bereich. Das ist nicht verwunderlich, da bei dieser Betriebsform häufig auf klassische Kälteanlagen (Einzelanlage bzw. Verbund) verzichtet wird. Der wesentlich größere Supermarkt weist die geringste Dichte an steckerfertigen Kühlmöbeln auf, da bei dieser Betriebsform bereits TK- und NK-Verbundanlagen die Regel sind. Das Verhältnis TK : NK beträgt ca. 40 : 60. Kleine Verbrauchermärkte heben sich hinsichtlich der Anzahl an steckerfertigen Kühlmöbeln kaum von den Supermärkten ab. Die vergleichsweise hohe Anzahl steckerfertiger Kühlmöbel in großen Verbrauchermärkten ist auf die größere Verkaufsfläche zurückzuführen. Bei dieser Betriebsform liegt der Schwerpunkt klar auf Aktionstruhen mit Impulsartikeln im NK-Bereich.

Die von der Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG besuchten Discounter sind mit 22,3 steckerfertigen Kühlmöbeln pro Standort Spitzenreiter. Nahezu 90 % vereinigt der TK-Bereich bei dieser Betriebsform auf sich.

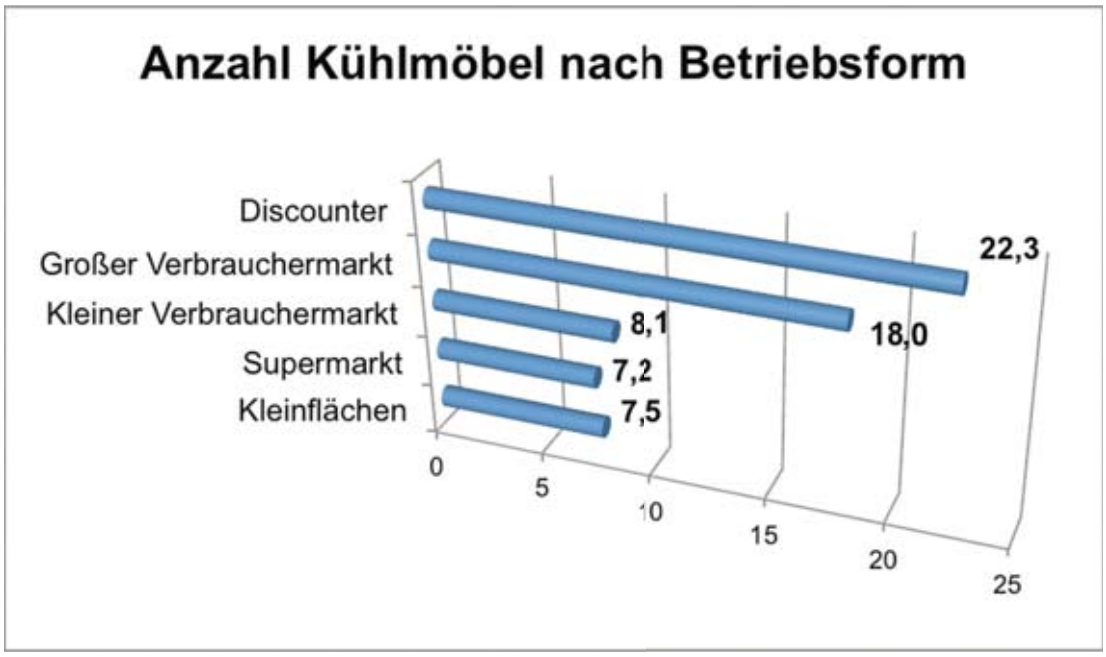


Abb. 9. Anzahl der Kühlmöbel nach Betriebsform im LEH

Die folgenden Abbildungen zeigen die Anteile an steckerfertigen Kühlmöbeln nach Betriebsform.

Kleinfläche

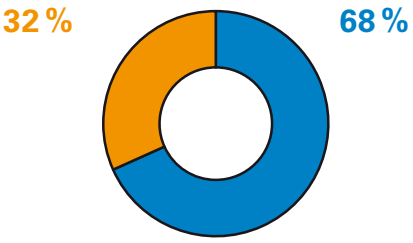


Abb. 10. TK-/NK-Anteil Kleinfläche

Supermarkt

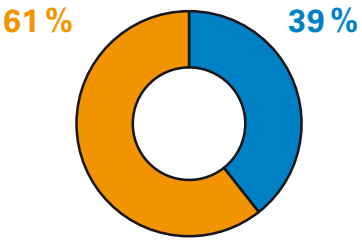


Abb. 11. TK-/NK-Anteil Supermarkt

Verbrauchermarkt, klein

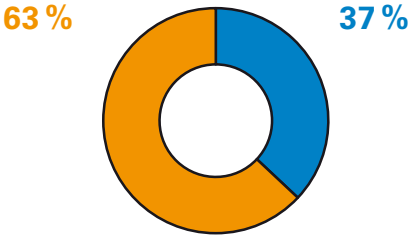


Abb. 12. TK-/NK-Anteil VM-klein

Verbrauchermarkt, groß

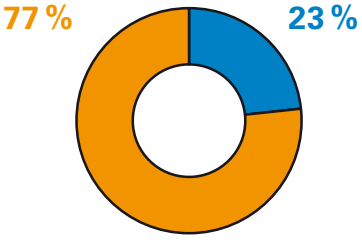


Abb. 13. TK-/NK-Anteil VM-groß

Discounter

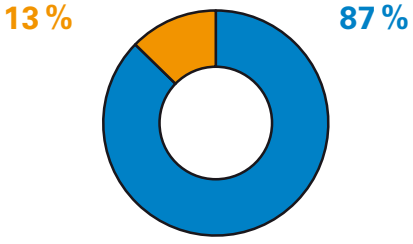


Abb. 14. TK-/NK-Anteil Discounter

LEGENDE:

NK (Plus-Kühlmöbel)

TK (Minus-Kühlmöbel)

AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE 3

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

3 AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

Im Anhang sind Mess-Systematik und Strombedarfswerte aller Kühlmöbel in Katalogform aufgeführt. Auf den folgenden Seiten werden lediglich die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Folgende Systematik wurde unter energetischen Aspekten zur Unterteilung der steckerfertigen Kühlmöbel gewählt:

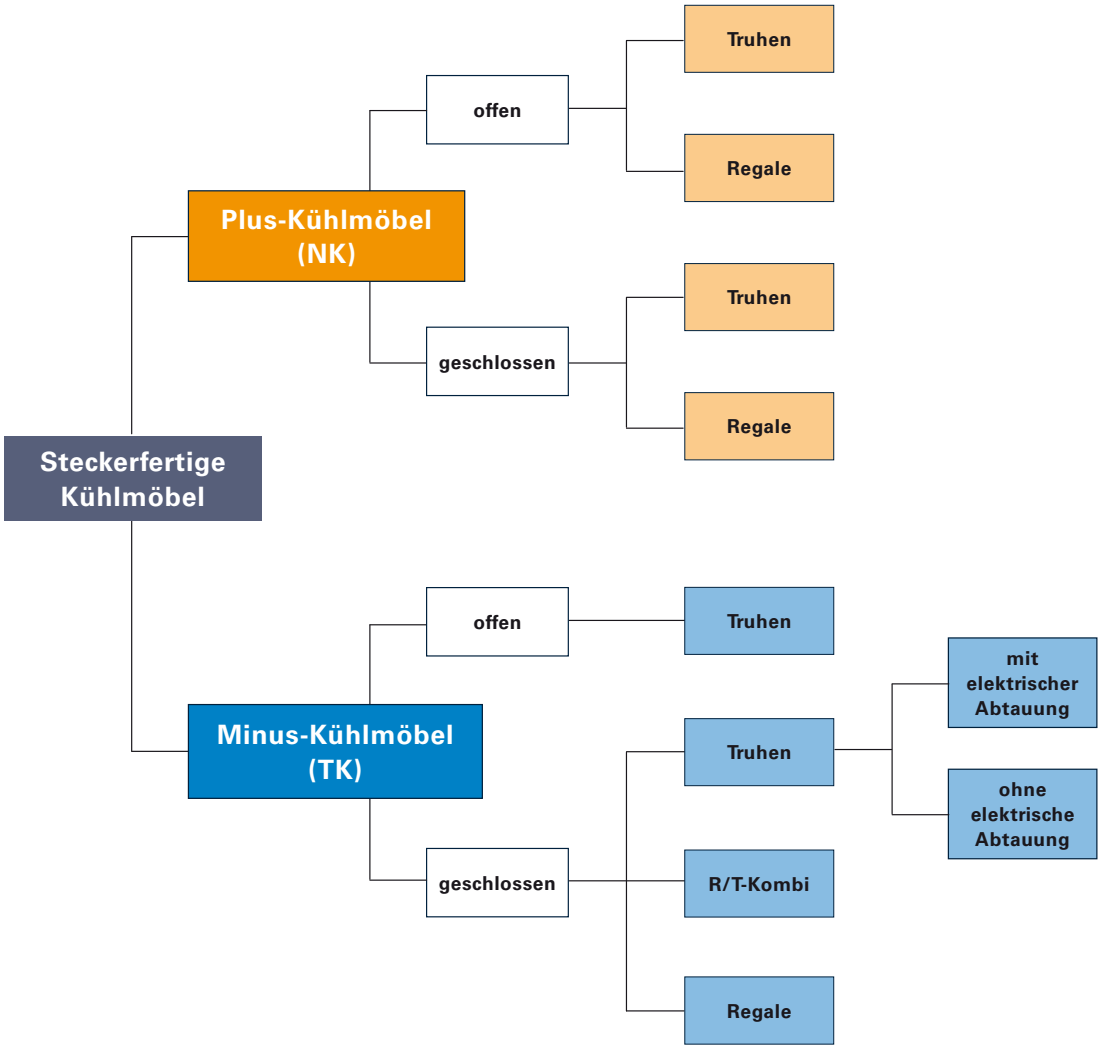


Abb. 15. Systematik der steckerfertigen Kühlmöbel

Aufgrund des eingeschränkten Stichprobenumfanges kommt es vor, dass vereinzelt Rubriken im Hauptteil der Studie nicht explizit genannt werden. Hier sei auf den Anhang verwiesen. So wurde beispielsweise lediglich eine offene TK-Truhe gemessen, um einen groben Anhaltspunkt zum Strombedarf dieser Truhenkategorie zu erhalten. Da solche Truhen im LEH nach unserer Erfahrung ohnehin sukzessiv ausgemustert werden, wurde auf weitergehende Messungen verzichtet.

Zur Beurteilung der Kühlmöbel hat sich ein Ampelsystem bewährt.

Grün: Strombedarf kleiner als 4.000 kWh/m³·a, gut/sehr gut

Gelb: Strombedarf zwischen 4.000 kWh/m³·a und 8.000 kWh/m³·a, Mittelfeld

Rot: Strombedarf höher als 8.000 kWh/m³·a, deutlich überhöht

3.1 Übersicht Plus-Kühlmöbel (NK), geschlossen

Bewertung [5]	Lfd. Nr.	NK-Kühlregale, geschlossen	Anzahl Messungen	Bedarf kWh/m³·a	Kosten [4] EUR/a
gut	1	True GDM-37	2	$\bar{x}$ = 3.404	613,–
	2	Frigorex-FVS1200	2	$\bar{x}$ = 3.625	653,–
	3	Liebherr Megacooler	2	$\bar{x}$ = 3.689	664,–
	4	H01M01	2	$\bar{x}$ = 4.274	769,–
	5	H02M01	1	4.540	817,–
	6	H03M01	1	4.792	863,–
	7	H01M02	1	6.041	1.087,–
	8	H04M01	1	6.727	1.211,–
mittel	9	H05M01	3	$\bar{x}$ = 7.693	1.495,–

Tabelle 5. Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, geschlossen

Sehr gute Strombedarfswerte wiesen die True GDM-37, die Frigorex-FVS 1200 und die Liebherr Megacooler Kühlregale auf. Die höchsten Verbraucher im Segment der geschlossenen Kühlregale sind H05M01 und H04M01.

Tendenziell lässt sich feststellen, dass bei Kühlmöbeln mit geringerem Kühlvolumen der spezifische Strombedarf steigt.

Lfd. Nr.	NK-Kühlregale, geschlossen	Anzahl Messungen	Gekühltes Raumvolumen [l]	Bedarf kWh/m³·a
1	True GDM-37	2	892	$\bar{x}$ = 3.404
2	Frigorex-FVS1200	2	903	$\bar{x}$ = 3.625
3	Liebherr Megacooler	2	326	$\bar{x}$ = 3.689
4	H01M01	2	335	$\bar{x}$ = 4.274
5	H02M01	1	482	4.540
6	H03M01	1	500	4.792
7	H01M02	1	292	6.041
8	H04M01	1	374	6.727
9	H05M01	3	530	$\bar{x}$ = 7.693

Tabelle 6. NK-Kühlregale, geschlossen, Raumvolumen und Strombedarf

[4] Für die gesamte Studie gilt: Es wurde ein einheitlicher Strompreis von 0,18 EUR/kWh angesetzt.

[5] Diese und folgende Bewertungen von gut zu heikel erfolgt ausschließlich für die exemplarisch gemessenen Kühlmöbel in den jeweiligen Märkten und erlaubt keinen Rückschluss auf den Strombedarf der Geräteserie.

3 AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

Abb. 16. True GDM-37

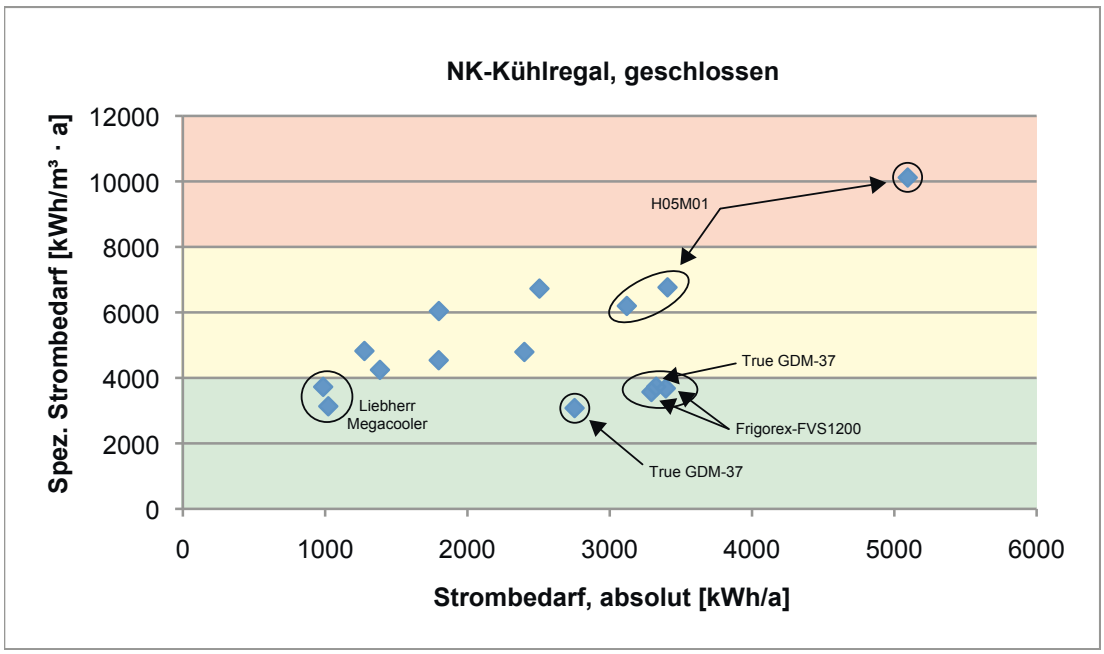


Abb. 17. Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, geschlossen

3.2 Übersicht Plus-Kühlmöbel (NK), offen

3.2.1 NK-Kühlregale, offen

Bewertung	Lfd. Nr.	NK-Kühlregale, offen	Anzahl Messungen	Bedarf kWh/m³·a	Kosten EUR/a
mittel	1	H06M01	1	4.360	785,–
	2	H07M01	2	$\bar{x}$ = 5.024	904,–
	3	H08M01	1	5.062	911,–
	4	H07M02	1	6.484	1.167,–
	5	H05M02	3	$\bar{x}$ = 8.051	1.449,–
	6	H07M03	2	$\bar{x}$ = 9.397	1.691,–
	7	H05M03	1	16.860	3.035,–
heikel	8	H09M01	3	$\bar{x}$ = 19.815	3.567,–

Tabelle 7. Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, offen

Im Segment der offenen Kühlregale konnte keines der gemessenen Geräte gute oder gar sehr gute Strombedarfswerte aufweisen. Außerordentlich hohe Werte vereinigen die H09M01 sowie die H07M03 auf sich. Aber auch H05M02 und H05M03 liegen im roten Bereich.

In der Modellreihe H05M02 wurden einzelne Geräte mit einem Strombedarf ab 6.000 kWh/m³·a gekühltes Nettovolumen identifiziert, bei den geschlossenen Getränkekühlern hingegen beginnt die Strombedarfsskala bei rund 900 kWh/m³·a gekühltes Nettovolumen. Vorsichtig kalkuliert sind die geschlossenen Getränkekühler um den Faktor zwei bis drei geringer im Strombedarf.

Vor allem vergleichsweise kleine Getränkekühler (H05M03, H09M01, H07M03) weisen – aufgrund ihres ungünstigen Volumen-zu-Oberfläche-Verhältnisses – hochgerechnet auf einen Kubikmeter gekühltes Nutzvolumen, exorbitant hohe Strombedarfswerte auf. Diese Geräteklasse scheint unter energetischen Gesichtspunkten besonders ineffizient zu sein.

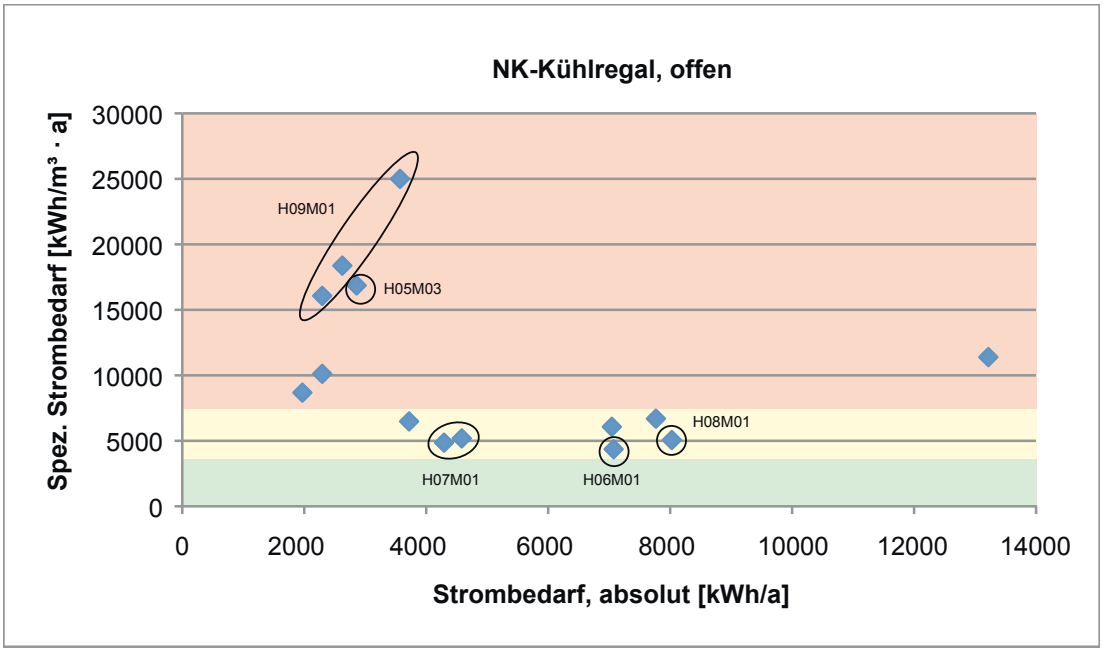


Abb. 18. Strombedarf NK-Kühlregale, offen

3.2.2 NK-Kühltruhen, offen

Bewer-tung	Lfd. Nr.	NK-Kühltruhen, offen	Anzahl Messungen	Bedarf kWh/m³·a	Kosten EUR/a
mittel	1	H07M04	3	$\bar{x}$ = 7.133	1.284,–
	2	H09M02	2	$\bar{x}$ = 7.138	1.285,–
	3	H10M01	1	7.794	1.403,–
	4	H11M01	5	$\bar{x}$ = 11.677	2.102,–
	5	H12M01	6	$\bar{x}$ = 13.392	2.411,–
	6	H09M03	2	$\bar{x}$ = 16.170	2.911,–
	7	H12M02	5	$\bar{x}$ = 16.178	2.912,–
	8	H08M02	1	17.466	3.144,–
	9	H06M02	1	18.591	3.346,–
	10	H08M03	1	19.266	3.468,–
	11	H13M01	4	$\bar{x}$ = 21.384	3.849,–
	12	H07M05	1	22.194	3.995,–
	13	H08M04	7	$\bar{x}$ = 23.433	4.218,–
heikel	14	H14M01	2	$\bar{x}$ = 35.018	6.303,–

Tabelle 8. Strombedarfsübersicht NK-Kühltruhen, offen

Wie bereits bei den offenen Kühlregalen, so konnte auch bei den offenen Kühltruhen kein energieeffizientes Gerät identifiziert werden. Hier gilt es, gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt, die Studie mit Kühltruhen neuester Bauart aus 2012/2013 zu ergänzen.

Abb. 19. Beispiel NK-Truhe, offen

Abb. 20. Beispiel NK-Aktion

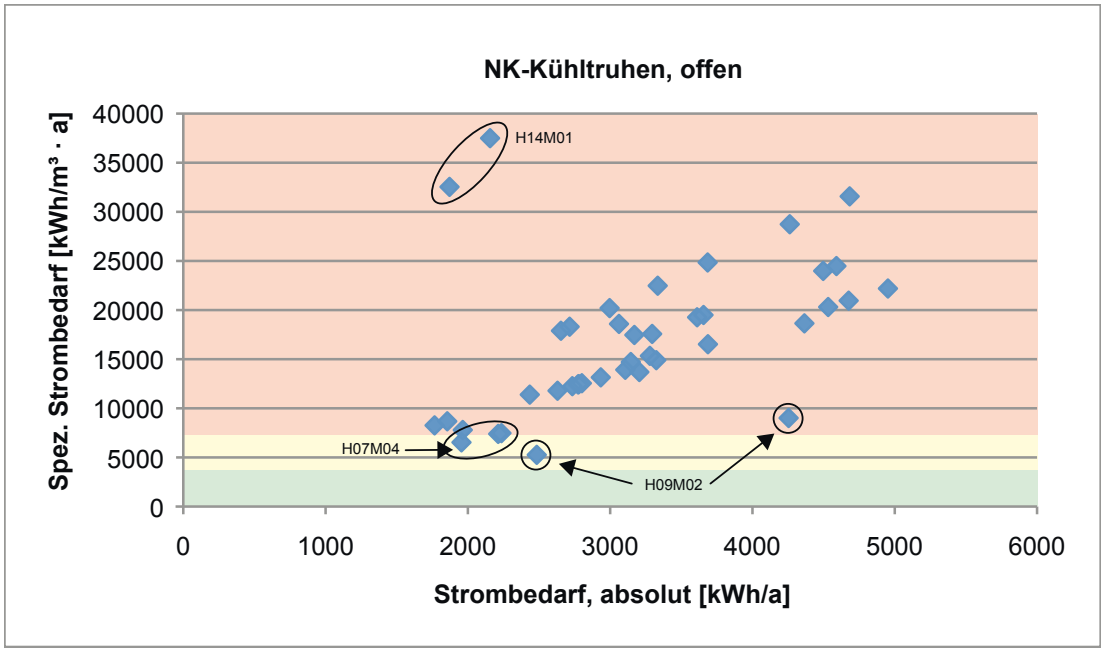


Abb. 21. Strombedarf Kühltruhen, offen

3.3 Übersicht Minus-Kühlmöbel (TK), geschlossen

3.3.1 TK-Truhen ohne elektrische Abtauung

Bewertung	Lfd. Nr.	TK-Truhen ohne elektrische Abtauung	Anzahl Messungen	Bedarf kWh/m³·a	Kosten EUR/a
gut	1	Liebherr GTE 3702	1	1.620	292,–
	2	AHT GTX 87 SGHL	6	$\bar{x}$ = 1.826	329,–
	3	AHT Salzburg 83/175 (–)	2	$\bar{x}$ = 2.506	451,–
	4	AHT Rio S 150	4	$\bar{x}$ = 2.642	476,–
	5	AHT GTX 89 SGHL	8	$\bar{x}$ = 2.649	477,–
	6	AHT Salzburg 83/210 (–)	7	$\bar{x}$ = 2.700	486,–
	7	AHT Rio H 125	2	$\bar{x}$ = 3.374	607,–
	8	AHT GTX 47 SG	1	3.672	661,–
	9	Nordcap CX 45	2	$\bar{x}$ = 3.754	676,–
	10	AHT Malta 145 (–)	2	$\bar{x}$ = 3.765	678,–
	11	AHT Wien 200 (–) **[B]**	1	3.780	680,–
	12	H15M01 **[B]**	1	4.183	753,–
	13	H01M03	1	4.230	761,–
	14	H15M02 **[B]**	2	$\bar{x}$ = 4.448	801,–
	15	H15M03	1	5.069	912,–
	16	H15M04	1	5.083	915,–
	17	H16M01	1	5.648	1.017,–
	18	H01M04	1	9.776	1.760,–
	19	H17M01	1	12.057	2.170,–
heikel	20	H17M02	1	12.102	2.178,–

Tabelle 9. Strombedarfsübersicht TK-Truhen ohne elektrische Abtauung

LEGENDE:

[B] = Interne Beleuchtung verbaut.

Um eine annähernde Vergleichbarkeit der Truhen erzielen zu können, wurde der Strombedarf der Beleuchtung – falls vorhanden – vom Gesamtstrombedarf der Truhen abgezogen. Das ändert allerdings nichts an der Tatsache, dass bei Truhen mit interner Beleuchtung ein mehr (T8 KVG)[6] oder weniger (LED)[7] hoher permanenter Wärmeeintrag in die Truhe stattfindet. Dieser Wärmeeintrag muss mit zusätzlicher Kälteleistung kompensiert werden. Ein höherer Strombedarf ist damit konsequenterweise gegeben. Um auf diese Einflussgröße hinzuweisen, wurden die betreffenden Truhen mit einem **[B]** gekennzeichnet.

[6] T8 KVG = Leuchtstofflampe, Bauform T8 (26 mm Durchmesser) mit konventionellem Vorschaltgerät

[7] LED = Light-Emitting Diode, dt. Licht-emittierende Diode, auch Lumineszenz-Diode

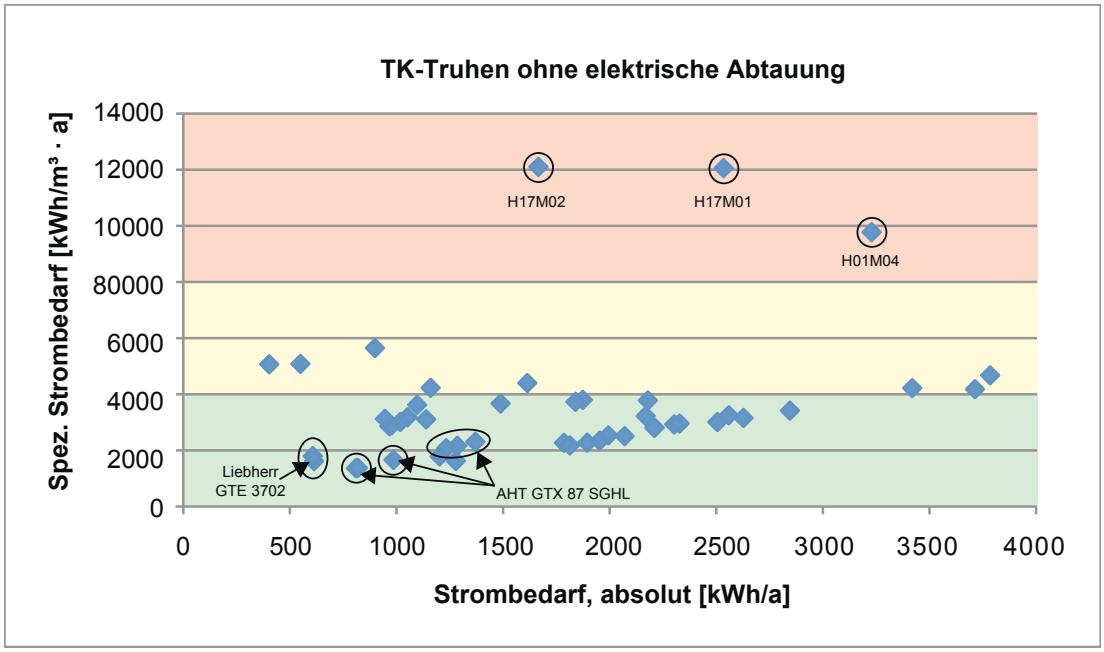


Abb. 22. Strombedarf TK-Truhen ohne elektrische Abtauung

Die TK-Truhen ohne elektrische Abtauung sind überwiegend sehr energieeffizient. In der Übersicht ist erkennbar, dass zahlreiche Truhen zwischen 1.600 kWh/m³ · a und unter 4.000 kWh/m³ · a benötigen. Ab Rang 18 ist ein deutlicher Bruch in der Energieeffizienz erkennbar. H01M04 und die beiden H17M01/H17M02-Truhen weisen einen Strombedarf von 9.700 kWh/m³ · a bis 12.100 kWh/m³ · a auf und sind damit die einzigen Truhen im roten Bereich.

Abb. 23. AHT GTX 87 SGHL

Abb. 24. AHT Rio S 150

3.3.2 TK-Truhen mit elektrischer Abtauung

Bewertung	Lfd. Nr.	TK-Truhen mit elektrischer Abtauung	Anzahl Messungen	Bedarf kWh/m³·a	Kosten EUR/a
gut	1	AHT Athen 210 XL	2	$\bar{x}$ = 1.869	336,–
	2	AHT Miami 185 (–)L VSAD	3	$\bar{x}$ = 2.489	448,–
	3	AHT Miami 210 (–)L VSAD	6	$\bar{x}$ = 2.835	510,–
	4	H09M04	2	$\bar{x}$ = 9.696	1.745,–
	5	H09M05	1	12.144	2.186,–
	6	H09M06	1	12.502	2.250,–
	7	H09M07	3	$\bar{x}$ = 13.572	2.443,–
	8	H09M08	3	$\bar{x}$ = 17.572	3.163,–
heikel	9	H07M06	4	$\bar{x}$ = 19.745	3.554,–

Tabelle 10. Strombedarfsübersicht TK-Truhen mit elektrischer Abtauung

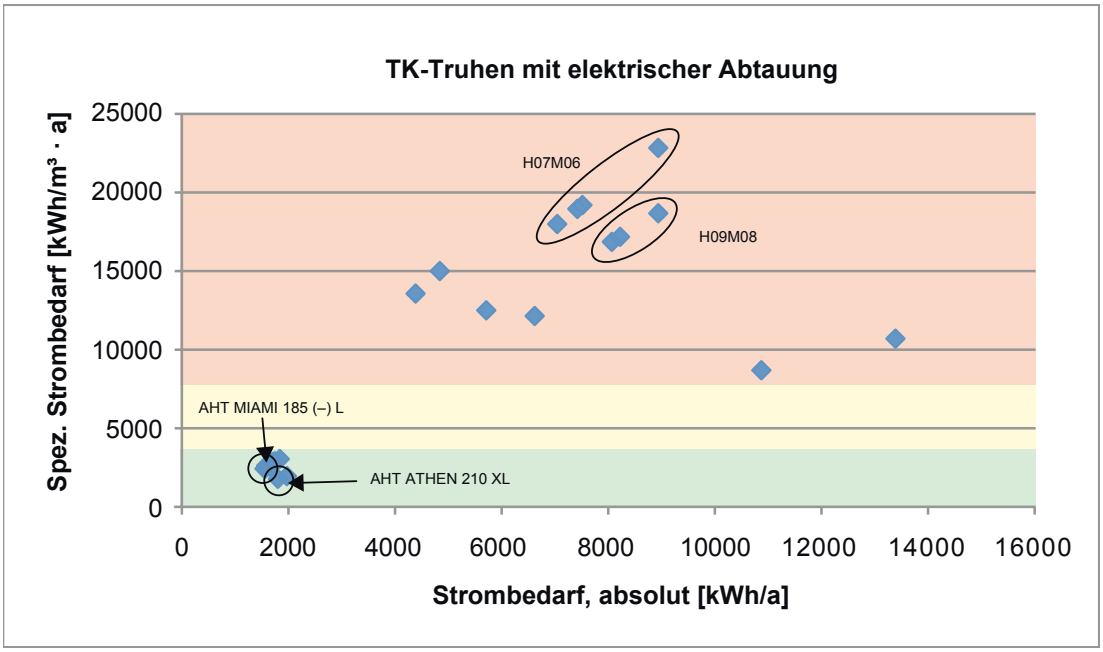


Abb. 25. Strombedarf TK-Truhen mit elektrischer Abtauung

Manch ein Leser wird sich ungläubig die Augen reiben oder die Messergebnisse anzweifeln, es ist jedoch in der Tat so, dass bei den steckerfertigen Kühlmöbeln mit elektrischer Abtauung die Strombedarfs-Bandbreite von 1.800 kWh/m³·a gekühltes Raumvolumen bis 19.700 kWh/m³·a reicht. Das entspricht nahezu dem Faktor elf! Auf den ersten Blick scheinen die AHT-Geräte die Traum- und die H09/H07-Geräte die Alptraum-Geräte zu sein. Dabei gilt es Folgendes zu berücksichtigen:

- **Bis auf die H09M05 und die H09M06 weisen sämtliche H09/H07-Geräte eine deutlich größere Display-Fläche (verglaste Fläche) auf.**
- **Bei den AHT-Geräten handelt es sich um Truhen der neuesten Generation, d.h. Baujahr 2012 und jünger, wogegen die H09/H07-Truhen laut Typenschild Baujahr 2008 und älter sind.**
- **Die Innenbeleuchtung liegt laut Typenschild (vgl. Anhang) bei der AHT-Truhe um 55 Watt und bei der H07M06 um 144 Watt.**
- **Die Messungen stellen lediglich einen nicht repräsentativen Querschnitt der in den Märkten vorgefundenen Truhen dar. Es konnten keine Produktfamilien und auch keine alten mit neuen Geräte-Generationen miteinander verglichen werden.**
- **Die eingesetzten Technologien sind nicht vergleichbar. So ist es energetisch ein großer Unterschied, ob eine Truhe mehrmals am Tag abtaut oder lediglich zweimal pro Woche.**
- **Es handelt sich – wie bei allen anderen Kühlmöbeln – um exemplarische Einzelmessungen.**

Im vorliegenden Fall scheinen die größeren Displayflächen einen erhöhten Strombedarf von rund 7.000 kWh, das entspricht rund 1.260,– EUR/Jahr und Truhe, zu verursachen. Nur falls die größeren Displayflächen zu einem adäquaten Mehr-Umsatz führen, ist der Strombedarf aus wirtschaftlicher Sicht gerechtfertigt. Der Umwelt-Aspekt wird dabei aber völlig außer Acht gelassen. Bei beengten Markt-Verhältnissen (Vorteil der Verglasung kommt nicht zum Tragen) sind energieeffiziente Truhen auch aus wirtschaftlicher Sicht vorteilhafter.

Abb. 26. AHT Athen

Abb. 27. AHT Miami

3.4 Strombedarfe und -Kosten im Überblick

Bandbreite Strombedarf geschl. TK-Truhen mit elektr. Abtauung

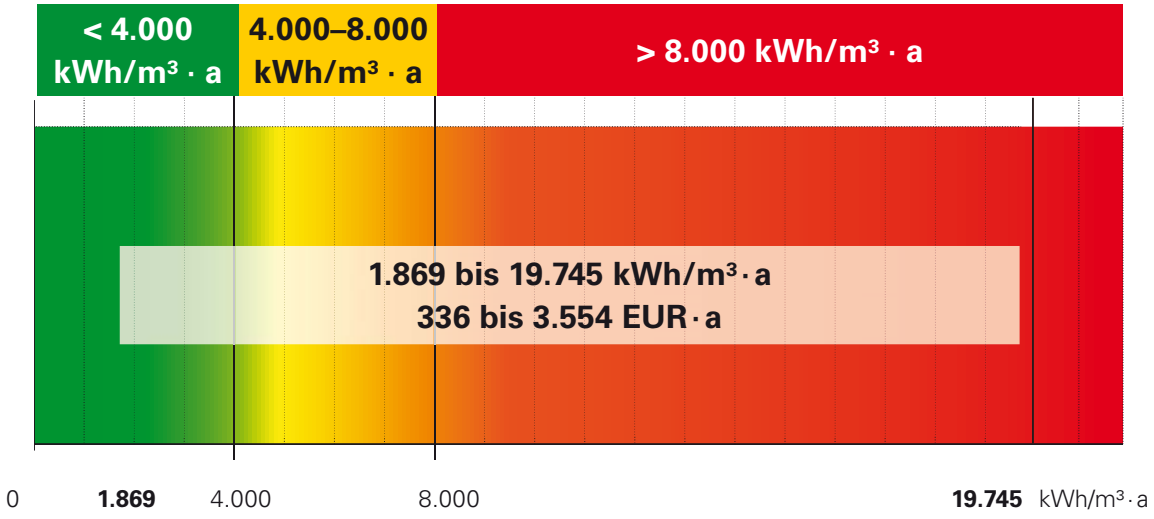


Abb. 28. Strombedarf TK-Truhen mit elektrischer Abtauung

Wie bei allen Kühlmöbeln ist sowohl innerhalb eines Kühlmöbeltyps als auch bei baugleichen Geräten eine gewisse Strombedarfs-Bandbreite zu erwarten. Dass allerdings ein Kubikmeter gekühltes Raumvolumen bei den TK-Truhen mit elektischer Abtauung sowohl 336,– EUR/Jahr als auch 3.554,– EUR/Jahr kosten kann, überrascht.

Kühlmöbeltyp	Bedarf [kWh/m³·a]		Bedarf [EUR/m³·a]		Bandbreite
	von	bis	von	bis	Faktor
NK-Regale, offen	4.360	19.815	785	3.567	4,5
NK-Regale, geschlossen	3.404	7.693	613	1.385	2,3
NK-Truhen, offen	7.133	35.018	1.284	6.303	4,9
NK-Truhen, geschlossen	1.179	1.983	212	357	1,7
TK-Regale, geschlossen	- – -	9.123	- – -	1.642	- – -
TK-Regal-Truhen-Kombi	- – -	14.268	- – -	2.568	- – -
TK-Truhen, offen m. el. Abt.	- – -	14.947	- – -	2.690	- – -
TK-Truhen, geschl. o. el. Abt.	1.620	12.102	292	2.178	7,5
TK-Truhen, geschl. m. el. Abt.	1.869	19.745	336	3.554	10,6

Tabelle 11. Strombedarfe und Kosten steckerfertiger Kühlmöbel

LEBENSZYKLUSKOSTEN 4

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

4 LEBENSZYKLUSKOSTEN

Im Rahmen der folgenden Berechnungen soll ein grober Überblick zu den Lebenszykluskosten verschiedener steckerfertiger Kühlmöbel dargestellt werden.

ANNAHMEN:

Angebotspreis:

Dieser Berechnung werden durchschnittliche Beschaffungskosten zugrunde gelegt.

- **Getränkekühler: 1.000,– EUR (stark größenabhängig)**
- **Eiscremetruhe, klein: ca. 500,– bis 800,– EUR**
- **TK-Truhe: 2.000,– bis 3.000,– EUR**

Nutzungsdauer:

Die Nutzungsdauer hängt von mehreren Faktoren ab. Zum Beispiel werden bei Großkunden im Rahmen von Flottenlösungen steckerfertige Kühlmöbel am Ende der Garantiezeit nach 4 bis 6 Jahren ausgetauscht. Diese Kühlmöbel werden in der Regel als Gebrauchtgeräte wieder dem LEH zugeführt, sodass die tatsächliche Nutzungsdauer erheblich länger ist. Kühlmöbel, die sich bereits 15 Jahre im Markt befanden, wurden von uns regelmäßig angetroffen. Um auf der sicheren Seite zu bleiben und ein Kostenbild wiederzugeben, das der Realität einerseits möglichst nahe kommt, tendenziell aber keinesfalls höhere Kosten vorspiegeln darf, wird eine **Nutzungsdauer von 10 Jahren** angesetzt.

4.1 NK-Kühlregale, geschlossen

Insgesamt wurden 17 Messungen bei geschlossenen NK-Kühlregalen durchgeführt. Im Rahmen der Lebenszykluskosten wurden beispielhaft das stromsparsamste Kühlregal, das energiehungrigste und zwei Kühlregale aus dem oberen und unteren Mittelfeld gegenübergestellt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um einen möglichen worst-case im eigenen Markt deutlich darzustellen. Die unterschiedlichen Nutzvolumina wurden bei dieser Betrachtung nicht bereinigt, da die tatsächlich dem Markt entstehenden Kosten aufgezeigt werden sollten.

LEGENDE:

Wo immer möglich, wurde das Nettovolumen angegeben. Falls dies nicht möglich war, wurde auf das Bruttovolumen ausgewichen.

B = Bruttovolumen / Bruttoinhalt / Gross-Volume / Gross Capacity
N = Nettovolumen / Nutzinhalt / Storage-Volume

In der folgenden Abb. wurden die Anschaffungskosten und die Stromkosten (Basis 0,18 EUR/kWh) bei einer jährlichen Strompreissteigerung von 3 % kumuliert dargestellt.

Auf eine Diskontierung der Stromkosten wurde verzichtet, da sich in jedem Fall ein Getränkekühler im Markt befindet und lediglich ein Vergleich zwischen sparsamen und weniger sparsamen Geräten stattfindet.

Kosten Getränkekühlregale, kumuliert in EUR				
Inhalt	**892 l**	**500 l**	**903 l**	**530 l**
Strom	**773 kWh/a**	**2.400 kWh/a**	**3.293 kWh/a**	**5.094 kWh/a**
Jahr	**KM A**	**KM B**	**KM C**	**KM D**
0	1.500,00	1.000,00	1.500,00	1.000,00
1	1.639,14	1.432,00	2.092,74	1.916,92
2	1.782,45	1.876,96	2.703,26	2.861,35
3	1.930,07	2.335,27	3.332,10	3.834,11
4	2.082,11	2.807,33	3.979,80	4.836,05
5	2.238,71	3.293,55	4.646,94	5.868,05
6	2.400,01	3.794,35	5.334,09	6.931,01
7	2.566,15	4.310,18	6.041,85	8.025,86
8	2.737,28	4.841,49	6.770,84	9.153,56
9	2.913,54	5.388,73	7.521,71	10.315,09
10	**3.095,08**	**5.952,40**	**8.295,10**	**11.511,46**

Tabelle 12. Lebenszykluskosten NK-Kühlregale, absolute Werte

LEGENDE:

Jahr 0 = Investitionskosten
KM = Kühlmöbel

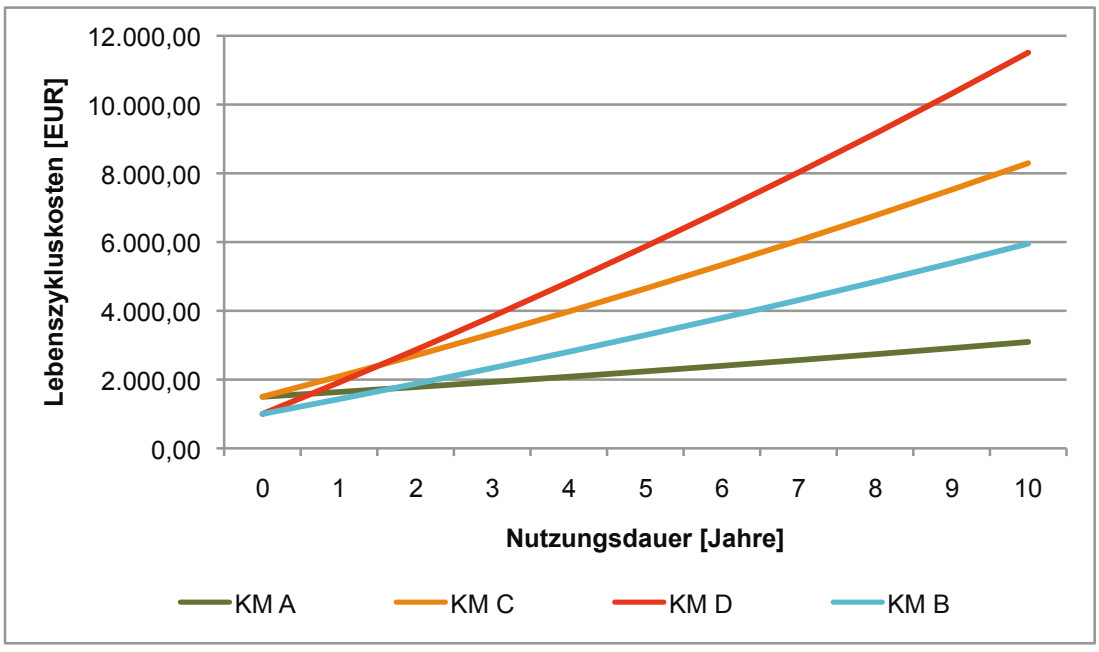


Abb. 29. Lebenszykluskosten Getränkekühlregale, geschlossen

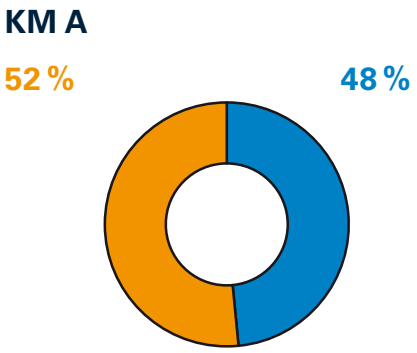


Abb. 30. Kostenanteile KM A

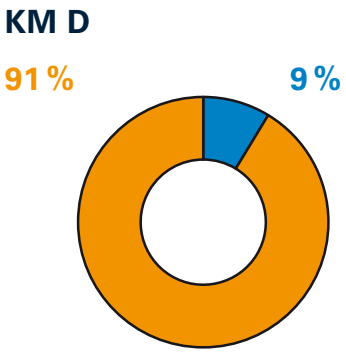


Abb. 31. Kostenanteile KM D

Wie aus den obigen Abbildungen und der Tabelle ersichtlich wird, können die Stromkosten, je nach Strombedarf des Kühlmöbels, von 52 % (KM A: 1.595,– EUR) bis 91 % (KM D: 10.511,– EUR) der Gesamtkosten betragen. Die Strom-Mehrkosten des KM D liegen über die Nutzungsdauer des Kühlmöbels von zehn Jahren um rund 8.900,– EUR höher als die des KM A Getränkekühlers mit gleichzeitig deutlich höherem Nutzvolumen. Bei angenommenen zwei Getränkekühlern im Markt kann sich der Liquiditätsverlust auf annähernd 18.000,– EUR nur bei den geschlossenen Getränkekühlern summieren.

4.2 TK-Kühltruhen, geschlossen, ohne elektrische Abtauung

In diesem Beispiel werden die Lebenszykluskosten eines sehr energieeffizienten Kühlmöbels KM E aus unserer Messreihe mit dem im Energiebedarf bedenklichen KM F miteinander verglichen. Zu bedenken gilt, dass das energieeffiziente KM E ein um rund 30 % höheres Nennvolumen aufweist als das Kühlmöbel mit der Bezeichnung KM F.

	KM E		KM F	
	Kosten [EUR]	Anteil [%]	Kosten [EUR]	Anteil [%]
Investition	800,00	46	800,00	13
Strom	951,27	54	5.224,78	87
Summe	1.751,27	100	6.024,78	100

Tabelle 13. Kostenstruktur KM E und KM F im 10-Jahres-Vergleich

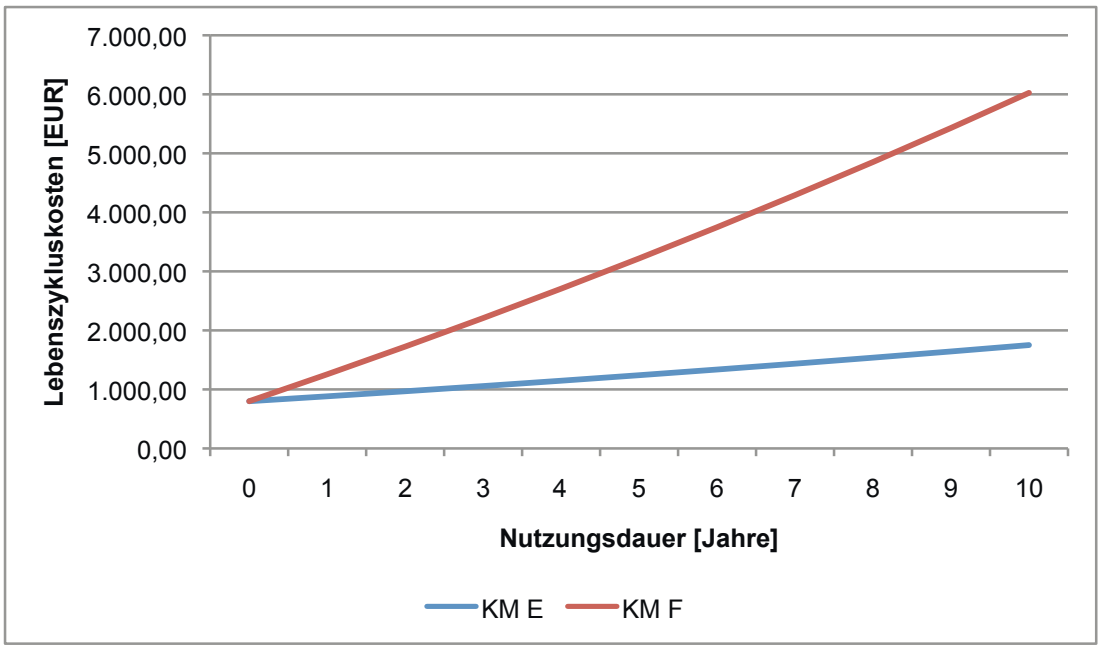


Abb. 32. Lebenszykluskosten TK-Truhen, geschlossen

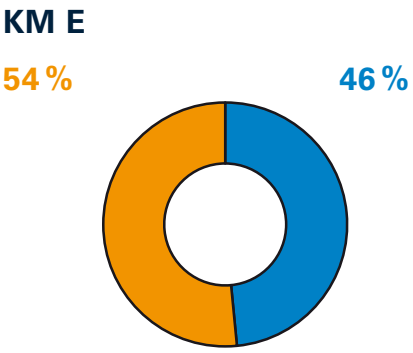


Abb. 33. Kostenanteile KM E

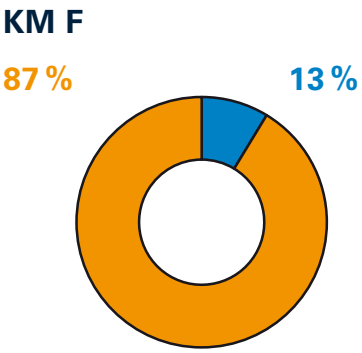


Abb. 34. Kostenanteile KM F

LEGENDE: STROM INVEST

Bei obigem Beispiel wird deutlich, dass bereits bei vergleichsweise kleinen Truhen über die Nutzungsdauer mehrere Tausend Euro eingespart werden können.

4.3 TK-Truhen, geschlossen, mit elektrischer Abtauung

Auch in diesem Beispiel wird ein energieeffizientes Kühlmöbel mit einem hinsichtlich des Strombedarfs bedenklichen Kühlmöbel verglichen, d.h. dem KM G wird das KM H gegenübergestellt.

Das energieeffiziente Kühlmöbel G weist dabei ein um knapp 40 % höheres Nennvolumen auf als das KM H.

	KM G		KM H	
	Kosten [EUR]	Anteil [%]	Kosten [EUR]	Anteil [%]
Investition	2.500	44	2.500	12
Strom	3.223	56	18.576	88
Summe	5.723	100	21.076	100

Tabelle 14. Kostenstruktur KM G und KM H im 10-Jahres-Vergleich

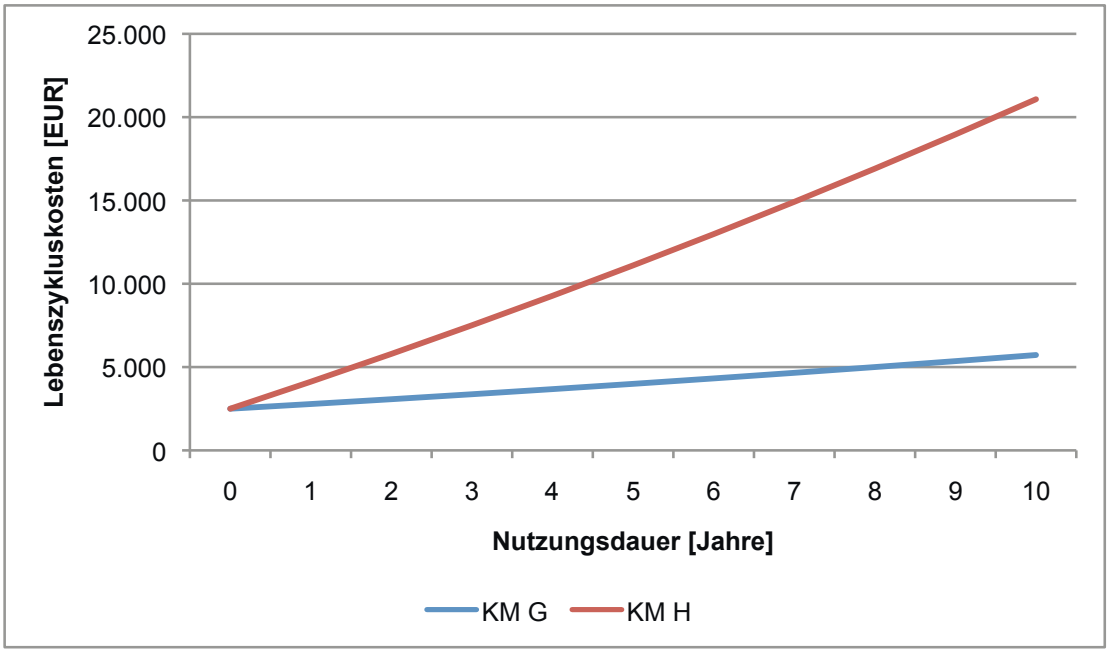


Abb. 35. Lebenszykluskosten TK-Truhen, geschlossen, mit elektrischer Abtauung

KM G

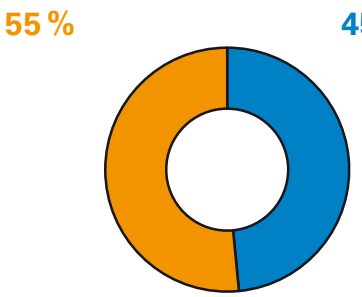


Abb. 36. Kostenanteile KM G

KM H

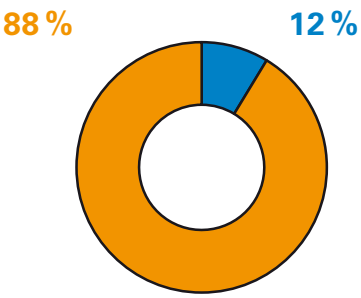


Abb. 37. Kostenanteile KM H

LEGENDE: **STROM** **INVEST**

Die Kostendifferenz zwischen KM G und KM H über die Nutzungsdauer liegt bei rund 15.000,– EUR pro Truhe. Ein Einsatz des Truhentyps KM H sollte wohl überlegt erfolgen.

EINSPARMÖGLICHKEITEN 5

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

5 EINSPARMÖGLICHKEITEN

5.1 Truhen vom Netz nehmen

Während unserer Arbeit ist immer wieder aufgefallen, dass auch während der Wintermonate teilweise mehrere Kleineistruhen und Getränkekühler am Netz waren. Hier gilt es, anhand vorhandener Umsatzlisten bzw. Befüllungsfrequenzen (Renner-/Pennerliste), in den kalten Monaten zu prüfen, ob zumindest ein Teil der Kleineistruhen und der Getränkekühler abgeschaltet werden kann. Die Geräte könnten vorübergehend im Lager untergebracht werden.

5.2 Produkte, die ungekühlt bleiben können, nicht kühlen

Regelmäßig sind in den Aktionstruhen Impulsartikel zu finden, die nicht unbedingt gekühlt werden müssen. Kräuter und Champignons bleiben gekühlt länger frisch, dagegen ist nichts einzuwenden, aber Eier und Halbdauerware wie Kochsalami haben in Kühltruhen nichts verloren. Schädlich ist Kühlung beispielsweise für Tomaten, da dabei das Aroma Schaden nimmt.

5.3 Temperaturen nicht unnötig unterschreiten

Für Tiefkühlprodukte sollten –19 °C ausreichend sein, bei Speiseeis liegt die empfohlene Temperatur bei –21 °C. In etwa jedem vierten Markt, der von uns besucht wurde, lagen die Temperaturen um wenigsten 5 °C bis 8 °C zu tief. Teilweise werden die TK-Truhen aus Sicherheitsgründen auch auf die niedrigste Stufe eingestellt. Die Ist-Temperaturen in der Truhe erreichen dabei Werte bis –40 °C. Gleichzeitig steigen der Energiebedarf – und somit auch die Kosten – wenn Ware tiefer als notwendig gekühlt wird. Die Devise sollte sein: Temperaturen so niedrig wie nötig und so hoch wie möglich.

Eine Faustregel besagt, dass jedes Grad zu niedrig den Energiebedarf um 4 % erhöht. Diesen hohen Wert können wir auf Basis unserer Messwerte nicht bestätigen, aber einen um 10 % erhöhten Energiebedarf bei 5 °C Temperaturabweichung konnten wir nachweisen.

Abb. 38. TK-Truhe mit –34 °C eingestellt, keine Seltenheit

5.4 Abdecken offener Kühltruhen nach Ladenschluss

Abb. 39. Nachtabdeckung

Wie aus der folgenden Abbildung ersichtlich wird, kann durch eine Nachtabdeckung der Energiebedarf eines Kühlmöbels abgesenkt werden.

Durch die Abdeckung entweicht weniger Kälte und die Einschaltzyklen des Kühlmöbels reduzieren sich. Ein wichtiger Begleiteffekt im Sommer: Die Wärmeentwicklung im Verkaufsraum reduziert sich.

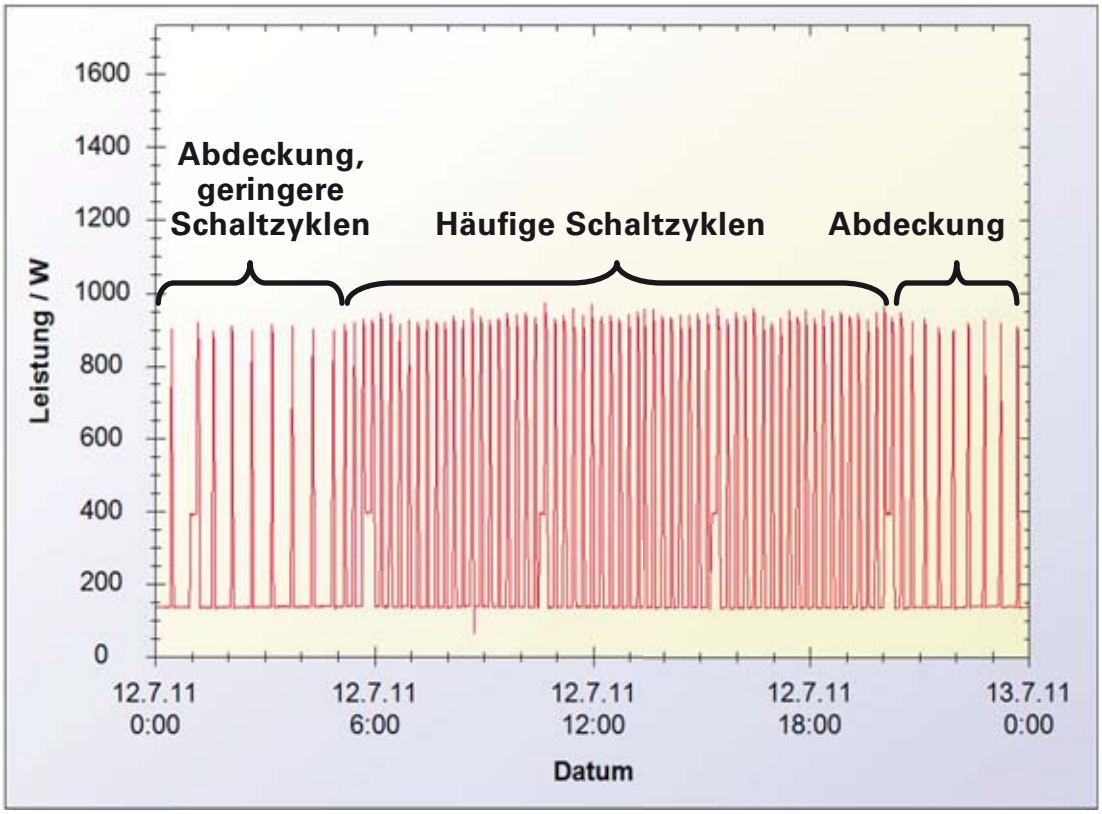
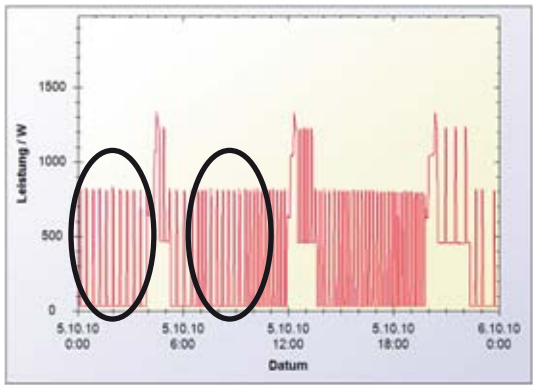


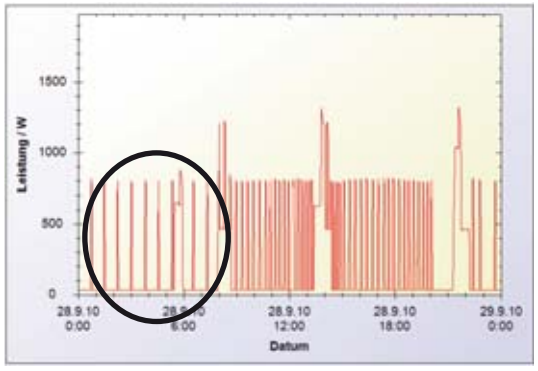
Abb. 40. Wirkung der Nachtabdeckung

Kunststoff-Abdeckungen für steckerfertige Kühlmöbel

Zur Überprüfung der Wirksamkeit einer Abdeckung kann bei verpackten Lebensmitteln eine Styroporplatte eingesetzt werden (die gesamte Kühlmöbel-Oberfläche muss abgedeckt sein).

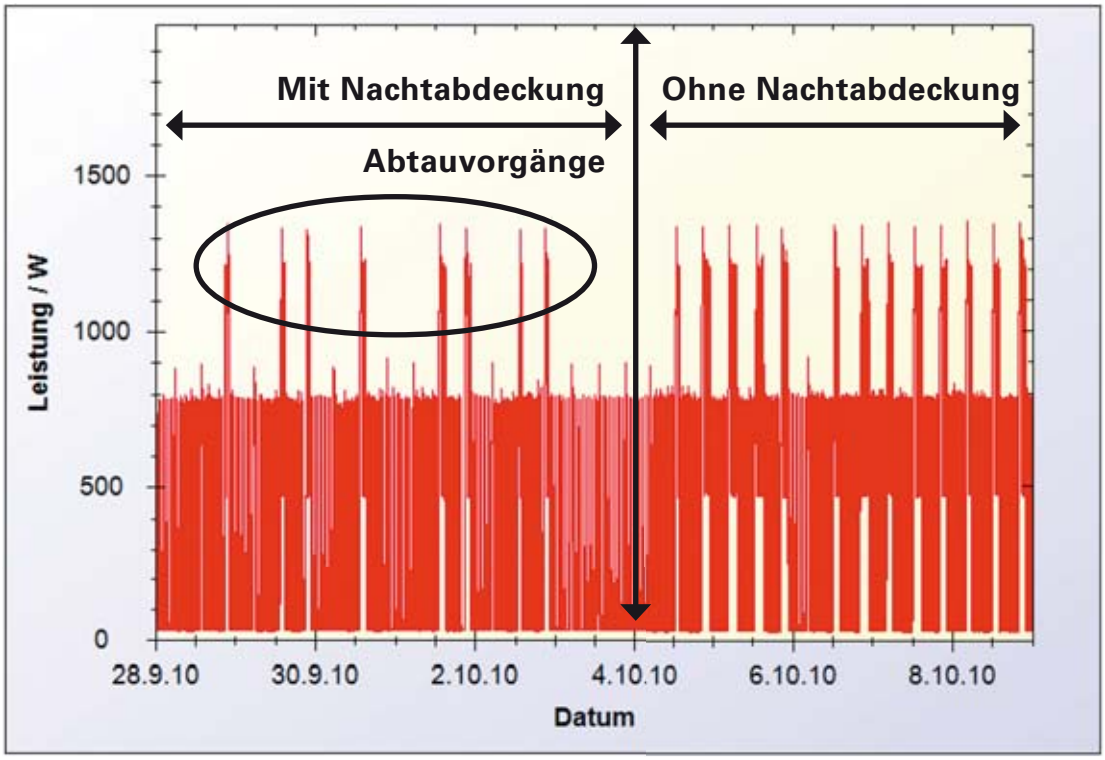


Lastgang der NK-Truhe ohne Nachtabdeckung.
Während der frühen Morgenstunden und kurz nach Ladenöffnung ist nur eine geringfügig erhöhte Taktfrequenz feststellbar.

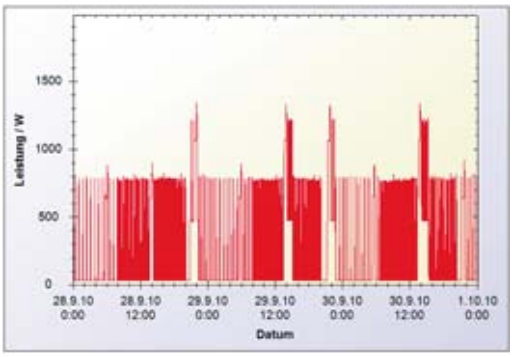


Lastgang derselben NK-Truhe mit Nachtadeckung (Kunststoffabdeckung).
Während der frühen Morgenstunden ist bei der abgedeckten Truhe eine deutlich reduzierte Taktung und damit ein geringerer Energiebedarf zu erkennen.

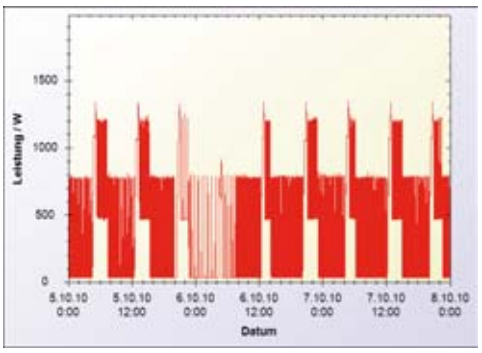
Abb. 41. Wirksamkeit von Abdeckungen



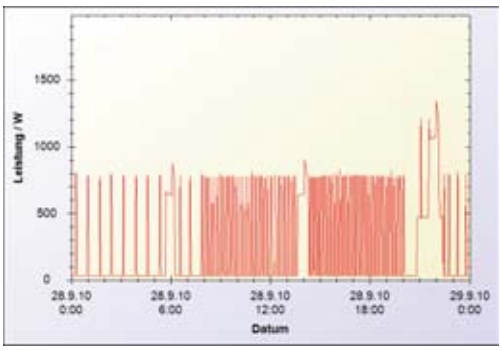
Messung: Dienstag, 28.09.2010; 00:00 Uhr bis Freitag, 09.10.2010; 00:00 Uhr. Aus dem Lastgang wird ersichtlich, dass die Nachtabdeckung zu weniger Abtauzeiten führt.



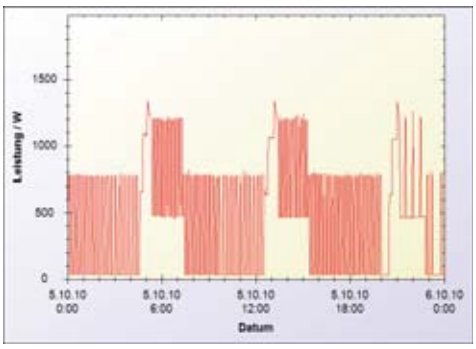
Di., 28.09.2010 bis Fr., 01.10.2010
Mit Abdeckung



Di., 05.10.2010 bis Fr., 08.10.2010
Ohne Abdeckung



Di., 28.09.2010, **mit Abdeckung**
Abdeckungszeit: 20:05 Uhr bis 07:55 Uhr



Di., 05.10.2010, **ohne Abdeckung**

Kalkulierter Monatsverbrauch

205 kWh | 284 kWh

Kalkulierter Jahresverbrauch

2.499 kWh | 3.405 kWh

Einsparpotenzial ca. 26 % bzw. 163,– EUR p.a. (0,18 EUR/kWh)

ANMERKUNG:

Das Abdecken eines NK-Kühlmöbels nach Ladenschluss ist eine Möglichkeit, den Strombedarf zu reduzieren. Eine Einsparung wird dabei nur während der Abdeckzeit wirksam. Im Verlauf von rund 250 Messungen wurde ersichtlich, dass die Einsparpotenziale von Kühlmöbel zu Kühlmöbel sehr unterschiedlich ausfallen können. Die Spannbreite im Praxistest reichte von „nicht nachweisbar" bis zu „26 %". Der Nutzen von Abdeckungen sollte daher anhand von Messungen überprüft werden. Im Durchschnitt konnten ca. 20 % Strombedarfsreduzierung während der Abdeckzeit nachgewiesen werden. Bei rund 50 % Abdeckzeit kann durchschnittlich von einer Gesamt-Energiebedarfsreduzierung von 10 % ausgegangen werden.

Selbst bei einem vergleichsweise hohen Einsparpotenzial kann diese Maßnahme für den Fall, dass die Zeit zum Abdecken gesondert bezahlt werden muss, nicht wirtschaftlich umgesetzt werden.

5.5 Maximale Füllhöhe einhalten

Fremdwärme gelangt überwiegend durch die Raumluft in die Kühlmöbel. Werden die Stapelmarken überschritten, wird der Kaltluftschleier als Trennung zwischen warmer Luft des Verkaufsraumes und kalter Luft des Kühlmöbels aus dem Gerät gedrängt und ein Strom-Mehrbedarf ist die Folge. Hinzu kommt, dass die Produktqualität darunter leidet.

Abb. 42. Füllhöhe nicht eingehalten

Abb. 43. Max. Füllhöhe eingehalten

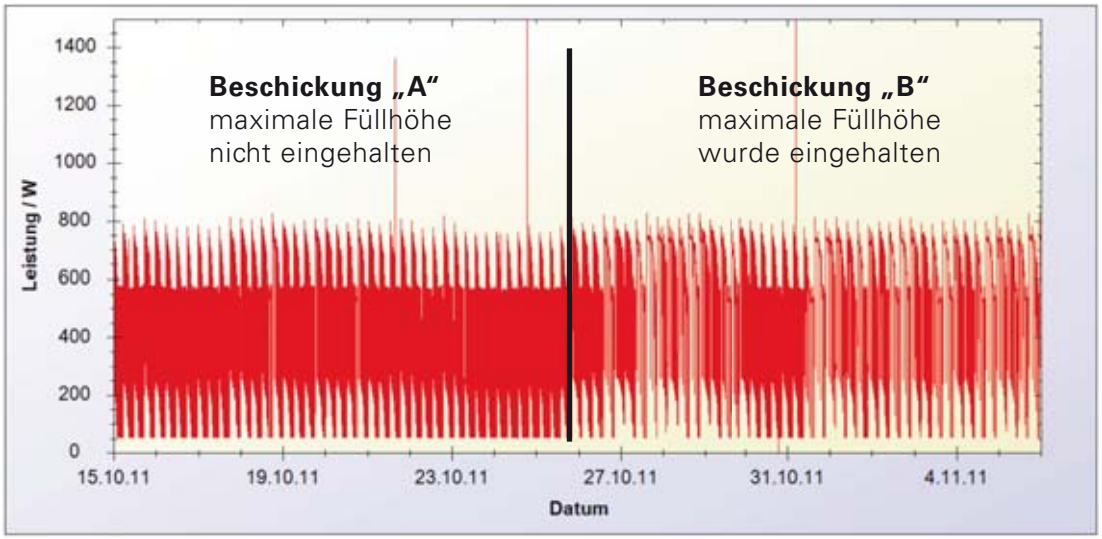


Abb. 44. Lastgang Periode, Füllhöhenwechsel

ANMERKUNG:

Im Lastgang ist deutlich eine Änderung der Beschickung erkennbar, der Strombedarf hat sich in der zweiten Hälfte der Datenaufzeichnung deutlich reduziert.

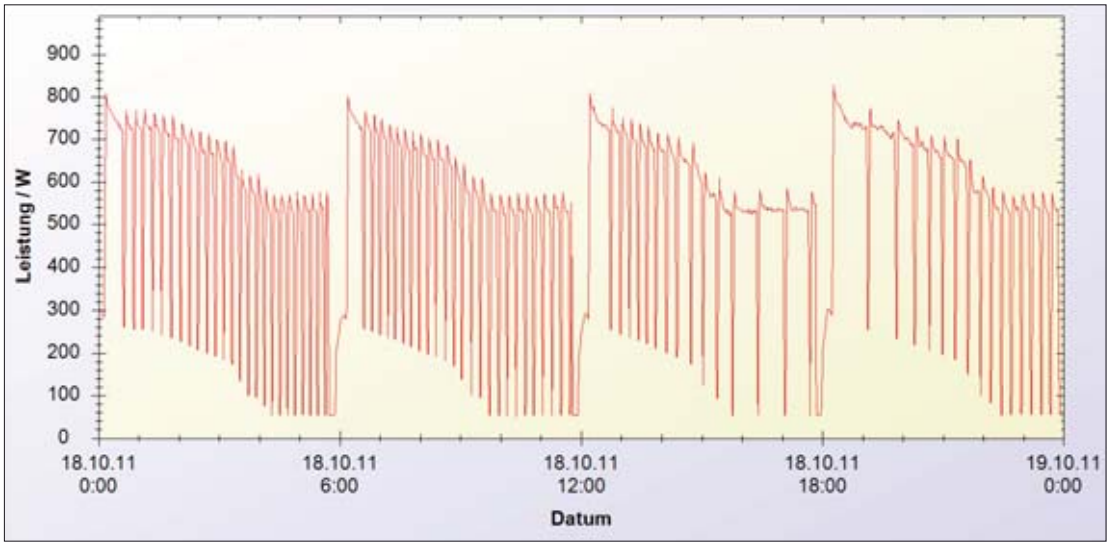


Abb. 45. Lastgang Tag – maximale Füllhöhe überschritten

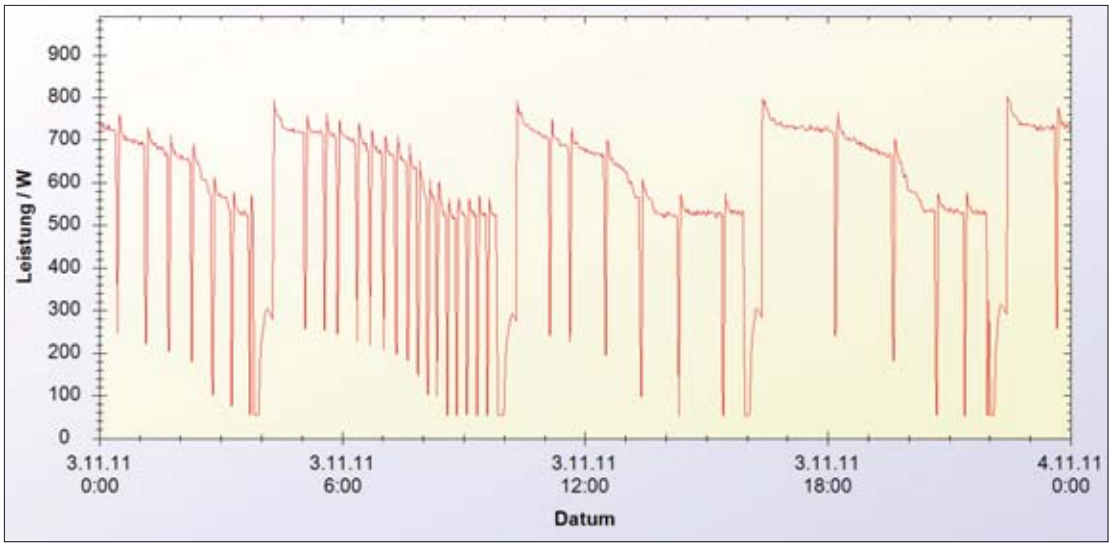
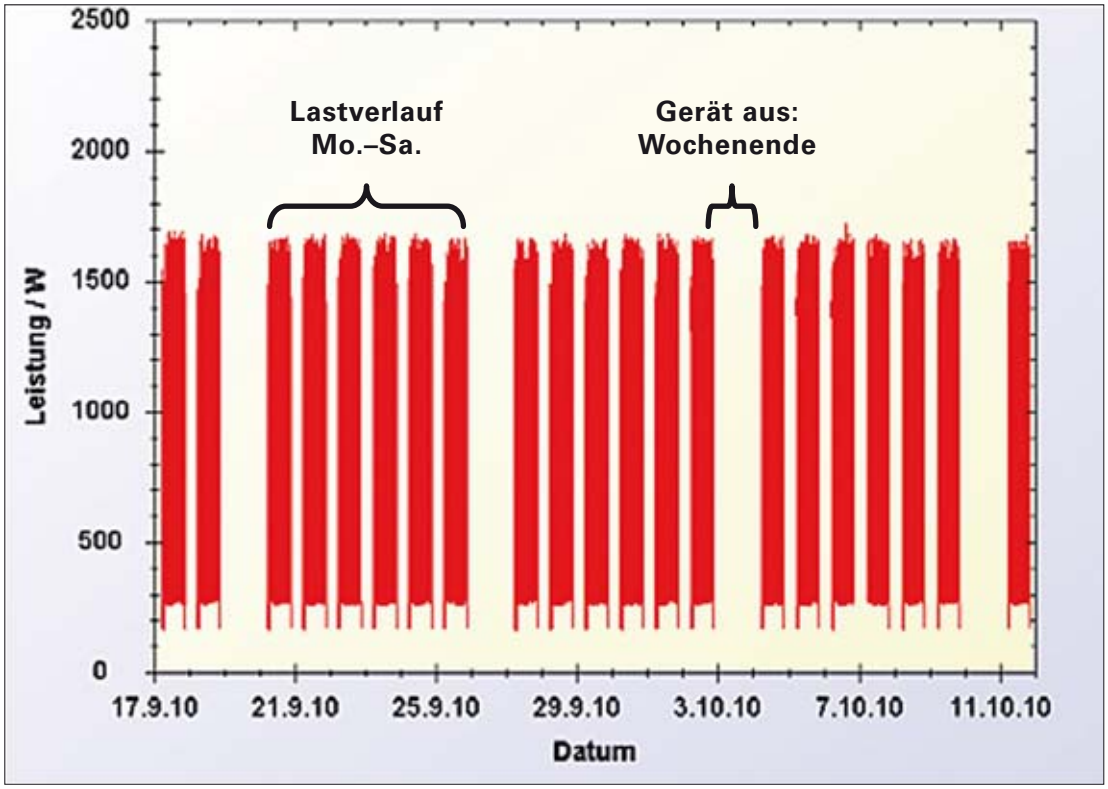


Abb. 46. Lastgang Tag – maximale Füllhöhe eingehalten

Da lediglich eine Messung bei Warenwechsel stattfand wird auf die Quantifizierung des Strom-Mehrbedarfs verzichtet.

5.6 Wochenschaltuhr nutzen

Eine Zeitschaltuhr ist ein Gerät, das zu festgelegten Zeiten einen elektrischen Kontakt ein- oder ausschaltet. Die Schaltzeiten sind im Regelfall individuell einstellbar. Wenn beispielsweise ein Getränkekühler täglich von 7:00 Uhr bis 20:00 Uhr kalte Getränke bereitstellen soll, in der übrigen Zeit aber, um Energie zu sparen, nicht kühlen soll, so kann eine Schaltuhr so eingestellt werden, dass das Kühlmöbel um 06:00 Uhr eingeschaltet und um 19:30 Uhr wieder ausgeschaltet wird. Bei einer normalen Schaltuhr wiederholt sich der Zyklus alle 24 Stunden, bei einer Wochenschaltuhr können Schaltzeiten individuell unterschiedlich für jeden Wochentag eingestellt werden. Auf diese Weise kann den verkürzten Öffnungszeiten am Samstag und dem Ruhetag am Sonntag Rechnung getragen werden. Das Einsparpotenzial beträgt mit einer Wochenschaltuhr rund 50 %.



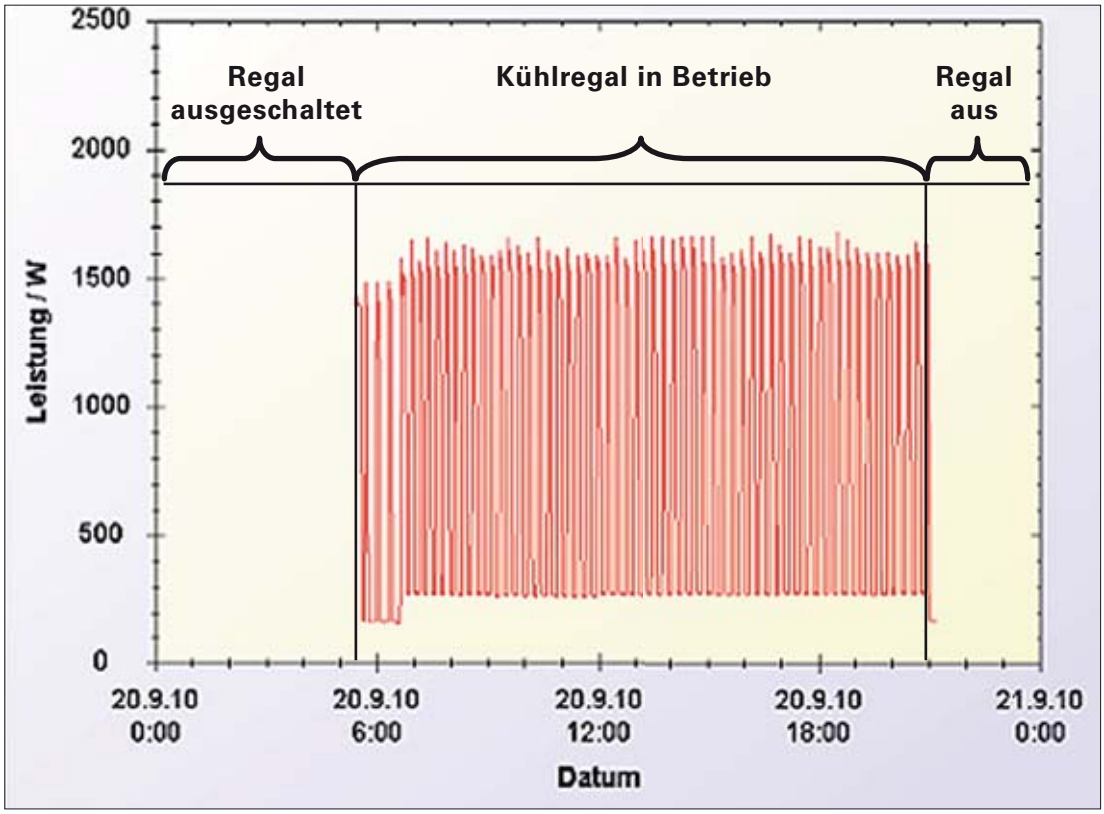


Abb. 47 und 48. Lastgang mit Schaltuhr, nach Ladenschluss wurde das Gerät ausgeschaltet

Vor allem bei steckerfertigen Großverbrauchern im NK-Bereich ist eine Wochenzeitschaltuhr hilfreich, um den Strombedarf des Kühlmöbels zu reduzieren.

Bei dem exemplarisch gemessenen Getränkekühler wurde ein Strombedarf von 13.300 kWh/a (2.394,– EUR/Jahr) ermittelt.

Durch eine Wochenzeitschaltuhr, bei der das Gerät nach Ladenschluss vom Netz getrennt und eine Stunde vor Ladenöffnung wieder aktiviert wird, konnte der Strombedarf um knapp 50 % reduziert werden. Das entspricht beim vorliegenden Beispiel rund 1.200,– EUR/Jahr.

5.7 NK-Truhen am Wochenende ausräumen und abstecken

Bei Kühlmöbeln, die nicht an einer Wochenzeitschaltuhr betrieben werden können, z.B. die NK-Convenience-Truhen, sollte darüber nachgedacht werden, die Truhen zumindest am Wochenende nach Ladenschluss auszuräumen und vom Netz zu trennen.

Beispiel:

Eine von uns gemessene Truhe verbrauchte ca. 3.000 kWh pro Jahr bei einer Laufzeit von 8.760 h/a (Truhe bleibt immer angesteckt). Der Strombedarf liegt demnach bei 0,34 kWh/h. Die Zeitspanne von Samstag 20:00 Uhr bis Montag, 07:00 Uhr beträgt 35 Stunden. Bei 52 Wochenenden entspricht das 1.820 Stunden im Jahr bzw. 20,8 % der Gesamtzeit, in denen die Truhe vom Netz getrennt werden könnte (ohne Berücksichtigung der Feiertage). Der Strombedarf kann somit um 619 kWh pro Jahr bzw. 111,– EUR/Jahr pro Truhe gesenkt werden. Falls die Kühlmöbel-Ausräumzeit gesondert bezahlt werden muss, ist eine wirtschaftliche Umsetzung nicht möglich.

5.8 Verflüssiger regelmäßig reinigen

Unstrittig ist, dass die Kälteanlage trotz höherem Energieverbrauch nicht mehr ausreichend kühlen kann, wenn der Verflüssiger (Kondensator/Wärmetauscher) durch Schmutz zugesetzt ist. Neben dem Verlust der Produktqualität ist auch mit einem höheren Strombedarf zu rechnen.

Abb. 49. Verschmutzung Verflüssiger

Abb. 50. Verschmutzung Verflüssiger 2

Messungen haben eindeutig ergeben, dass der Strombedarf mit zunehmendem Verschmutzungsgrad zunimmt.

Truhenmessung bei unterschiedlichen Verschmutzungsgraden des Verflüssigers.

Verflüssiger nicht bzw. kaum verschmutzt, Strombedarfsbasis 100 %.

Mittlerer Verschmutzungsgrad des Verflüssigers, Strombedarf + 10 %.

Hoher Verschmutzungsgrad des Verflüssigers, Strombedarf + 15 %.

Abb. 51.
Strombedarf nach Verflüssiger-Verschmutzungsgrad

Die Strombedarfsmessungen ergaben einen um 10 % bis 15 % erhöhten Strombedarf in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad.[8]

Bei Strombedarfswerten von rund 3.000 kWh/a entspricht ein erhöhter Strombedarf von 15 % 450 kWh/a bzw. 81,– EUR/Jahr.

[8] Die Messergebnisse wurden freundlicherweise von der GLOBUS SB-Warenhaus Holding GmbH & Co. KG, Bauwesen (GM), Herrn Franko Berkenbrink, für diese Studie zur Verfügung gestellt.

5.9 Vereisungen vermeiden

Vereiste TK-Truhen sind in Lebensmittelmärkten regelmäßig anzutreffen. Ursache ist feuchte, warme Luft, die beim Öffnen der Truhe in die Kühlzone eintritt, dort abkühlt und Kondenswasser bildet. Durch Kondenswasser vereiste Kühlflächen verlieren an Leistungsabgabe, da die Eisfläche isolierend wirkt. Für dieselbe Leistung muss mehr Energie aufgewendet werden.

Abb. 52. Vereiste Truhe

In der Literatur ist ein erhöhter Strombedarf von 3 bis 8 % durch vereiste Truhen nachzulesen. Nach unserer Erfahrung liegt das tatsächliche Einsparpotenzial unter 3 %.

Gegenmaßnahmen

Truhen bei Bedarf enteisen.

Regelmäßig darauf achten, dass die Schiebedeckel geschlossen sind.

- **Bei außergewöhnlich schneller Vereisung alle Dichtungen prüfen.**

5.10 TK-Truhen mit Verglasung bewusst einsetzen

Die zentrale Aufgabe des Lebensmittel-Einzelhandels ist es, Lebensmittel zu verkaufen. Vierseitig verglaste Kühlmöbel können dazu einen wertvollen Beitrag leisten. Wichtig dabei ist, dass sich ein Mehrbedarf an Strom in deutlich gesteigerten Abverkaufszahlen niederschlägt. Ihre Wirkung spielen die verglasten Truhen auf freier Fläche aus. Die Vier-Seiten-Verglasung zeigt jungen und älteren Käuferschichten das Produkt, z.B. das Kleineis, bereits von Weitem und regt zum Kauf an.

Wie gezeigt, benötigen die vierseitig verglasten H07M06 bzw. H09M08 zwischen 7.000 kWh/a und 9.000 kWh/a. Das entspricht bei 0,18 EUR/kWh immerhin 1.260,– EUR/Jahr bis 1.620,– EUR/Jahr.

Bei einer angenommenen Marge von 1,50 EUR pro 1 Liter Speiseeis müssen im vorliegenden Fall zum Beispiel 960 Packungen Eiscreme à 1.000 ml verkauft werden, um die reinen Stromkosten zu decken.

Der Strom-Mehrbedarf durch die Verglasung (Display-Fläche) gegenüber einer vergleichbar großen Truhe (H07M06 0,39 m³ / AHT Malta 145 (–) 0,49 m³) beträgt rund 6.000 kWh/a bis 7.000 kWh/a bzw. rund 1.100,– EUR/Jahr (bei weiter steigenden Strompreisen wird die Schere noch weiter auseinanderklaffen). Das entspricht pro Jahr rund 733 „geschenkten" Packungen Eiscreme à 1.000 ml pro Truhe.

Die augenfälligen Unterschiede zwischen den Truhen liegen in der deutlich größeren Displayfläche und den verschiedenen Design-Konzepten.

Der Lebensmittel-Einzelhändler ist gut beraten, wenn er den zusätzlichen Abverkauf der verglasten Kleineistruhe beobachtet und, falls sich der Strom-Mehrbedarf nicht in adäquaten Umsätzen niederschlägt, die Truhe sofort gegen ein energieeffizienteres Gerät austauscht.

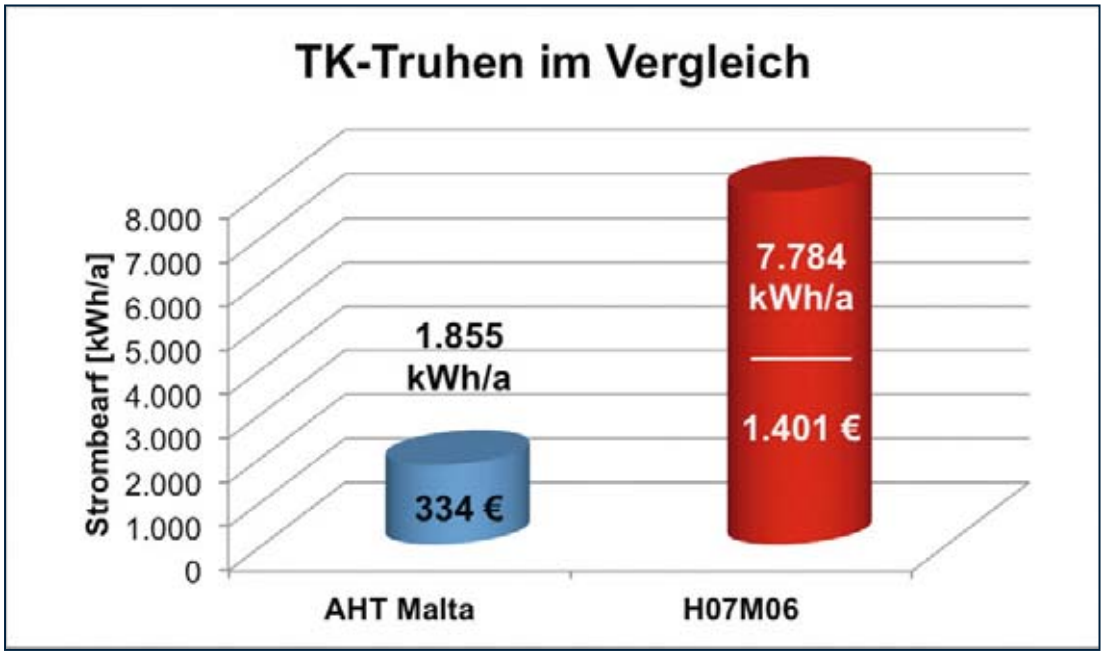


Abb. 55. TK-Truhen im Strombedarfsvergleich

Werden die Vorteile der Verglasung, z.B. aufgrund beengter Platzverhältnisse ohnehin nicht genutzt, sollte generell auf die Verglasung zugunsten energieoptimierter Truhen verzichtet werden.

Das Wärmebild zeigt, dass die Oberflächentemperatur bei der verglasten Truhe um 14 °C liegen kann. Vor allem im Sommer ist mit hohen Transmissions-Wärmeverlusten zu rechnen.

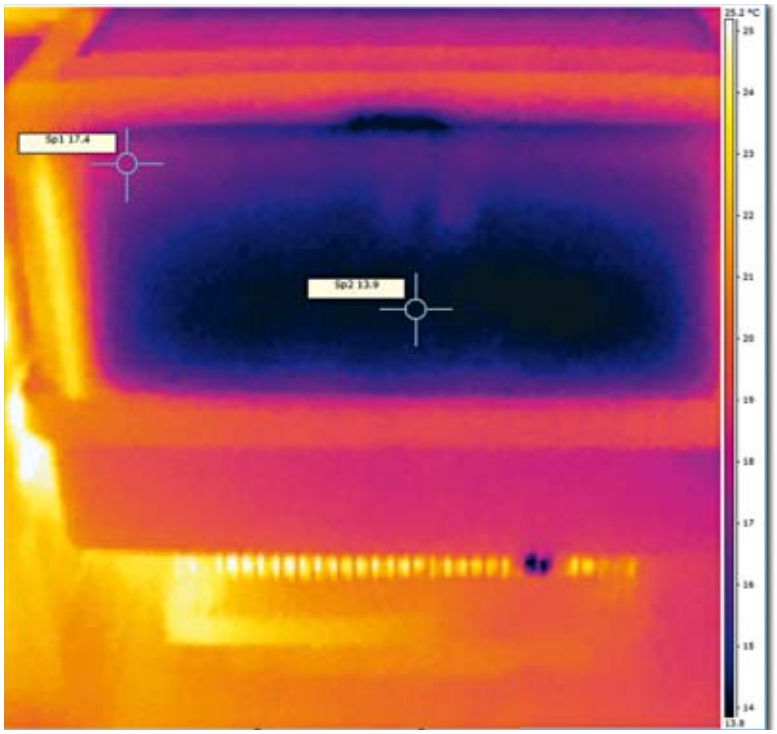


Abb. 56. Wärmebild einer verglasten Truhe

Die folgenden Abbildungen zeigen verglaste TK-Truhen, bei denen durch ungünstige verhaltensbezogene Maßnahmen die Vorteile der großen Displayfläche ganz oder teilweise aufgehoben werden. Falls im eigenen Markt vergleichbare Truhen aufgestellt sind und diese Truhen einen zu hohen Strombedarf im Vergleich zu den damit getätigten Umsätzen aufweisen (Einzelfallprüfung notwendig), gilt es, geeignete Maßnahmen einzuleiten.

Negativ-Beispiele	**Beschreibung (Displayfläche reduziert bei möglicherweise hohem oder sehr hohem Strombedarf)**
	Ware seitlich nicht erkennbar, da die Transportverpackungen nicht entfernt wurden. Vorteile der Displayfläche zu 100 % vergeben. Zusätzlich sind drei Seiten der Glasflächen unwirksam (unmittelbarer Wand- und Regalkontakt).
	Truhe schwer von der Seite einsehbar.
	Ware durch Aktionsständer nicht erkennbar.
	Die Truhen werden unmittelbar aneinandergestellt: Zwei bis drei Seiten der Verglasung sind nicht mehr erkennbar.
	Truhen stehen in engen Gängen, der seitliche Blick ist verstellt, und die Vorteile, die durch den hohen Strombedarf erkauft werden, sind dahin.
	Truhe an zwei Seiten verstellt. Displayfläche um 50 % reduziert.

5.11 Standort des Kühlmöbels im Markt bewusst wählen

Auch der Standort eines steckerfertigen Kühlmöbels im Markt kann einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf haben. Im folgenden Beispiel wurden zwei Inseln, bestehend aus jeweils drei Kühlmöbeln desselben Typs, an unterschiedlichen Standorten im Markt gemessen. Der Standort der ersten NK-Insel liegt in unmittelbarer Nähe zum Mopro-Regal und der Bedientheke, d.h. in der Kältezone. Die zweite NK-Insel ist in der Obst- und Gemüseabteilung im Eingangsbereich aufgestellt. Eine Glasfassade trägt dazu bei, dass vor allem an sonnigen Tagen mit einem erheblichen Wärmeeintrag in den Markt zu rechnen ist.

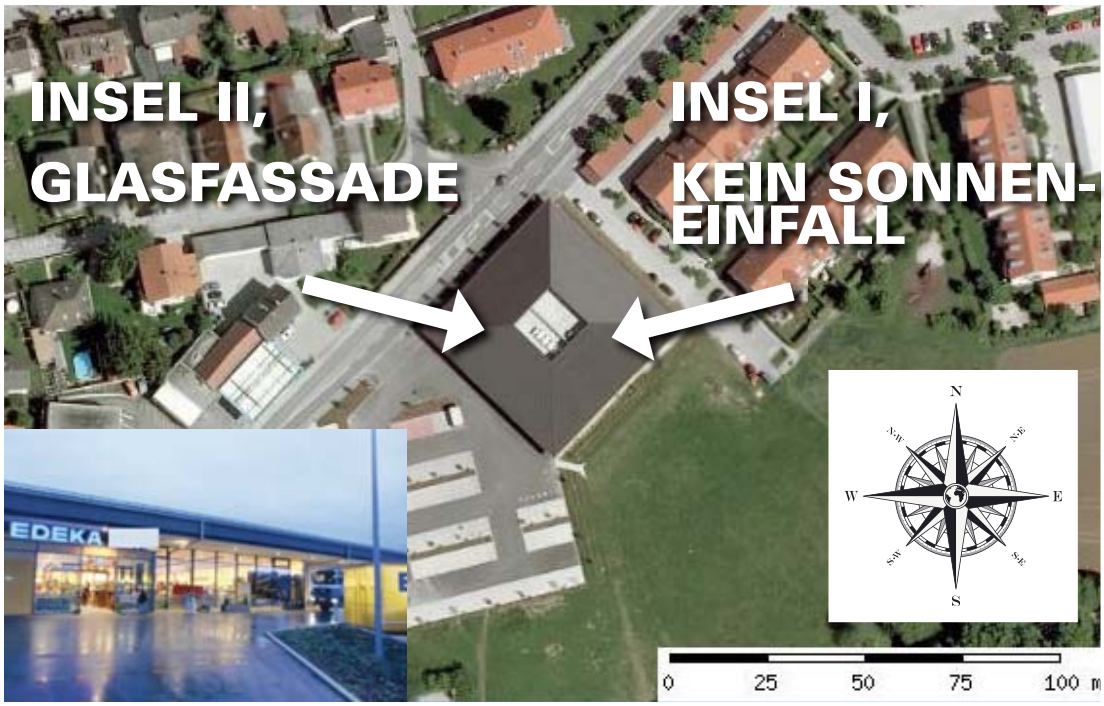


Abb. 57. Glasfassade mit Süd-West-Ausrichtung

Abb. 58. NK-Insel 2, Glas-Fassade

Abb. 59. NK-Insel 1, Kühlzone

Kühlmöbel und Inhalt	Verbrauch p.a.	Kosten p.a.			
NK-Insel 1, Kühlzone:	**Strombedarf kWh p.a.**	**Kosten [EUR/a][09]**	**Anordnung**		
I **W**urst	2.996 (1,5 °C)	539,–	K	E	**W**
II **E**DEKA-Selection	2.715 (1,1 °C)	489,–	K	**E**	W
III **K**äse	2.654 (1,5 °C)	478,–	**K**	E	W
Summe NK-Insel 1:	**8.365**	**1.506,–**		**Δ 11 %**	
NK-Insel 2, nahe der Glasfassade:	**Strombedarf kWh p.a.**	**Kosten [EUR/a]**			
IV **C**hampignon	4.683 (1,9 °C)	843,–	**C**	S	B
V **S**alat	3.334 (3,1 °C)	600,–	C	**S**	B
VI **B**eeren	3.685 (1,6 °C)	663,–	C	S	**B**
Summe NK-Insel 2:	**11.675**	**2.106,–**		**Δ 29 %**	
Abweichung Insel 1 : 2	**2.135 kWh**	**369,–**		**Δ 28 %**	

Tabelle 16. Strombedarfsübersicht

Obwohl es sich bei allen sechs Kühlmöbeln um denselben Hersteller und dasselbe Modell handelt, sind die Abweichungen beim Strombedarf erheblich. Tiefere Temperatureinstellungen liegen bei der NK-Insel-2 nicht vor und können den höheren Energiebedarf nicht verursachen. Tendenziell scheint es so zu sein, dass die Kühlmöbel in wärmerer Umgebung rund 25 % bis 30 % mehr Strom benötigen als in kühleren Zonen im Markt.

5.12 Kostenbeteiligung der Lebensmittelhersteller

Oftmals werden vom Lebensmittelhersteller steckerfertige Kühlmöbel dem Handelsunternehmen im Rahmen von Werbekostenzuschüssen (WKZ) [10] zur Verfügung gestellt. Dabei kann es vorkommen, dass die Energiekosten des Kühlmöbels den WKZ bei Weitem übersteigen.

Besonders häufig ist dies beim Aufstellen von gekühlten und nicht isolierten Aktionstruhen aus Karton oder Plastik der Fall. Arglose Marktinhaber lassen oftmals die Vertriebsmitarbeiter der Hersteller gleich mehrere dieser Aktionstruhen aufstellen, ohne an die Kosten zu denken. In der Praxis bleiben diese „Truhen" häufig über längere Zeit im Markt und generieren Kosten, die durch den Abverkauf nicht immer gedeckt werden. Bei Kühlmöbeln, deren Hülle aus Kartonagen oder Plastik besteht, wurden bei minimalem Kühlvolumen Strombedarfe bis 2.200 kWh (396,– EUR) pro Jahr gemessen. Kontrollmessungen können sich somit schnell bezahlt machen.

[9] Es wurden pauschal, wie bei anderen Berechnungen in dieser Studie, 0,18 EUR/kWh angesetzt. Dieser Preis ist nicht identisch mit den tatsächlich im Markt anfallenden Stromkosten.

[10] Der Werbekostenzuschuss (Abkürzung: WKZ) ist ein Geldbetrag oder Gratisware, der Handelsunternehmen vom Hersteller für Werbezwecke überlassen wird. Der Werbekostenzuschuss dient dem Handel zur Finanzierung eigener Werbe- und Verkaufsförderungsmaßnahmen, bei denen die Produkte und Leistungen der betreffenden Hersteller besondere Beachtung finden.

Abb. 60. Beispiel Kartonagen-KM

Abb. 61. Beispiel Plastik-KM

! Tipp:

Pfiffige Marktinhaber lassen sich neben dem Kühlmöbel am P.O.S. auch die Stromkosten erstatten.

5.13 Truhentausch prüfen

Im folgenden Beispiel soll eine Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigen, ob sich gegebenenfalls ein sofortiger Truhentausch lohnen kann. Um eine weitgehende Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden sich ähnelnde Kühlmöbel, vor allem im Hinblick auf die Displayfläche und die Marktgegebenheiten miteinander verglichen. Aus dem Katalog mit den Strombedarfswerten im Anhang wurden zwei TK-Truhen mit elektrischer Abtauung ausgewählt. Eine der Truhen aus dem Mittelfeld, mit einem Strombedarf von 5.700 kWh/a und 0,46 m³ gekühltem Raumvolumen, wird einer Hocheffizienztruhe mit 1,00 m³ gekühltem Raumvolumen und einem Strombedarf von 1.900 kWh/a gegenübergestellt. Das Raumvolumen der neuen, energieeffizienten Truhe ist somit mehr als doppelt so groß. Dieser Umstand bleibt bei den Berechnungen ebenso unberücksichtigt, wie der Umstand, dass sich bei der vorhandenen Truhe voraussichtlich die Wartungskosten erhöhen werden. Dies bedeutet, sämtliche Prämissen sind zugunsten der vorhandenen Truhe gesetzt.

ANNAHMEN:

Annahmen	Alte Truhe bleibt	Austausch gegen neue Truhe
Startjahr	2014	2014
Nutzungsdauer ND [Jahre]	10	10
Kalkulatorischer Zinssatz [%][11]	1,86	1,86
Netto-Investition [EUR]	0,–	1.900,–
Energiekosten [EUR/Jahr]	1.026,–	342,–
Wartungskosten [EUR/Jahr]	0,–	0,–
Steigerung der Stromkosten [%/Jahr][12]	3	3

Tabelle 17. Annahmen zur Investitionsrechnung – Kälte

[11] Zur Beurteilung der Zinskonditionen wurde das KfW Energieeffizienzprogramm GU 10/2/10 mit der Bonitätsstufe „B", d.h. 1,86 % angesetzt.

[12] Im Szenario wird von einer jährlichen Strompreissteigerung von 3 % ausgegangen. Die letzten 15 Jahre betrug die Preissteigerung pro Jahr rund 3,7%. Die EU geht davon aus, dass die Strompreise noch weitere 20 Jahre deutlich steigen werden. Die IHK prognostiziert eine Preissteigerung von bis zu 5 % p.a. Die angesetzten 3 % stellen somit ein optimistisches Szenario dar.

Ergebnisse		
Kapitalwert 1,86 % [EUR]	5.164,–	
Interne Verzinsung [%]	36,9	
Dynamische Amortisation, 1,86 % [Jahre]	2,8	28 % v. ND
	Alte Truhe	**Neue Truhe**
Jährliche Kosten inkl. annuisierter Investition [EUR/Jahr]	1.171,–	600,–
Jährliche Kosteneinsparung [EUR/Jahr]		571,–

Tabelle 18. Ergebnisse der Investitionsrechnung

Beim vorliegenden Beispiel ist der sofortige Truhentausch anzuraten. Maßnahmen mit 36,9 % interner Verzinsung bei 2,8 Jahren dynamischer Amortisation sind im Lebensmittel-Einzelhandel nicht die Regel. Die jährliche Einsparung durch eine Neu-Investition liegt bei 571,– EUR.

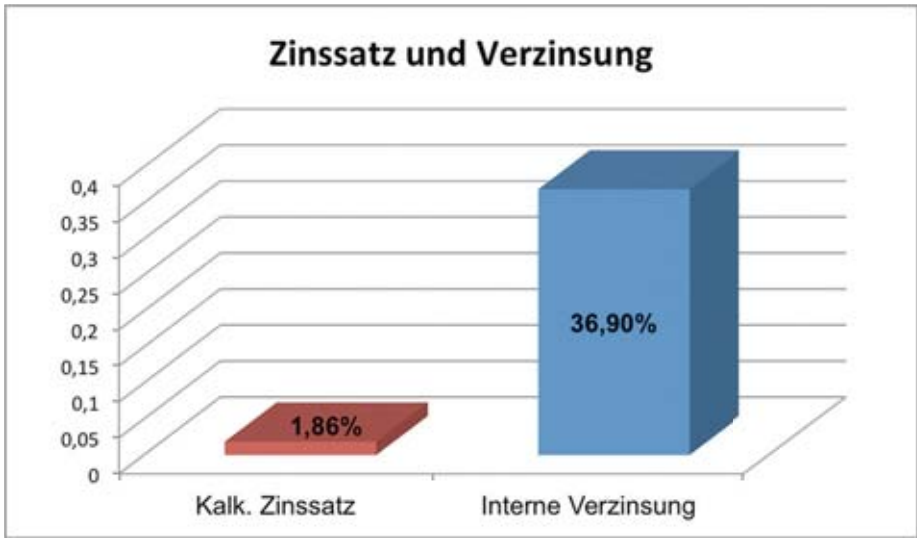


Abb. 62. Truhenwechsel: Kalkulatorischer Zinssatz und interne Verzinsung

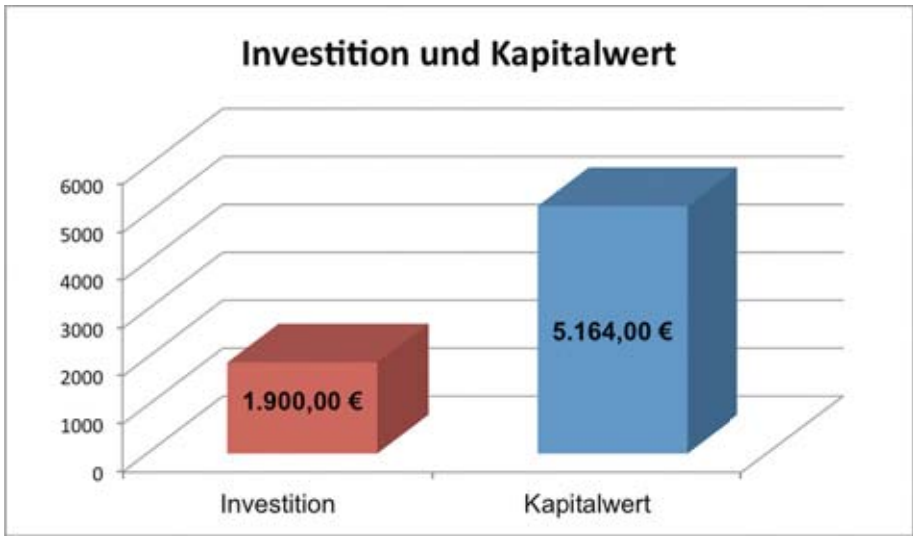


Abb. 63. Truhenwechsel: Investition und Kapitalwert im Vergleich

5.14 Beleuchtung nach Ladenschluss ausschalten

Im Rahmen unserer Messungen konnten wir immer wieder feststellen, dass Leuchtstofflampen am oder im Kühlmöbel zur optimalen Produktausleuchtung eingesetzt werden. Diese Lampen konnten auch gesondert abgeschaltet werden. Im Anhang sind mehrere Lastgänge zu sehen, bei denen die Beleuchtung während der Ladenschlusszeiten nicht abgeschaltet wurde. Pro Truhe wurden Beleuchtungskosten bis 130,– EUR/Jahr ermittelt. Das Einsparpotenzial durch den Einsatz einfacher Zeitschaltuhren beträgt in diesem Beispiel rund 65,– EUR (Beleuchtungskosten) pro Truhe. Hinzugerechnet werden muss der Aufwand zum Kühlen der erzeugten Wärme, falls sich die Leuchtmittel in der Truhe befinden.

5.15 Exkurs Produktsicherheit

Für einen unserer Mandanten sollte überprüft werden, ob und wie lange im Falle eines Stromausfalles die Produktsicherheit in seinen TK-Truhen gewährleistet ist. Im vorliegenden Fall handelte es sich um eine Extremsituation bei hohen Markttemperaturen im Hochsommer um 30 °C.

Gemessen wurde der Temperaturverlauf während des simulierten Stromausfalles in den zwei verschiedenen TK-Truhentypen, die im Markt vorhanden waren, der AHT GTX 89 SGHL und der H09M04. Das Baujahr der Truhen ist nicht angegeben, dürfte aber um 1998 liegen. Die Truhe H09M04 weist seitlich große Displayflächen auf.

Abb. 64. LogTag

Gemessen wurde der Temperaturverlauf im Minuten-Rhytmus mit dem Gerät LogTag HAXO 8.

Der LogTag Feuchte- und Temperatur-Datenlogger HAXO kann bis zu 8.000 hochauflösende Messwerte in einem Messbereich von 0 bis 100 % rF und –40 °C bis +85 °C aufzeichnen.

Die Genauigkeit des Loggers liegt im vorliegenden Messbereich bei +/– 1,75 °C.

5.15.1 AHT GTX SGHL

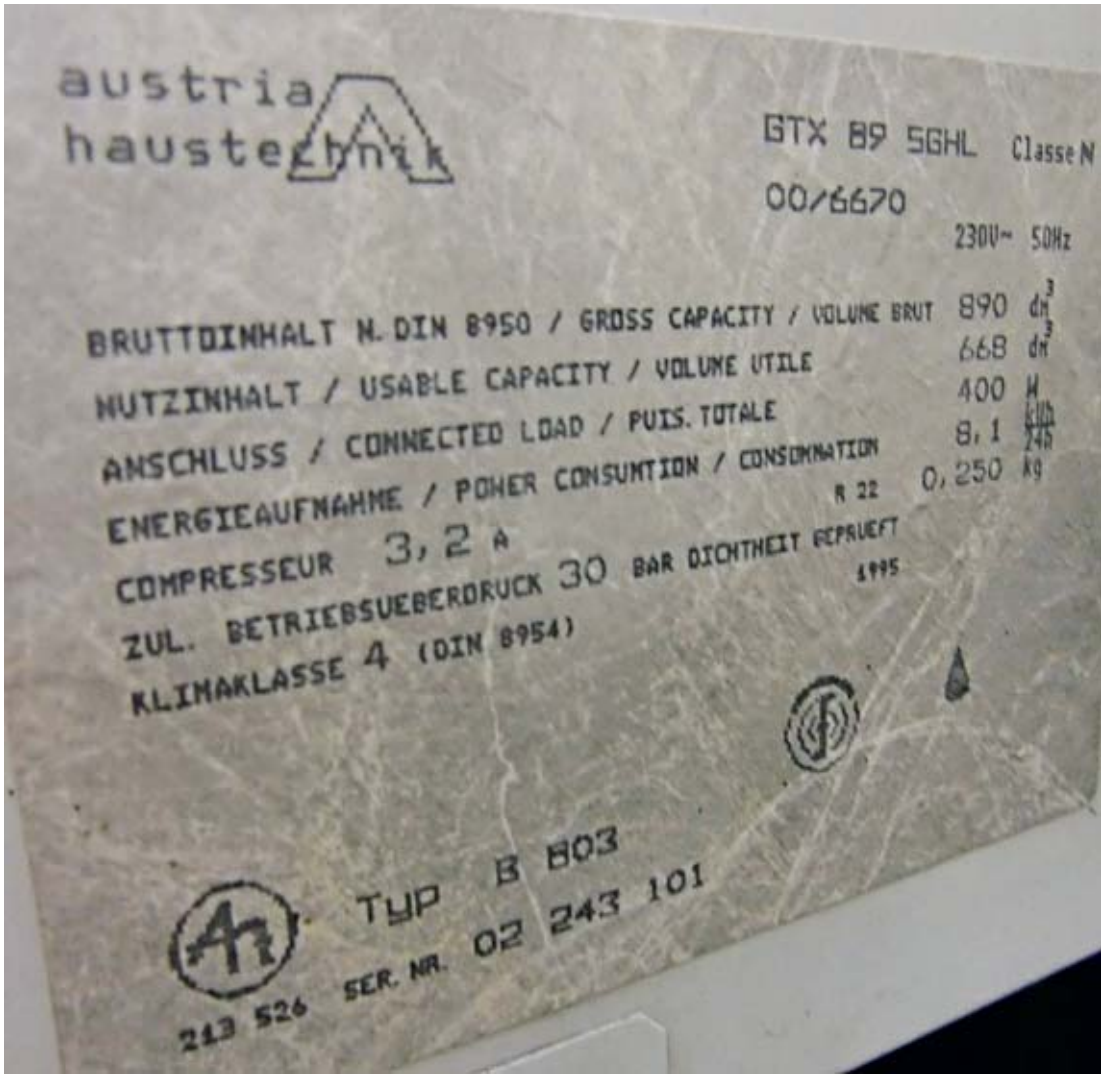


Abb. 65. Temp.-rel.-Luftfeuchteverlauf bei der AHT TK-Truhe

Im Temperaturprofil wird deutlich, dass während der 3 Stunden und 46 Minuten Stromunterbrechung die Temperaturen von –23 °C auf –21,5 °C angestiegen sind. Dies entspricht bei Markttemperaturen von um die 30 °C einem Gesamt-Temperaturanstieg in der Truhe von lediglich 1,5 °C.

Ein Stromausfall während der Nacht sollte für die Produkte in der AHT TK-Truhe somit kein Problem darstellen, falls am nächsten Morgen der Ausfall bemerkt wird.

5.15.2 H09M04

Ristorante
BISTRO
2.59
2.59
2.59
2.59

Ristorante
PROSCIUTTO
Baguette
Baguette

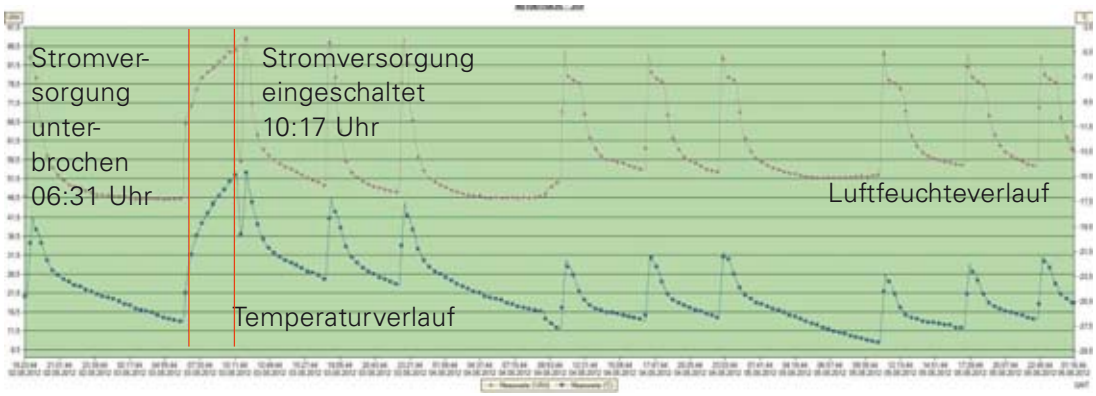


Abb. 66. Temp.- rel.-Luftfeuchteverlauf bei der H09M04-TK-Truhe

Im Temperaturprofil wird deutlich, dass während der 3 Stunden und 46 Minuten Stromunterbrechung die Temperaturen von –24 °C auf –15 °C angestiegen sind. Dies entspricht bei Markttemperaturen von um die 30 °C einem Gesamt-Temperaturanstieg in der Truhe von 9 °C.

Ein Stromausfall während der Nacht bedeutet, dass die Produkte in der H09M04-Truhe in jedem Fall entsorgt werden müssen.

5.15.3 Produktsicherheit im Vergleich

AHT GTX 89 SGHL		**H09M04**	
Markttemperatur:	30 °C	**Markttemperatur:**	30 °C
Stromausfall:	3 h 46 min	**Stromausfall:**	3 h 46 min
Temperaturanstieg:	–23 °C auf –21,5 °C	**Temperaturanstieg:**	–24 °C auf –15 °C
Temp.-Änderung:	Δ 1,5 °C	**Temp.-Änderung:**	Δ 9 °C
Resümee:		**Resümee:**	
Stromausfall über Nacht mit sehr geringem Produkt-Entsorgungsrisiko.		Stromausfall über Nacht mit sehr hohem Produkt-Entsorgungsrisiko.	

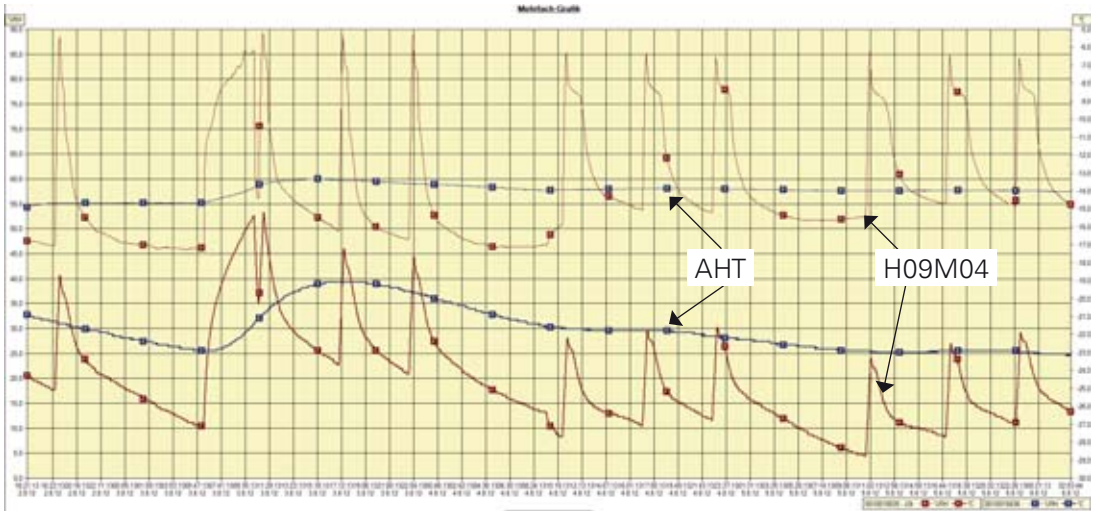


Abb. 67. Temperatur- und Luftfeuchteentwicklung im Vergleich

Die Wärmebildaufnahmen zeigen visuell die Ursachen des schnellen Temperaturverlustes bei der H09M04-Truhe:

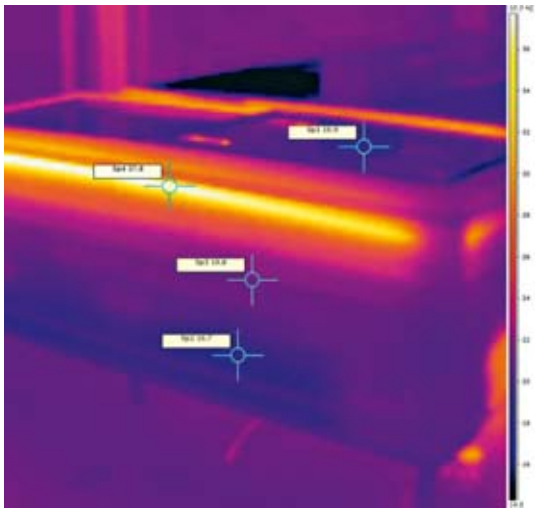


Abb. 68. AHT-Wärmebild

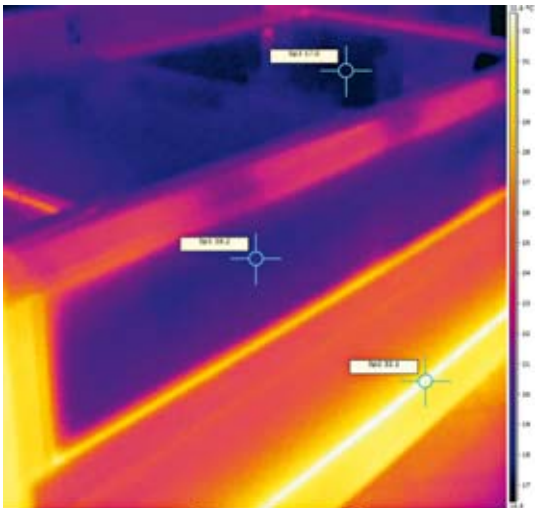


Abb. 69. H09M04-Wärmebild

Die Oberflächentemperaturen bei der H09M04-Truhe betragen im Verglasungsbereich 17 °C bis 18 °C bei einer Markttemperatur von 30 °C. Bei der AHT-Truhe liegt die Temperatur im Verglasungsbereich ebenfalls bei 17 °C, im Isolierbereich beträgt die Temperatur um 20 °C. Bedingt durch den höheren Kältestrom nach außen bei der H09M04 steigen die Temperaturen in dieser Truhe nach kurzer Zeit stark an.

VOR- UND NACHTEILE STECKERFERTIGER KM

6

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

6 VOR- UND NACHTEILE STECKERFERTIGER KM

Regelmäßig wird in der Fachliteratur von der Nutzung steckerfertiger Kühlmöbel im LEH abgeraten. Das Hauptargument ist dabei die Wärmeentwicklung des Kühlmöbels. Steckerfertige Kühlmöbel geben die Wärme, die dem Kühlbereich entzogen wird, direkt in den Verkaufsraum ab, während bei einer Verbundlösung die Wärme über Verflüssiger ins Freie abgeführt oder in den seltensten Fällen anderweitig genutzt wird. Das bedeutet, so die Argumentation, dass beim Einsatz steckerfertiger Kühlmöbel im Markt eine gute Querbelüftung oder eine Klimaanlage im Markt notwendig sind. Weitere Argumente, die gegen steckerfertige Kühlmöbel ins Feld geführt werden, sind die fehlende Abtauheizung und vereinzelt ein hoher Strombedarf im Vergleich zu Verbundlösungen.

Vor- und mögliche Nachteile steckerfertiger Kühlmöbel

VORTEILE

Geringere Investitionskosten

- **Sukzessiver Auf- u. Ausbau hocheffizienter Kühlmöbellandschaften, im Gegensatz zu vergleichsweise starren Verbundlösungen möglich.**

Schnellere und einfachere Inbetriebnahme

- **Keine aufwendige Installation mit ggf. Umbaumaßnahmen**

Ausfallschaden überschaubar

- **Fällt eine Truhe aufgrund eines technischen Defektes aus, ist der Schaden vergleichsweise gering. Fällt der komplette Verbund aus, kann der Schaden immens sein.**

Höhere Flexibilität

- **Zeitlich (Aktionsware, Kleineis)**
- **Räumlich (beliebiger Standort im Markt und marktübergreifend)**
- **Kein starrer Fixkostenblock im Gegensatz zum Verbund. Einzelne Truhen können problemlos wieder vom Netz genommen werden.**

Geringere Lärmentwicklung

- **Im Innenstadtbereich können Kompressoren und Verflüssiger eine erhebliche Lärmbelästigung darstellen.**

NACHTEILE

Höherer Strombedarf, Abwärme bleibt ungenutzt

- **Erwärmung Verkaufsraum**
- **Bei großer Anzahl Klimatisierung im Markt notwendig**

Oftmals keine automatische Abtauvorrichtung

- **schnellere Vereisung**
- **Abtauung von Hand**
- **Produkte müssen ausgeräumt und zwischengelagert werden.**

In den folgenden Abschnitten soll auf die pauschalen Aussagen gegen steckerfertige Kühlmöbel näher eingegangen werden

6.1 Stromkosten

6.1.1 Einflussfaktoren auf den Strombedarf

Der Bereich der steckerfertigen Kühlmöbel besteht aus einer Vielzahl an Segmenten, wie zum Beispiel:

- **Tiefkühlung (TK) und Normalkühlung (NK)**
- **Offene und geschlossene Kühlmöbel**
- **Morphologie: Kühlregale, Kühltheken, Kombigeräte, Inseln**
- **TK-Möbel mit und ohne elektrischer Abtauung usw.**

Wie bereits nachgewiesen, besteht innerhalb der einzelnen Segmente im Hinblick auf den Strombedarf eine außerordentlich hohe Bandbreite. So wurden beispielsweise im Segment der geschlossenen Getränkekühler Strombedarfe zwischen 870 kWh/m³·a und 10.118 kWh/m³·a ermittelt. Dies entspricht dem Faktor 11!

Allein vor diesem Hintergrund wird klar, dass eine pauschale Aussage wie: „Steckerfertige Kühlmöbel weisen gegenüber Verbundanlagen einen höheren Strombedarf auf" problematisch ist und keiner ernsthaften Prüfung standhält. Das folgende Beispiel aus dem TK-Bereich soll die Zusammenhänge verdeutlichen:

6.1.2 Vergleich TK-Verbund und TK-steckerfertige Kühlmöbel

Aus dem Datenpool der Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG wurden zwölf Märkte mit Verkaufsflächen zwischen 2.000 m² und 8.500 m² zufällig ausgewählt. Der Fokus auf Großflächen resultiert aus der Überlegung, dass bei größeren Betriebseinheiten die Kälteanlagen im Regelfall optimal dimensioniert sind und regelmäßig gewartet werden. Es sollten keinesfalls künstlich hervorgerufene Vorteile für die steckerfertigen Kühlmöbel konstruiert werden.

Lfd. Nr.	TK-Truhen [m³ bzw. Tsd. l]	Strombedarf TK-Truhen [kWh/a][13]	Spez. Strombedarf TK-Truhen [kWh/m³·a]
01	38,88	105.144	2.704
02	27,72	124.644	4.496
03	46,56	329.739	7.082
04	42,08	344.885	8.196
05	23,83	107.228	4.500
06	21,61	127.756	5.912
07	45,25	272.728	6.027
08	34,75	172.042	4.951
09	21,56	277.424	12.868
10	31,56	409.279	12.968
11	53,37	286.847	5.375
12	23,70	48.074	2.028
$\bar{x}$	**34,24**	**217.149**	**6.426**

Tabelle 19. Spezifischer Strombedarf TK-Truhen im Verbund

[13] Bei der Ermittlung des Strombedarfs der Minus-Kälte wurden insgesamt drei Kriterien berücksichtigt: 1. Lastanalyse, 2. TK-Zentralkälteanlage, 3. gekühltes Raumvolumen der TK-Truhen.

6 VOR- UND NACHTEILE STECKERFERTIGER KM

Der spezifische Strombedarf der TK-Verbundtruhen bewegte sich bei den untersuchten 12 Märkten im Praxisbetrieb zwischen 2.028 und 12.968 kWh/m³·a gekühltem Raumvolumen. Der Mittelwert betrug 6.426 kWh/m³·a. Erwähnenswert ist, dass eine R134A/R744 (CO_2)-Anlage mit Baujahr 2011 den Spitzenplatz in der Energieeffizienz belegt. Bei den Spitzenreitern im negativen Sinn, der Nummer „9", handelt es sich um geschlossene TK-Truhen (Anlage aus 1997, Kältemittel R404A), bei Nummer „10" um offene TK-Truhen mit Nachtabdeckung (Bj. 2005, R404A).

Demgegenüber weisen die steckerfertigen TK-Truhen mit elektrischer Abtauung Strombedarfswerte zwischen 1.785 kWh/m³·a und 22.834 kWh/m³·a auf. Die Bandbreite ist damit breiter als bei den Verbundanlagen.

Die Messwerte zeigen, dass hocheffiziente, neue steckerfertige Kühlmöbel in der täglichen Betriebspraxis weniger Strom benötigen können, als hocheffiziente neue Verbundanlagen (CO_2-Kaskadenanlagen, (NK = R134a / TK = R744). Die Messwerte zeigen auch, dass sowohl bei Verbundanlagen als auch bei steckerfertigen Kühlmöbeln Geräte mit bedenklicher Energieeffizienz in der täglichen Betriebspraxis im Einsatz sind.

Bandbreite Strombedarf

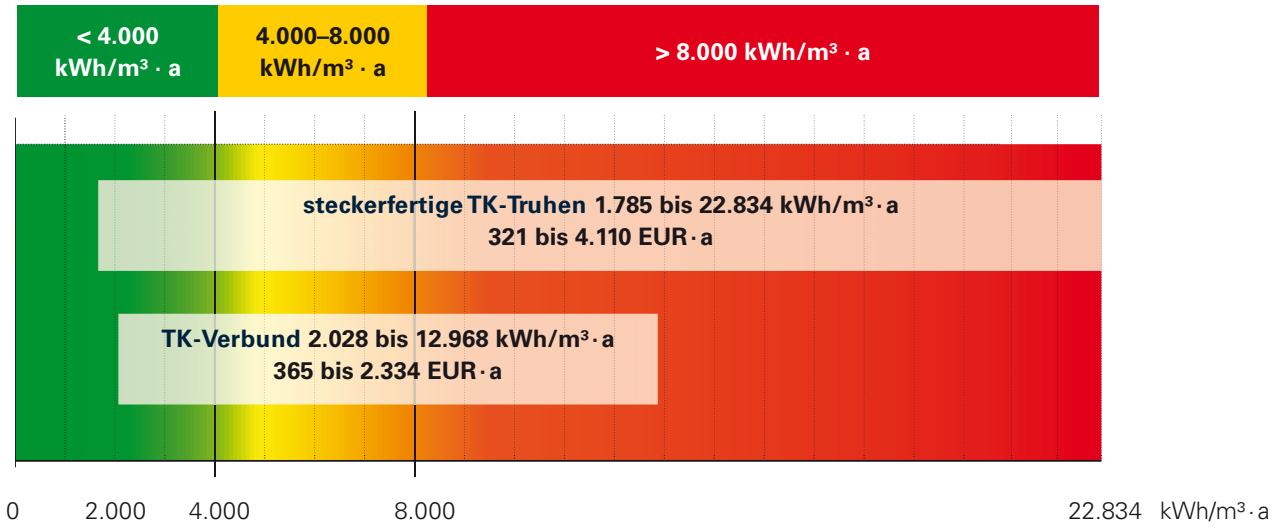


Abb. 70. Strombedarf TK-Truhen

6.1.3 Wirtschaftliche Betrachtung

ANNAHMEN:

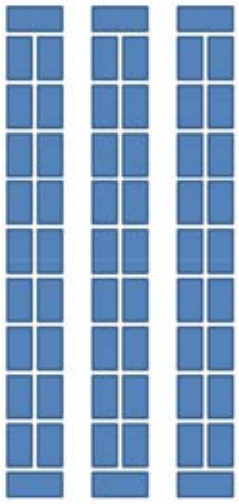


Abb. 71. Aufstellplan Stecker

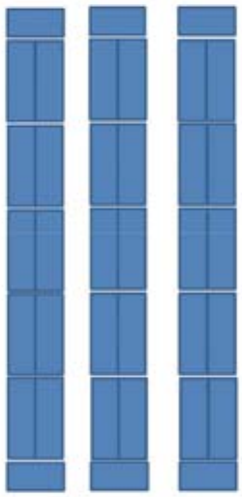


Abb. 72. Aufstellplan Verbund [14]

Truhenvergleich:

Steckerfertige Kühltruhen
54 x hocheffiziente Steckertruhen
6 x hocheffiziente Kopftruhen

Kennzahlen steckerfertige Truhen
Blocklänge gesamt: 62,66 m
Nettovolumen gesamt: 52.728 l

Investitionskosten Truhen

54 x 2.100,–	EUR	113.400,–
6 x 2.200,–	EUR	13.200,–
Summe:	**EUR**	**126.600,–**

Investitionskosten Aggregate
Entfällt, alle Aggregate in der Truhe

Summe Investitionskosten Truhen
EUR 126.600,–

Spezifische Investitionskosten
EUR 126.600,– / 52,7 m³ = EUR/m³ 2.402,–

Investitionskosten für 45 m³ Truhen **EUR 108.102,–**

CO_2-Verbund (nur TK-Anteil)
15 x renommierter Hersteller 3,75
6 x Kopftruhen, renommierter Hersteller

Kennzahlen Verbund-Truhen
Blocklänge gesamt: 63,03 m
Nettovolumen gesamt: 40.758 l

Investitionskosten Verbundtruhen

15 x 6.500,–	EUR	97.500,–
6 x 6.800,–	EUR	40.800,–
Summe:	**EUR**	**138.300,–**

Investitionskosten Aggregate
Ca.-Summe: [15] EUR 95.000,–

Summe Investitionskosten Verbund
EUR 233.300,–

Spezifische Investitionskosten
EUR 233.300,– / 40,8 m³ = EUR/m³ 5.718,–

Investitionskosten für 45 m³ Verb.-Truhen **EUR 257.316,–**

[14] Um eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zwischen den steckerfertigen Truhen und modernen R134A/R744-Anlagen mit frequenzgeregelten Verdichtern durchführen zu können, mussten Annahmen getroffen werden. So wurden Preisangebote namhafter Hersteller herangezogen und eine auf Großflächen typische TK-Landschaft abgebildet. Sowohl bei den Steckertruhen als auch beim TK-Verbund wurden renommierte Hersteller ausgewählt. Bei den Preisen handelt es sich um Ca.-Angaben.

[15] Die Kostenposition beinhaltet: TK-Verbundanlage, Verflüssiger, Verdampfer TK-Anlagenmontage, Schaltschrank, Kältemittelverbindungsleitungen, Gaswarner, Temperaturanzeigen und Fahrtkosten.

WEITERE ANNAHMEN:

Annahmen	Stecker	Verbund
Startjahr	2014	2014
Nutzungsdauer ND [Jahre] [16]	10	15
Kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,86	1,86
Nettoinvestition [EUR]	108.102,–	257.316,–
Energiekosten [EUR/Jahr]	15.236,–	16.427,–
Wartungskosten [EUR/Jahr]	200,–	1.500,–
Steigerung der Stromkosten [%/Jahr]	3	3

Tabelle 20. Annahmen zur Investitionsrechnung – Kälte

ANMERKUNG ZU DEN ENERGIEKOSTEN:

Im Worst-Case-Szenario, bei dem ein minimaler Strombedarf der TK-Verbundanlage (2.028 kWh/m³ · a, R134A/R744-Anlage mit frequenzgeregelten Verdichtern) einem mittleren Strombedarf hocheffizienter steckerfertigen TK-Truhen (1.881 kWh/m³ · a) gegenübergestellt wird, betragen die Stromkosten:

TK-Verbundanlage

- **2.028 kWh/m³ · a · 45 m³ = 91.260 kWh/m³ · a**
- **91.260 kWh/m³ · a · 0,18 EUR/kWh** [17] **= 16.427,– EUR**

Steckerfertige TK-Truhen

- **1.881 kWh/m³ · a · 45 m³ = 84.645 kWh/m³ · a**
- **84.645 kWh/m³ · a · 0,18 EUR/kWh = 15.236,– EUR**

6.1.4 Berechnungsergebnisse

Ergebnisse		
Kapitalwert 1,86 % [EUR]	138.053,–	
	Stecker	**Verbund**
Jährliche Kosten inkl. annuisierter Investition [EUR]	29.535,–	41.479,–
Jährliche Kosteneinsparung [EUR/Jahr]	11.944,–	

Tabelle 21. Ergebnisse der Investitionsrechnung

Da die Investition bei der steckerfertigen Variante selbst unter Berücksichtigung der kürzeren Nutzungsdauer (10 zu 15 Jahre) geringer ist als die der Standardvariante (und die Betriebskosten ebenfalls geringer sind), liegt die Amortisationszeit bei „0". Das bedeutet, die steckerfertige Variante sollte sofort umgesetzt werden.

[16] Um auf der sicheren Seite zu bleiben und ein Kostenbild wiederzugeben, das der Realität einerseits möglichst nahe kommt, tendenziell aber keine höheren Kosten vorspiegeln darf, wird eine Nutzungsdauer von 10 Jahren angesetzt. Bei Kälteverbundanlagen wird mit 15 Jahren gerechnet.

[17] 0,18 EUR/kWh entsprechen nach Erfahrungswerten der Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG dem durchschnittlichen Netto-Strompreis im LEH in 2013 bei Sondervertragskunden.

Selbst wenn der kalkulatorische Zinssatz auf 15 % bis 20 % angehoben wird (bei Investitionsrechnungen durchaus gängige Praxis), ändert sich nichts an der Wirtschaftlichkeit der steckerfertigen TK-Truhen. In diesem Fall würden Kapitalwert und jährliche Kosteneinsparung weiter ansteigen.

RESÜMEE:

Hocheffiziente, steckerfertige TK-Truhen können im Vergleich zu Verbundlösungen selbst unter vorsichtigen Annahmen einen positiven Kapitalwert (138.000,– EUR) und eine jährliche Kosteneinsparung von rund 12.000,– EUR liefern.

Hinweis:

Die Aussagen entstanden auf Basis einer relativ geringen Grundgesamtheit. Eine statistische Aussagewahrscheinlichkeit von 95 % ist nicht gegeben. Das Praxisbeispiel gibt damit lediglich eine erste Tendenz wieder.

6.2 Abwärme

Ein regelmäßig zitiertes Argument gegen steckerfertige Kühlmöbel zielt auf die Abwärme, die ungenutzt in den Markt entweicht und – so in der Literatur regelmäßig nachzulesen – dazu führen kann, dass eine Teilklimaanlage installiert werden muss.

Die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG befürwortet eine Wärmerückgewinnung bei Kälteanlagen grundsätzlich, musste aber feststellen, dass im LEH in der Praxis derzeit noch zu rund 95 % keine Wärmerückgewinnungsanlagen installiert sind. Die erzeugte Abwärme der Kälteanlage wird somit nahezu ausschließlich an die Umwelt abgegeben.

Bleibt die Frage, ob steckerfertige Kühlmöbel dazu beitragen können, dass in einem Markt eine Teilklimaanlage installiert werden muss.

In der Praxis konnten wir regelmäßig bis zu 25 steckerfertige Kühlmöbel auf Kleinflächen sehen (energieoptimierte TK-Truhen), ohne dass im Markt eine Teilklimaanlage benötigt wurde. Andererseits konnten wir auch Märkte untersuchen, die lediglich steckerfertige Aktionstruhen aufgestellt hatten und dennoch eine Teilklimaanlage benötigten.

Aus diesem Grund sollen Wärmequellen und Wärmesenken in verschiedenen Lebensmittelmarkt-Typen näher betrachtet und überschlägig ausgewertet werden: [18]

[18] Bei den folgenden Annahmen handelt es sich um Werte, die uns von Marktleitern aus der täglichen Betriebspraxis genannt wurden, oder um Schätzungen. Die Berechnungen erfolgen überschlägig. Ziel dieser Darstellung ist es, Zirka-Größen zu erhalten, um Wärmeeinträge besser beurteilen zu können. Eine genauere, dynamische Simulation würde den Umfang dieser Studie sprengen.

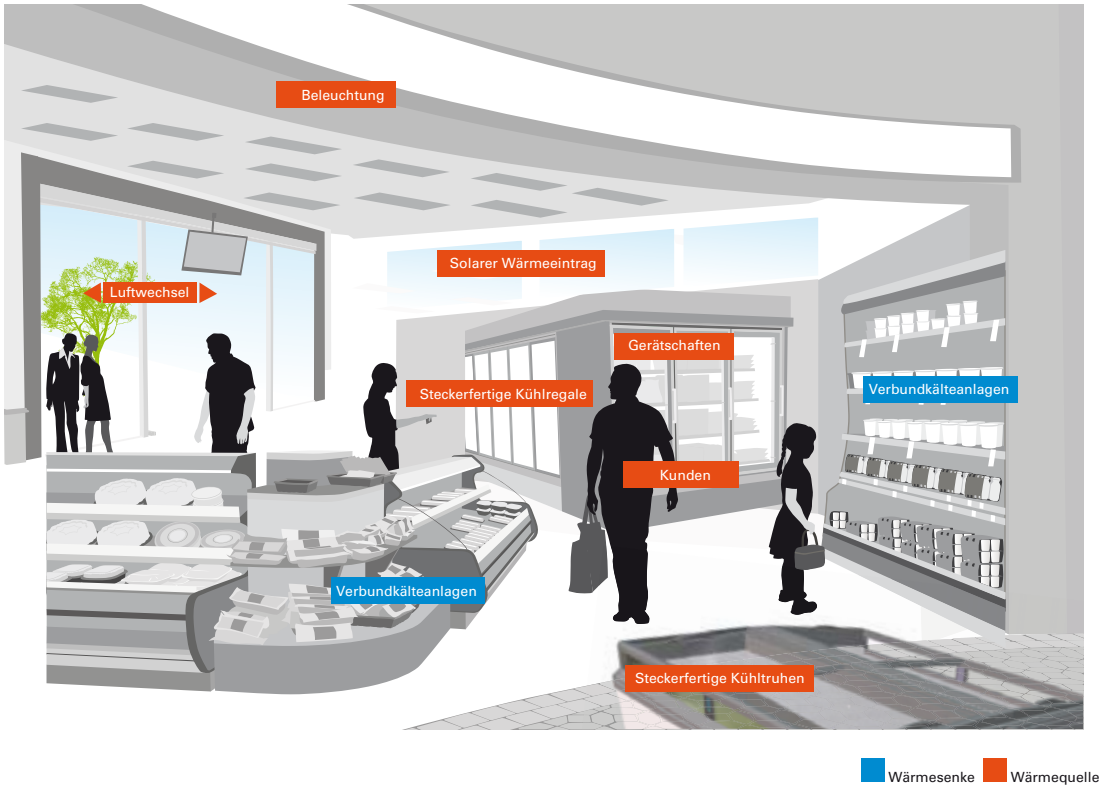


Abb. 73. Wärmequellen und Wärmesenken in einem Lebensmittelmarkt

Es wurden drei LEH-Markttypen nach energetischen Gesichtspunkten gebildet:

- **Energieoptimierter Supermarkt mit energieoptimierten Gerätschaften in gut gedämmtem Gebäude (rund 10 % bis 15 % Anteil an der Grundgesamtheit).**
- **Standardmärkte (65 % bis 70 % Anteil).**
- **Im Strombedarf überhöhte Märkte mit schlecht gedämmten Bauteilen und Gerätschaften mit hohem Energiebedarf (ca. 20 % Anteil).**

Die nachvollziehbaren Berechnungsgrundlagen befinden sich im Anhang dieser Studie. Die nachfolgende Tabelle stellt sofort die Ergebnisse dar.

Annahmen	Energieoptimiert		Standardmarkt		Energieintensiv	
	[W/m²]	%	[W/m²]	%	[W/m²]	%
Kunden	7	21	7	15	7	8
Luftwechsel	8	24	8	17	8	9
Beleuchtung	7	22	17	35	30	33
Gerätschaften	3	9	3	6	3	3
Verbundkälte (TK/NK)	–23		–28		–32	
Steckerfertige KM	4	12	9	19	23	25
Solar-Fenster	2	6	2	4	3	3
Solar-Dach	2	6	2	4	17	19
Wärmeeintrag, max.	33	100	48	100	91	100
Energiebilanz	10		20		59	

Tabelle 22. Wärmeeintrag bei einem LEH-Markt im Extremfall

Der Anteil steckerfertiger Kühlmöbel am Gesamtwärmeeintrag liegt bei den beschriebenen Szenarien zwischen 12 % und 25 %.

Die tatsächliche Temperaturerhöhung bei energieeffizienten, steckerfertigen Kühlmöbeln gegenüber denen des Standardmarktes dürfte in der Praxis im Extremfall bei rund 1 °C bis 2 °C liegen. In diesem Fall ist eine Klimaanlage nicht notwendig. Anders verhält es sich bei einem energieintensiven Markt. In diesem Fall tragen die steckerfertigen Kühlmöbel zu rund 25 % am Gesamtwärmeeintrag eines Marktes bei und können mitverantwortlich sein, dass an heißen Sommertagen die Schokolade schmilzt und eine Klimaanlage im Markt notwendig wird.

6.3 Automatische Abtauung

Steckerfertige TK-Kühlmöbel sind, wie im Rahmen dieser Studie gezeigt, sowohl mit automatischer Abtauung als auch ohne elektrischer Abtauung verfügbar. Interessant ist dabei, dass – wie im Vergleich Verbund mit Steckerkühlmöbeln gezeigt – die hocheffizienten Kühlmöbel mit automatischer Abtauung zu den energieeffizientesten Geräten gehören können.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Nr.	Abbildung	Seite
1.	AHT TK-Kühlmöbel	14
2.	AHT Typenschild	14
3.	Taktung eines Kühlmöbels	14
4.	Energy Logger	15
5.	Ermittlung der Displayflächen	17
6.	Block I, Messort (Markt) und Beschreibung des Kühlmöbels	17
7.	Block II, Bildmaterial	18
8.	Block III, Strombedarf des Kühlmöbels	18
9.	Anzahl der Kühlmöbel nach Betriebsform im LEH	22
10.	TK-/NK-Anteil Kleinfläche	23
11.	TK-/NK-Anteil Supermarkt	23
12.	TK-/NK-Anteil VM-klein	23
13.	TK-/NK-Anteil VM-groß	23
14.	TK-/NK-Anteil Discounter	23
15.	Systematik der steckerfertigen Kühlmöbel	26
16.	True GDM-37	28
17.	Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, geschlossen	28
18.	Strombedarf NK-Kühlregale, offen	29
19.	Beispiel NK-Truhe, offen	30
20.	Beispiel NK-Aktion	30
21.	Strombedarf Kühltruhen, offen	31
22.	Strombedarf TK-Truhen ohne elektrische Abtauung	33
23.	AHT GTX 87 SGHL	33
24.	AHT Rio S 150	33
25.	Strombedarf TK-Truhen mit elektrischer Abtauung	34
26.	AHT Athen	35
27.	AHT Miami	35
28.	Strombedarf TK-Truhen mit elektrischer Abtauung	36
29.	Lebenszykluskosten Getränkekühlregale, geschlossen	39
30.	Kostenanteile KM A	40
31.	Kostenanteile KM D	40
32.	Lebenszykluskosten TK-Truhen, geschlossen	41
33.	Kostenanteile KM E	41
34.	Kostenanteile KM F	41
35.	Lebenszykluskosten TK-Truhen, geschlossen, mit elektrischer Abtauung	42
36.	Kostenanteile KM G	43
37.	Kostenanteile KM H	43
38.	TK-Truhe mit –34 °C eingestellt, keine Seltenheit	46
39.	Nachtabdeckung	47
40.	Wirkung der Nachtabdeckung	47
41.	Wirksamkeit von Abdeckungen	48

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Nr.	Abbildung	Seite
42.	Füllhöhe nicht eingehalten	51
43.	Max. Füllhöhe eingehalten	51
44.	Lastgang Periode, Füllhöhenwechsel	51
45.	Lastgang Tag – maximale Füllhöhe überschritten	52
46.	Lastgang Tag – maximale Füllhöhe eingehalten	52
47.	Lastgang mit Schaltuhr, nach Ladenschluss Gerät aus	53
48.	Lastgang mit Schaltuhr, nach Ladenschluss Gerät aus	53
49.	Verschmutzung Verflüssiger	54
50.	Verschmutzung Verflüssiger 2	54
51.	Strombedarf nach Verflüssiger-Verschmutzungsgrad	55
52.	Vereiste Truhe	56
53.	AHT Malta 145(–)	57
54.	Truhe mit hohem Seitenverglasungsanteil, Abbildung ähnlich	57
55.	TK-Truhen im Strombedarfsvergleich	58
56.	Wärmebild einer verglasten Truhe	58
57.	Glasfassade mit Süd-West-Ausrichtung	60
58.	NK-Insel 2, Glas-Fassade	60
59.	NK-Insel 1, Kühlzone	60
60.	Beispiel Kartonagen-KM	62
61.	Beispiel Plastik-KM	62
62.	Truhenwechsel: Kalkulatorischer Zinssatz und interne Verzinsung	63
63.	Truhenwechsel: Investition und Kapitalwert im Vergleich	63
64.	LogTag	64
65.	Temperatur-relativer-Luftfeuchteverlauf bei der AHT TK-Truhe	66
66.	Temperatur-relativer-Luftfeuchteverlauf bei der H09M04-TK-Truhe	68
67.	Temperatur- und Luftfeuchteentwicklung im Vergleich	68
68.	AHT-Wärmebild	69
69.	H09M04-Wärmebild	69
70.	Strombedarf TK-Truhen	74
71.	Aufstellplan Stecker	75
72.	Aufstellplan Verbund	75
73.	Wärmequellen und Wärmesenken in einem Lebensmittelmarkt	78

TABELLENVERZEICHNIS

Nr.	Tabelle	Seite
1.	Technische Daten Energy Logger 4000	15
2.	Betriebsformen im LEH	20
3 a.	Kühlmöbelmarken im LEH alphabetisch (Pluskühlgeräte)	21
3 b.	Kühlmöbelmarken im LEH alphabetisch (Tiefkühlgeräte)	21
4.	Steckerfertige Kühlmöbel nach Betriebsformen im LEH	22
5.	Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, geschlossen	27
6.	NK-Kühlregale, geschlossen, Raumvolumen und Strombedarf	27
7.	Strombedarfsübersicht NK-Kühlregale, offen	29
8.	Strombedarfsübersicht NK-Kühltruhen, offen	30
9.	Strombedarfsübersicht TK-Truhen ohne elektrische Abtauung	32
10.	Strombedarfsübersicht TK-Truhen mit elektrischer Abtauung	34
11.	Strombedarfe und Kosten steckerfertiger Kühlmöbel	36
12.	Lebenszykluskosten NK-Kühlregale, absolute Werte	39
13.	Kostenstruktur KM E und KM F im 10-Jahres-Vergleich	40
14.	Kostenstruktur KM G und KM H im 10-Jahres-Vergleich	42
15.	Angaben gemäß Typenschild	57
16.	Strombedarfsübersicht	61
17.	Annahmen zur Investitionsrechnung – Kälte	62
18.	Ergebnisse der Investitionsrechnung	63
19.	Spezifischer Strombedarf TK-Truhen im Verbund	73
20.	Annahmen zur Investitionsrechnung – Kälte	76
21.	Ergebnisse der Investitionsrechnung	76
22.	Wärmeeintrag bei einem LEH-Markt im Extremfall	79

DANKSAGUNG

Viele Personen haben mich bei der Erstellung dieser Studie unterstützt. Allen voran die selbstständigen Einzelhändler, ohne deren Einwilligung zur Veröffentlichung der Messergebnisse diese Studie nicht möglich gewesen wäre.

Mein herzlicher Dank gilt:

Herr Manfred Bichlmeier, Trostberg

Herr Georg Bräumann, Fridolfing

Herr Michael Dorrer, Bischofswiesen

Herr Max Huber, Grabenstätt

Herr Sedat Karavil, Obing

Herr Peter Klück, Traunreut

Herr Florian Kohl, Rötz

Frau Ellen Meyer, Marienberg

Frau Marion Müller, Zwönitz

Herr Anton Namberger, Traunstein

Herr Wolfgang Luksch, Würzburg

Herr Joseph Pfeilstetter, Grabenstätt

Herr Manfred Pohlner, Schönau am Königssee

Herr Hermann Schliermann, Dettelbach

Frau Cornelia Schlund, Ottobrunn

Frau Angelika Schweiger, Rosenheim

Herr Thorsten Spitt, Markt Schwaben

Frau Eva Straubinger, Haiming

Herr Tobias Stubhann, Surheim

Herr Herbert Franz Wallner, Kirchanschöring

Herr Frank Weber, Nürnberg

Mein Dank gilt auch unserem gesamten Energieeffizienz-Team, das wichtige Hinweise gegeben, mit seinen Beiträgen die Diskussionen bereichert und letztendlich die Studie in dieser Form ermöglicht hat. Besonders erwähnen möchte ich Herrn Martin Winkler, der mir bei verfahrenstechnischen Fragen zur Seite stand, und Herrn Alexander Fuchs, der mir Arbeit bei den Wärmeberechnungen abgenommen hat. Ihnen allen nochmals vielen Dank.

Besonders möchte ich mich bei den vielen Helfern, die namentlich nicht genannt werden wollten, bedanken. Auch den Einsatz der selbstständigen Einzelhändler, die ihren fachlichen Standpunkt eingebracht haben, möchte ich nicht unerwähnt lassen. Ihnen allen meinen herzlichen Dank.

Jürgen Steinmaßl

Dr. Steinmaßl
MANAGEMENTBERATUNG

Die Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG ist eine Unternehmensberatung für kleine und mittelständische Unternehmen aller Branchen sowie für Unternehmensgründer.

Eine Unternehmensberatung, die nicht nur analysiert und berät, sondern die Umsetzung ihrer Empfehlungen aktiv mitgestaltet.

Eine Beratung, die sich als Partner an Ihrer Seite versteht und dabei den Markt nicht aus den Augen verliert.

Ihr Erfolg ist unser Ziel.

UNSERE GESCHÄFTSFELDER

- **Betriebswirtschaftliche Beratung (Strategieentwicklung, Kostensenkung)**
- **Coaching (falls Sie sich persönlich weiterentwickeln möchten)**
- **Wirtschaftsmediation (als kostengünstige Konfliktlösung)**
- **Arbeitsschutzberatung (damit Sie mehr Rechtssicherheit erlangen)**
- **Energieeffizienzberatung (so trotzen Sie den steigenden Energiekosten)**

Unternehmensberatung wird von Menschen für Menschen gemacht.
Die Chemie muss stimmen. Das bedeutet für uns:

- **Persönliche Betreuung**
- **Der Kunde steht immer im Mittelpunkt**
- **Vertraulichkeit ist unser oberstes Gebot**
- **Leistungsgerechte, faire Konditionen**
- **Absolute Praxisorientierung**
- **Zuverlässige Erledigung aller übertragenen Aufgaben**
- **Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen**

Dr. Steinmaßl MANAGEMENTBERATUNG
Kompetenz für mehr Möglichkeiten

Spitzwegstraße 7
84518 Garching an der Alz | Germany
Telefon: +49 (0)8634 627 000 1
Telefax: +49 (0)8634 627 000 3

Birkenweg 9
83373 Taching am See | Germany
Telefon: +49 (0)8681 847
Telefax: +49 (0)8681 817

E-Mail Beratung@steinmaszl.com | www.steinmaszl.com

WWW.STEINMASZL.COM