

# Betrachtung der Investitions- und Energiekosten einer Kälteanlage in einem Supermarkt

Dieter Lorenzen, Welkenraedt (Belgien)

Alle Betreiber von technischen Anlagen haben neben den Investitionskosten auch noch Betriebskosten über mehrere Jahre zu betrachten, um eine fundierte Entscheidung für die kostengünstigste Lösung ihres Bedarfs zu finden. Es setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, dass die Betriebskosten über den Lebenszeitraum der Anlage schwerer wiegen als die Erstinvestition.

untersuchen und neue Technologien bei der Auswahl von Verdichtern und Regelungstechnik zu betrachten.

Anhand von Berechnungen werden Kälteanlagen miteinander verglichen, die auf der Verwendung von thermostatischen Einspritzventilen mit Standardverdichtern halbhermetischer Bauart basieren sowie neue Technologien mit elektronischen Reglern und elektrisch betriebenen Einspritzventilen bei der Anwendung von Scrollverdichtern. Die Kostenanalyse erfasst die angefallenen Kosten nach 2 sowie 7 Jahren, da die Amortisationszeit allgemein nicht 2 Jahre übersteigen sollte, während die durchschnittliche Laufzeit einer Kälteanlage in einem Supermarkt bei

## zum Autor

**Dieter Lorenzen,**  
Director  
Communications,  
Emerson Climate  
Technologies,  
Copeland SA,  
Welkenraedt  
(Belgien)



ca. 7 Jahren liegen dürfte. Anhand der Grafiken (Bilder 2 und 3) wird deutlich, welcher hohen Anteil die Energiekosten gegenüber den Investitionskosten einnehmen.

Die richtige Bestimmung des **theoretischen Betriebspunktes**, der sich im Jahresdurchschnitt einstellen wird, ist entscheidend bei der Berechnung möglicher Energieeinsparpotentiale der Anlage. Der **Auslegungspunkt**, der den maximalen Kältebedarf abdeckt, wird hingegen nur selten gefahren. Deshalb beeinflusst er die Investitionskosten mehr als die Verbrauchskosten.

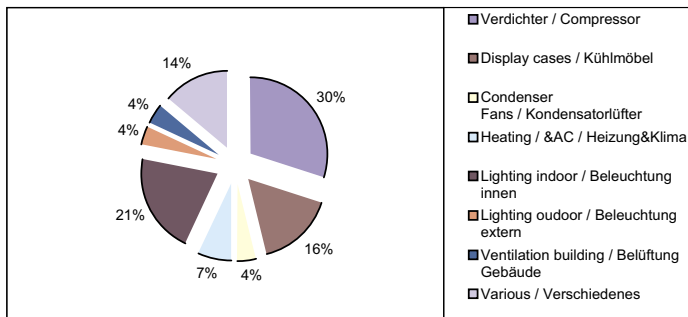


Bild 1 Energieverbrauchsverteilung in einem Supermarkt

Um ein klares Bild zu erhalten, müssen die verschiedenen Fakten und auch Entscheidungsgründe betrachtet werden. Dies soll beispielhaft an einer Kälteanlage für einen Supermarkt aufgezeigt werden, vor dem Hintergrund verschiedener Technologien, die zum Einsatz kommen könnten. Das Diagramm (Bild 1) zeigt die elektrische Energieverbrauchsverteilung in einem Supermarkt. Zum Betreiben der Kälteanlage wird insgesamt fast 50% der gesamten Energie verbraucht. Die Verdichter zur Kälteerzeugung sind mit Abstand die größten Einzelverbraucher, daneben müssen noch die Kühlmöbel und -räume mit 16% berücksichtigt werden, die sich aus der Abtauung, der Scheibenheizung und der Beleuchtung ergeben. Es lohnt sich deshalb, die Kälteanlage einmal näher nach Einsparmöglichkeiten zu

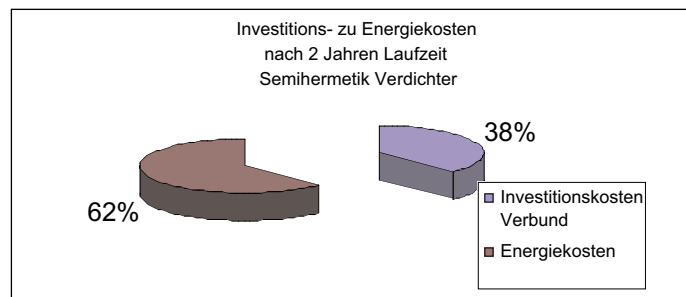


Bild 2 Verhältnis Investitions- und Energiekosten nach 2 Jahren Betriebszeit

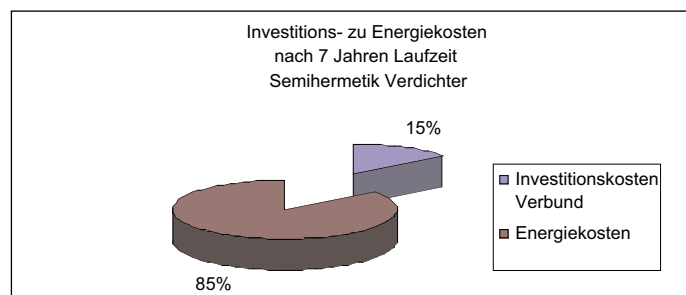


Bild 3 Verhältnis Investitions- und Energiekosten nach 7 Jahren Betriebszeit

Für die Berechnung wird davon ausgegangen, dass sich der Kältebedarf in einem Supermarkt nicht sehr ändert im Laufe des Jahres, die Energiekosten entsprechend der veränderlichen Außentemperaturen ermittelt werden, ausgehend vom Auslegungspunkt.

Typische Auslegungspunkte für die Dimensionierung der Kälteanlage sind die in Tabelle 1 dargestellten Werte.

Wird mit einem konstanten  $\Delta t=10\text{K}$  zwischen Umgebungs- und Verflüssigungstemperatur gerechnet, so würde der Betriebspunkt im Jahresdurchschnitt bei

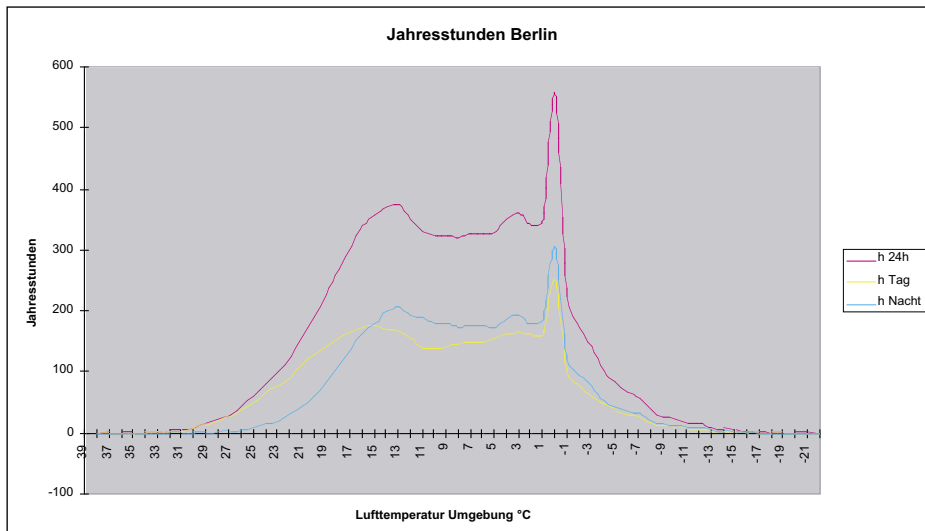


Bild 4 Jahresstunden-Temperaturverlauf, Tag und Nacht, Beispiel Berlin

Das langjährige Durchschnittsprofil pro Monat führt zu ca.  $8,8^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur im Jahresmittel, wobei tags der Durchschnitt bei  $10^\circ\text{C}$  und nachts bei  $7,6^\circ\text{C}$  liegt. Zur Berechnung von Energieverbrauchswerten wurde mit einem vereinfachten Temperaturprofil gerechnet, welches sich auf die einzelnen Monate mit den jeweiligen Durchschnittstemperaturen bezieht.

einer Verflüssigungstemperatur von  $18,8^\circ\text{C}$  liegen. Wird für den Auslegungspunkt eine Verflüssigungstemperatur von ca.  $42^\circ\text{C}$  gefordert, so wird deutlich, wie weit der Auslegungspunkt vom theoretischen Betriebspunkt entfernt ist, der aber wichtig zur Energieverbrauchserfassung ist. Eine Anlage sollte hierfür optimiert sein und dabei in der Lage sein, auch noch Spitzentemperaturen bezieht.

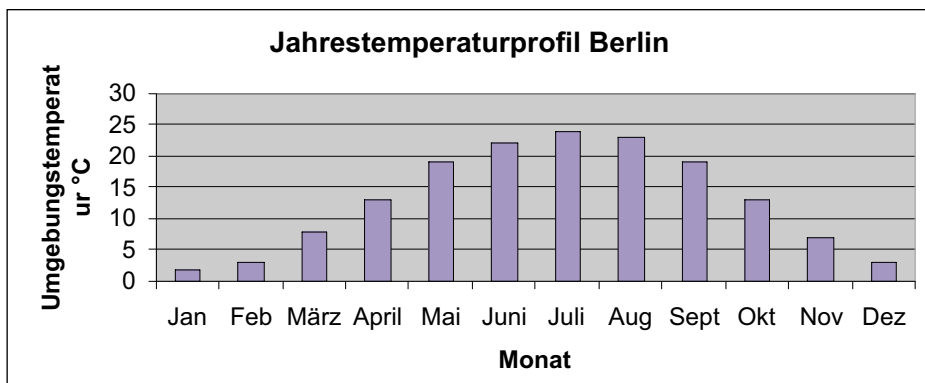


Bild 5 Jahrestemperaturprofil, Beispiel Berlin

Auslegungswerte	NK	TK
Verdampfungstemperatur $^\circ\text{C}$	- 12	- 37
Verflüssigungstemperatur $^\circ\text{C}$	42	42
Überhitzung K	20	20
Unterkühlung K	2	22
Kältemittel	R 404 A	R 404 A

Tabelle 1

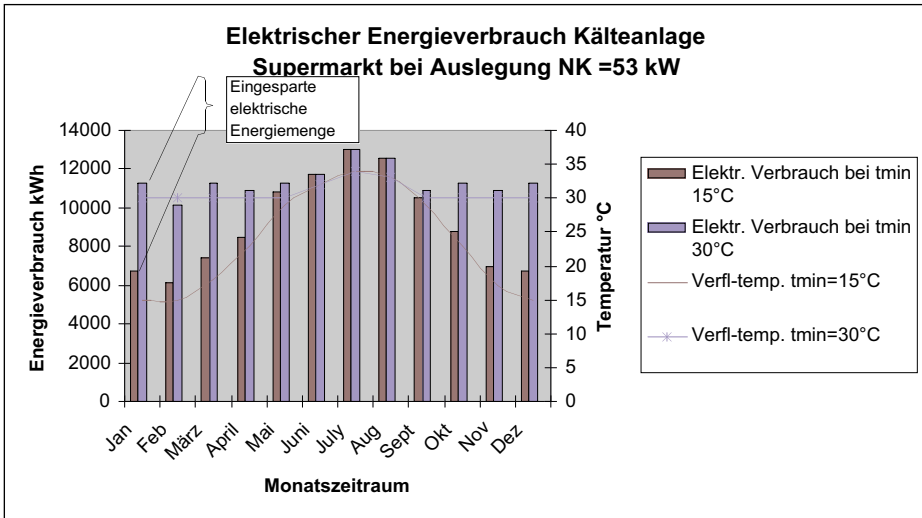


Bild 6 Energieeinsparmöglichkeiten durch Absenkung des Verflüssigungsdrucks in der Verbundanlage eines Supermarkts

lasten zu bewältigen. Grundsätzlich sollte die Verflüssigungstemperatur so nahe wie möglich an die Umgebungstemperatur geführt werden. Hierbei gibt es aber technische und finanzielle Grenzen. Bei einem

gegebenen Verflüssiger muss der Anwendungsbereich des Verdichters sowie das zum Betreiben des Expansionsventils erforderliche Mindestdruckverhältnis  $p_c/p_o$  beachtet werden.

Hier bieten elektrisch betriebene Expansionsventile deutliche Vorteile gegenüber den thermostatischen Ventilen. Der zur Überwindung der Federvorspannung zum Öffnen erforderliche Verflüssigungsdruck ist nicht erforderlich. Das Ventil wird elektrisch betrieben und öffnet ohne Vordruck und arbeitet dabei einwandfrei.

Der Verflüssigungsdruck kann somit von üblichen 13 bar (g) gesenkt werden auf ca. 8,5 bar (g), dies entspricht einer Absenkung der Verflüssigungstemperatur von ca. 30°C auf 15°C. Die Energieeinsparung wird beispielhaft anhand von der in Bild 6 dargestellten Grafik deutlich.

Es ist einfach zu verstehen, dass der Energieverbrauch eines Verdichters geringer wird, je weniger Verdichtungsarbeit verrichtet werden muss. Dies gilt für alle Typen und Bauarten, ebenso wie die Tatsache, dass der COP-Wert steigt, also das Verhältnis von Kälteleistung zu verbrauchter elektrischer Leistung.

Hier gibt es aber bauartbedingt einige Unterschiede, die der Betreiber sich zunutze machen kann.

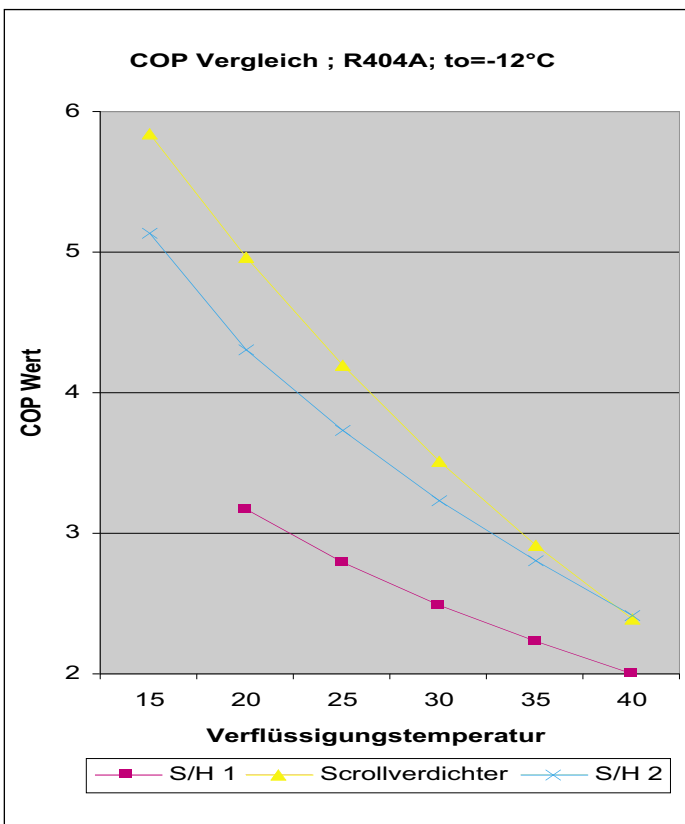


Bild 7 COP-Vergleich Scroll- und Hubkolbenverdichter in einer Verbundanlage

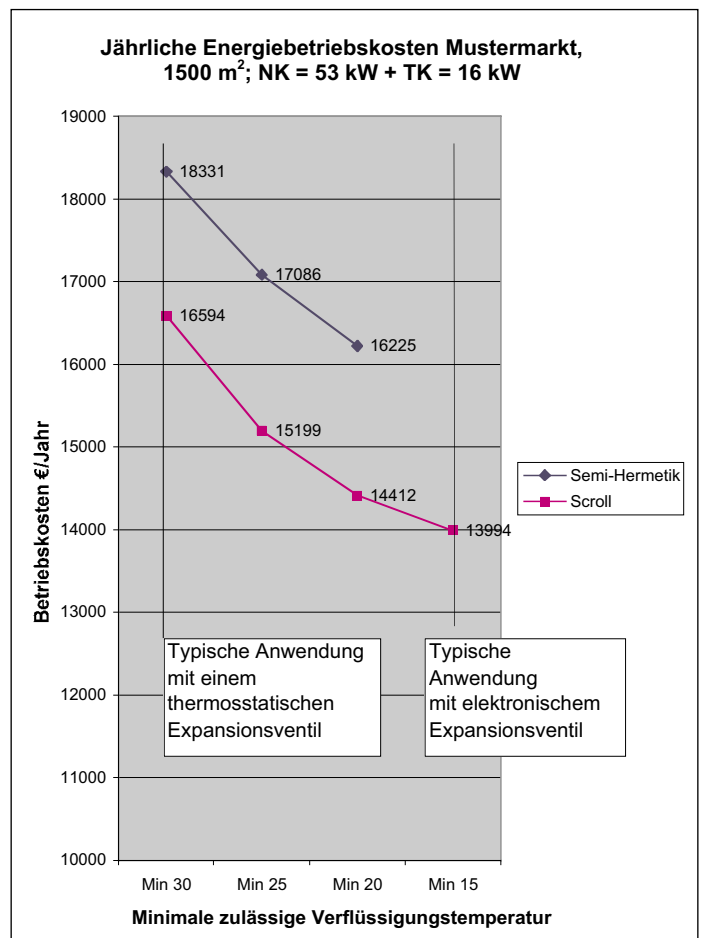


Bild 8 Energiebetriebskostenvergleich bei unterschiedlichem Verdichter-Einsatz in einer Verbundanlage

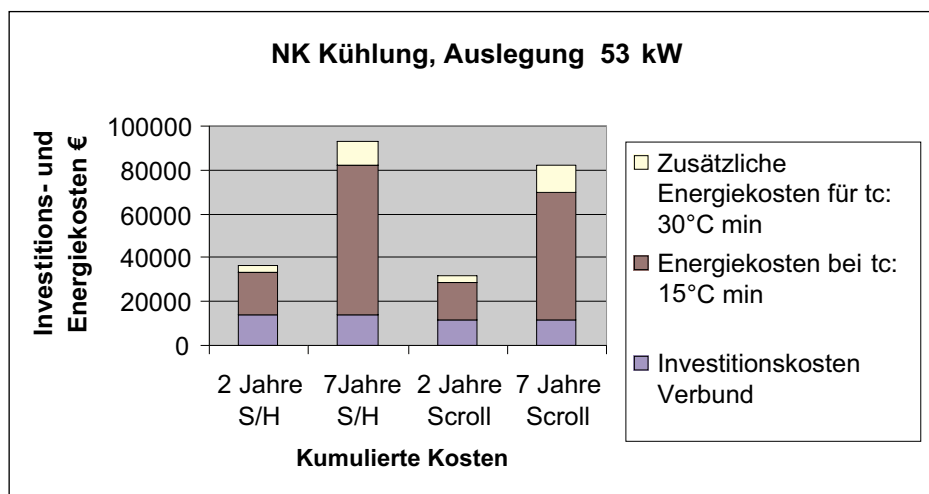


Bild 9 Kostenvergleich unterschiedlicher Verdichtereinsatz im Supermarkt, Verbundanlage Normalkühlung

Scrollverdichter sind optimiert für relativ niedrige Druckverhältnisse und gewinnen gegenüber Hubkolbenverdichtern an Wirksamkeit.

Bringt man obige Erkenntnisse zusammen, so folgt daraus, dass man mit elektrisch betriebenen Expansionsventilen den erforderlichen Verflüssigungsdruck senken kann und dann Scroll einsetzen sollte, da diese für solche Anwendungen die besten Ergebnisse bringen.

Hierzu eine Übersicht (Bild 7) über die jährlichen Energiekosten für einen Supermarkt mit einer Verkaufsfläche von ca. 1500 m<sup>2</sup>, dargestellt an unterschiedlichen minimal erforderlichen Verflüssigungsdrücken und verschiedenen Verdichtertypen.

Dieser Umstand ist umso günstiger, als dass die Investitionsmehrkosten aufgrund der elektronischen Regelung durch Minderkosten bei den Scrollverdichtern teilweise kompensiert werden, so dass unter dem Strich die Gesamtkosten spätestens

nach 7 Jahren deutliche Vorteile bieten, abhängig von der Kälteanlage oft auch schon innerhalb von 2 Jahren sich amortisieren, wie aus der Grafik ersichtlich wird.

Die Energiekosten für die Normalkühlung betragen ca. das 1,5-fache der Kosten für die Tiefkühlung.

Vergleicht man abschließend die beiden Systeme „Semihermetischer Verdichter und thermostatische Einspritzventile“ mit „Scrollverdichtern und elektrisch aktivierten Einspritzventilen“, so wird deutlich, dass hier wesentliche Kostensenkungspotentiale für den Endkunden bestehen, die in erster Linie aus niedrigeren Energieverbrauchsdaten entstehen.

Die schon nach 2 Jahren eingesparten Kosten bei den Verdichterverbunanlagen und Energiekosten reichen völlig aus, um Mehrkosten bei der Verwendung der elektronischen Regler und entsprechender Ventile auszugleichen. In der Regel sollten ca. 50% der Einsparung nach 2 Jahren ausreichen, um diese Mehrkosten abzudecken. Dies hängt natürlich von der individuellen Preisgestaltung mit dem Kunden ab, weswegen hier nur Schätzwerte gegeben werden sollen. Für den gesamten

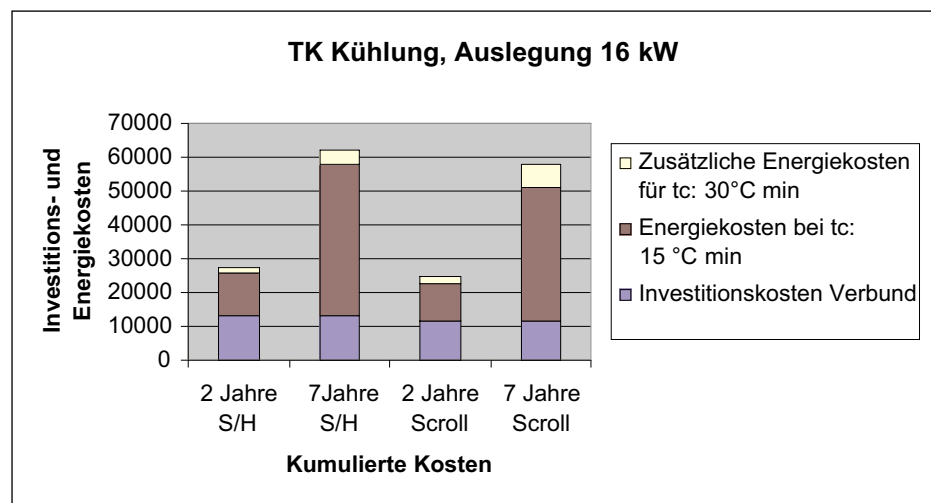
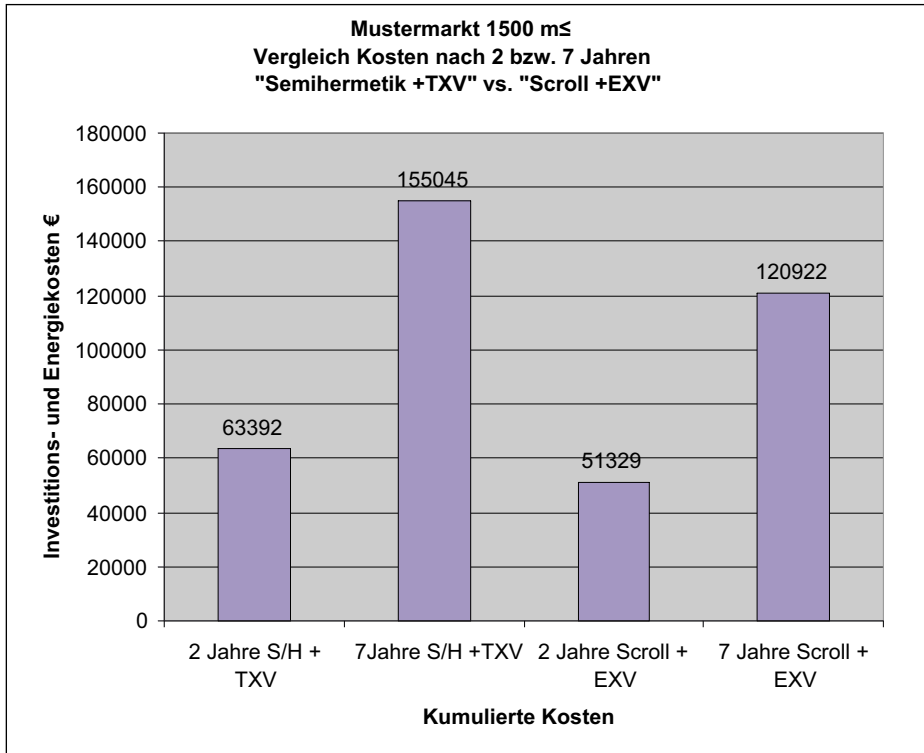


Bild 10 Kostenvergleich unterschiedlicher Verdichtereinsatz im Supermarkt, Verbundanlage Tiefkühlung



*Bild 11 Kostengegenüberstellung (2 Jahre/7 Jahre) bei unterschiedlichem Verdichter- und Expansionsventil-Einsatz in einem (Muster)Supermarkt mit 1500 m<sup>2</sup> Verkaufsfläche*

Investitionszyklus von 7 Jahren sind in jedem Falle deutliche Kostenvorteile bei der Verwendung einer energieeffizienten Regelung und Scroll-Verbundanlage zu erkennen, im vorhergehend herangezogenen Beispiel mehr als 34000 €.

Nicht eingeflossen in diese Betrachtung sind bisher die bessere Temperaturführung im Möbel, die zu einer durchschnittlichen Anhebung der Verdampfungstemperatur von 1 bis 2 K führt und damit weitere 5 % einsparen kann. □

**Quelle:**  
 Verdichterauswahlprogramm Select 4.1 und Bitzer 3.1  
 Energiekosten 8Cent kWh