

Unterlagen wurden für Sie zusammengestellt von



zum Thema

# Energiekennzahlen und -sarpotenziale in Brauereien

erstellt im Auftrag von

Wirtschaftskammer OÖ,  
Ökologische Betriebsberatung  
&  
O.Ö. Energiesparverband

erschienen  
2000

**WINenergy! ist eine Gemeinschaftsinitiative von:**



# **BRANCHENKONZEPT**

## **ENERGIEKENNZAHLEN UND –SPARPOTENTIALE FÜR BRAUEREIEN**

**Eine Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energiesparverband,  
WIFI Ökoberatung und Wirtschaftskammer OÖ.**

Dipl.-Ing. Peter Sattler  
Sattler energie consulting  
Satoristraße 22, A-4810 Gmunden

Linz, im Juli 2000

## **ENERGIEKENNZAHLEN UND -SPARPOTENTIALE FÜR BRAUEREIEN**

*Dieses Energie-Branchenkonzept basiert auf Pilotberatungen, die in Brauereibetrieben im Frühjahr/Sommer 1999 auf Basis von Daten der Jahre 1997 und 1998 von folgenden Energieberatern durchgeführt wurden:*

- \* Sattler Energie Consulting
- \* Schreiner Consulting
- \* SCS
- \* Energieinstitut Linz

*Die oberösterreichischen Stromversorger Energie AG und ESG haben weiters Lastganglinien der untersuchten Betriebe zur Verfügung gestellt. Dies hat die Beurteilung der Umsetzungsmöglichkeiten von Einsparvorschlägen wesentlich erleichtert.*

*Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotberatungen sowie die Ausarbeitung des vorliegenden Konzeptes erfolgte durch sattler energie consulting im Auftrag des O.Ö. Energiesparverbandes und der Ökologischen Betriebsberatung.*

*O.Ö. Energiesparverband  
Landstraße 45, A-4020 Linz  
Tel.: +043/732/6584 - 4380  
Fax: +043/732/6584 - 4383*

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

*Wirtschaftskammer Oberösterreich  
Energiewirtschaft und Energietechnik  
Hessenplatz 3, A-4010 Linz  
Tel.: +043/732/78 00 - 628  
Fax: +043/732/78 00 - 587*

*Nachdruck, Vervielfältigung und Verbreitung jeglicher Art ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Wirtschaftskammer OÖ zulässig. Trotz sorgfältigster Bearbeitung wird für die Ausführungen keine Gewähr übernommen und eine Haftung des Autors oder der Wirtschaftskammer OÖ ausgeschlossen.*

## ***Inhaltsverzeichnis***

1.	Die Situation der Brauereien in Österreich	5
1.1.	Entwicklung der Branche	5
1.2.	Entwicklung des Energieeinsatzes	6
2.	Betriebsbeschreibung	7
2.1.	Produktionsablauf	7
2.1.1.	Maischen	7
2.1.2.	Abläutern	7
2.1.3.	Kochen	7
2.1.4.	Kühlen	8
2.1.5.	Gären	8
2.1.6.	Lagern	8
2.1.7.	Filtrieren	8
2.1.8.	Abfüllen	8
2.2.	Prozess der Biererzeugung – Wärmetechnische Sicht	9
2.3.	Ablauf der Bierproduktion und eingesetzte Energie	9
3.	Betriebsanalyse	11
3.1.	Untersuchte Betriebe	11
3.2.	Analyse aus den Abrechnungen	13
3.2.1.	Elektrische Leistung und Energie, Wärmeenergie	13
3.2.2.	Energiekosten	14
3.2.3.	Ausnutzung, Durchschnittspreis und Produktion	15
3.2.4.	Durchschnittspreis bei Wärmeenergie	16
3.2.5.	Energie und Energiekosten in Brauereien	16
3.3.	Analyse aus den Abrechnungen und den internen Aufzeichnungen	17
3.3.1.	Elektrische Energieaufteilung innerhalb eines typischen Betriebes	17
3.3.2.	Aufteilung der Wärmeenergie innerhalb eines typischen Betriebes	18
3.3.3.	Spezifischer Strombedarf	18
3.3.4.	Spezifische Stromkosten	20
3.3.5.	Spezifische Wärmeenergie	21
3.3.6.	Spezifische Wärmekosten	22
3.3.7.	Fuhrpark – Transport – Logistik	23
3.3.8.	Umsatz	23
4.	Detaillierte messtechnische Erfassung	24
4.1.	Messtechnische Analyse des elektrischen Energieverbrauches	24
4.1.1.	Gesamtlastverläufe der Betriebe	24
4.1.2.	Vielkanalige Lastganganalyse ausgewählter Betriebe	24
4.2.	Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Messungen	26

---

4.2.1.	Summenlastgänge	26
4.2.2.	Entstehung von Leistungsspitzen	27
4.2.3.	Basisbedarf	29
5.	Maßnahmen	30
5.1.	Tarife	30
5.1.1.	2-fach oder 4-fach Tarif	30
5.1.2.	Zusatztarife zu Basistarif (< 100 kW)	30
5.1.3.	Sonderregelungen	30
5.2.	Energieabgabe	31
5.3.	Lastmanagement und Blindstromkompensation	31
5.3.1.	Lastmanagement	31
5.3.2.	Praktische Anwendung	31
5.3.3.	Blindstromkompensation	35
5.4.	Effizienzsteigerung	36
5.4.1.	Auslastung	36
5.4.2.	Kühlanlage	37
5.4.3.	Druckluft	38
5.4.4.	Ventilatoren	40
5.4.5.	Dachrinnenheizung	40
5.4.6.	Pumpen	41
5.5.	Einsparungen Wärmetechnik	41
5.5.1.	Sudhaus	42
5.5.1.1.	Wärmetauscher ablaufende Würze / zulaufendes Frischwasser	42
5.5.1.2.	Pfanddunstkondensator (Pfaduko)	42
5.5.1.3.	Brüdenverdichtung	43
5.5.1.4.	Druckkochen	44
5.5.2.	Kesselanlage	44
5.5.3.	Abfüllung	45
5.5.4.	Sonstige wärmetechnische Maßnahmen	45
5.6.	Energiemanagement	46
5.7.	Kraft – Wärme – Kopplung	47
5.8.	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Absorptionskälteanlagen	48
5.9.	Transport und Logistik	49
5.10.	Zusammenfassung der Sparpotentiale	50

# 1. Die Situation der Brauereien in Österreich

## 1.1. Entwicklung der Branche

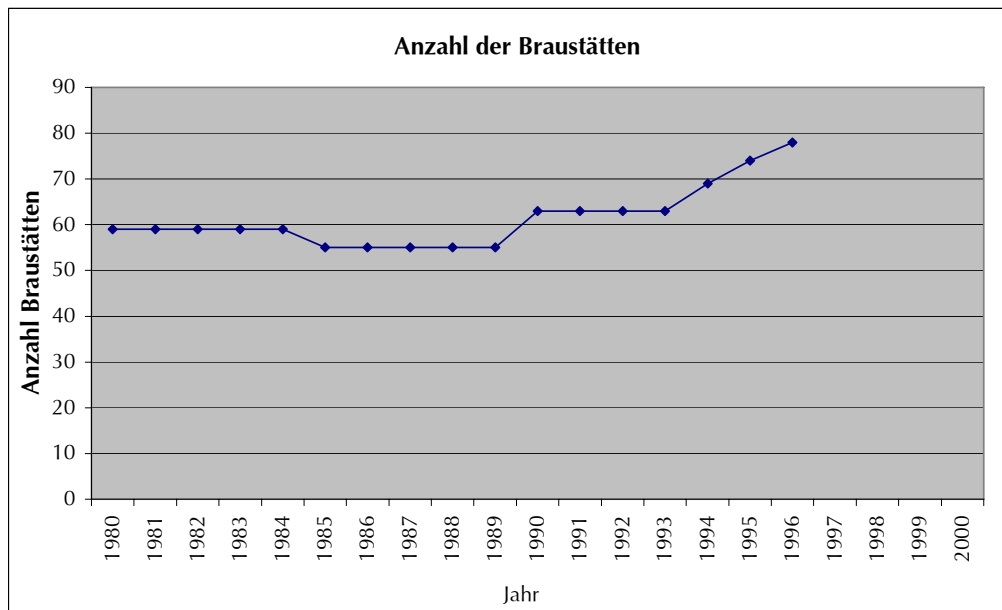


Abb.1: Entwicklung der Anzahl der Braustätten

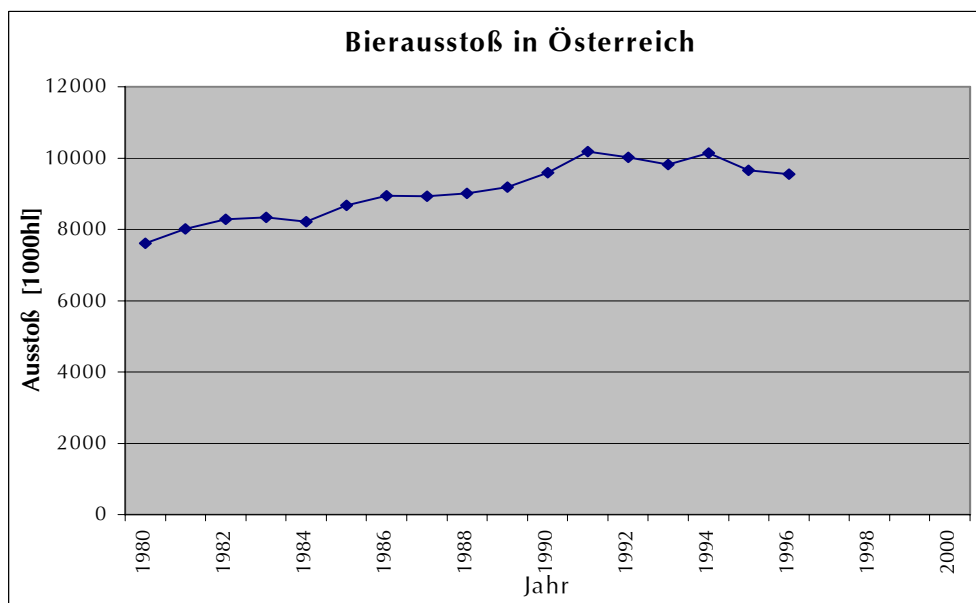


Abb.2.: Entwicklung der Bierproduktion

Sowohl die Anzahl der Brauereien als auch die Bierproduktion haben seit 1980 deutlich zugenommen. Jedoch ist in den letzten Jahren das konstante Wachstum der Branche durch die herabgesetzten Grenzwerte der erlaubten Promillegrenze im Straßenverkehr deutlich eingebremst worden. Als Gegenstrategie werden von vielen Brauereien vermehrt alkoholfreie Biere und Leichtbiere angeboten.

## 1.2. Entwicklung des Energieeinsatzes

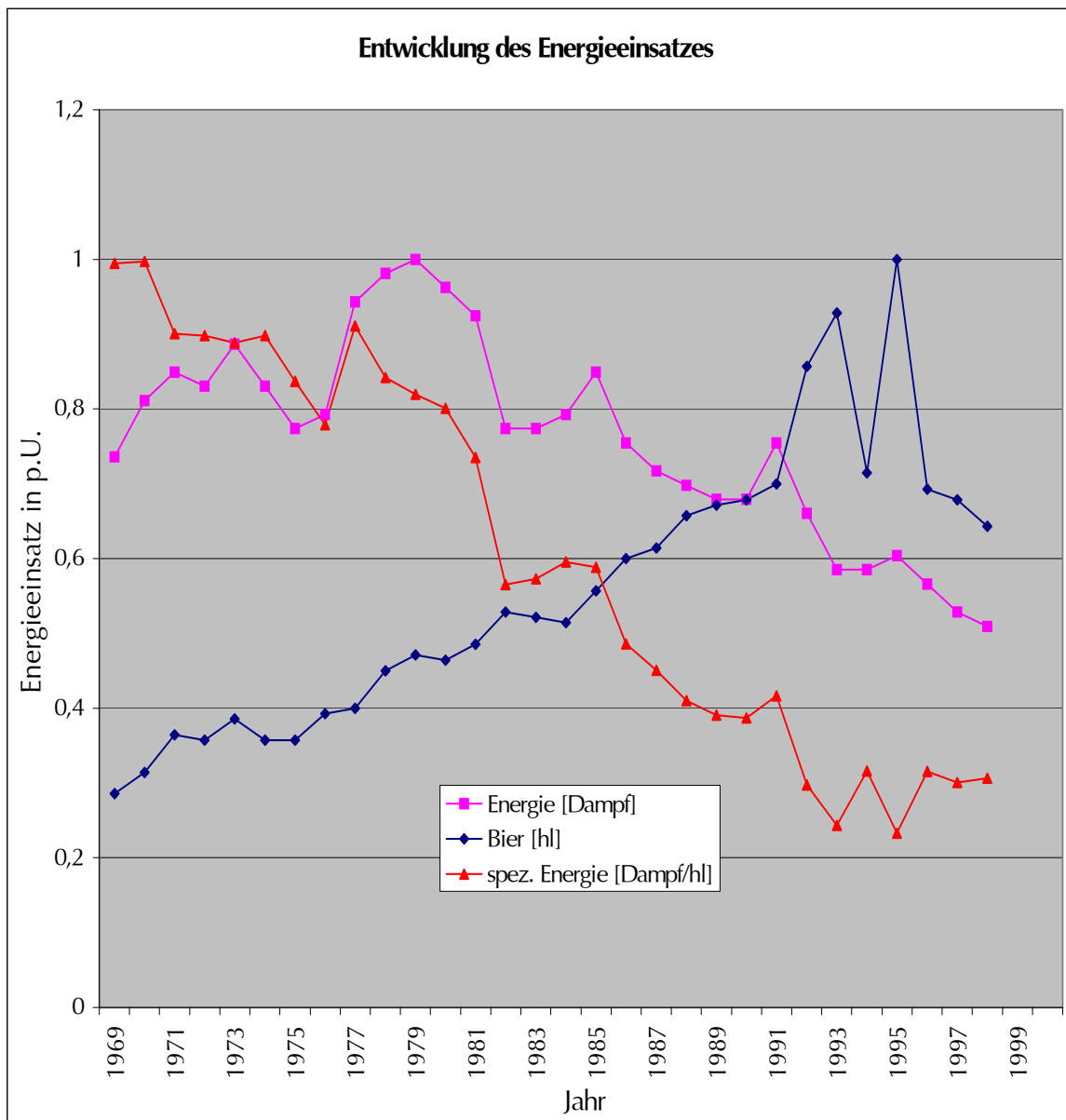


Abb.3: Entwicklung von Produktion und Energieeinsatz sowie spezifischer Energie

Im Bereich des Energieeinsatzes (hier am Beispiel der Wärmeenergie einer vorbildlich geführten Brauerei) wurde trotz verdoppelter Produktion der Energieverbrauch halbiert, sodass der spezifische Energieeinsatz seit 1980 auf ein Viertel gefallen ist.

## 2. Betriebsbeschreibung

### 2.1. Produktionsablauf

Um ein wirkungsvolles Gesamtenergiekonzept erstellen zu können, muss als erstes der Produktionsablauf kennengelernt werden.

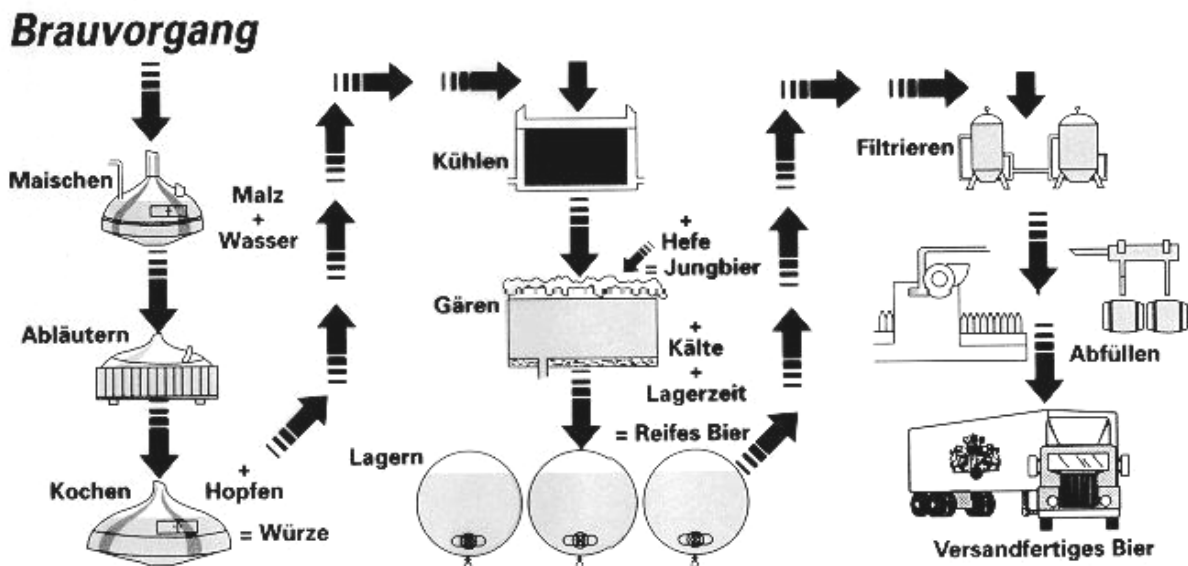


Abb.4: Graphische Darstellung des Brauvorganges

#### 2.1.1. Maischen

Das geschrotete Malz wird in der Sudpfanne mit dem Brauwasser vermischt und unter Einhaltung verschiedener Rastzeiten auf ca. 70 °C erhitzt. Dabei wird durch Enzyme die Stärke des Malzes in Malzzucker umgewandelt.

#### 2.1.2. Abläutern

Die unlöslichen Stoffe der Maische – die Trebern – werden von den flüssigen – der Würze – getrennt.

#### 2.1.3. Kochen

Die Würze wird in der Würzpfanne auf rund 100 °C aufgeköcht und durch Zugabe des Hopfens werden die Hopfenbitterstoffe ausgelöst. Durch das Entweichen von Dampf wird die Konzentration der Würze gesteuert. Die verbliebenen Inhaltsstoffe bezeichnet man als Stammwürze. Der sogenannte Heißtrub, der sich während der Kochung gebildet hat, wird in einem Whirlpool ausgeschieden.



#### **2.1.4. Kühlen**

Die noch kochend heiße Würze wird nun in einer Stunde auf die sogenannte Anstelltemperatur gekühlt. Diese beträgt 6 °C für untergärrige Hefe und 20 °C für obergärrige Hefe. Direkt nach der Kühlung wird Luft eingeblasen und die Hefe zugegeben.

#### **2.1.5. Gären**

Bei der Gärung in den Gärbehältnissen wird der Malzzucker von der Hefe in Alkohol und Kohlensäure gespalten. Die Steuerung wird durch die Kühlung bewirkt.

#### **2.1.6. Lagern**

Das Jungbier kommt nun mit einer Temperatur um 0 °C zwischen 2 (Märzen- oder Lagerbiere) und 6 Monate (Bockbiere) in den Lagerkeller zur Nachgärung. Hier bildet das Bier langsam sein Aroma.

#### **2.1.7. Filtrieren**

Trübende Bestandteile wie Hefereste werden entfernt. Zwicklbiere werden nicht, hefe-trübe Weizenbiere nur grob gefiltert.

#### **2.1.8. Abfüllen**

Das Bier wird in die verschiedenen Gebinde – Flaschen, Dosen, Fässer – gefüllt.

## 2.2. Prozess der Biererzeugung – Wärmetechnische Sicht

Abb.5.: Brauprozeß und Kälte/Wärmeeinsatz

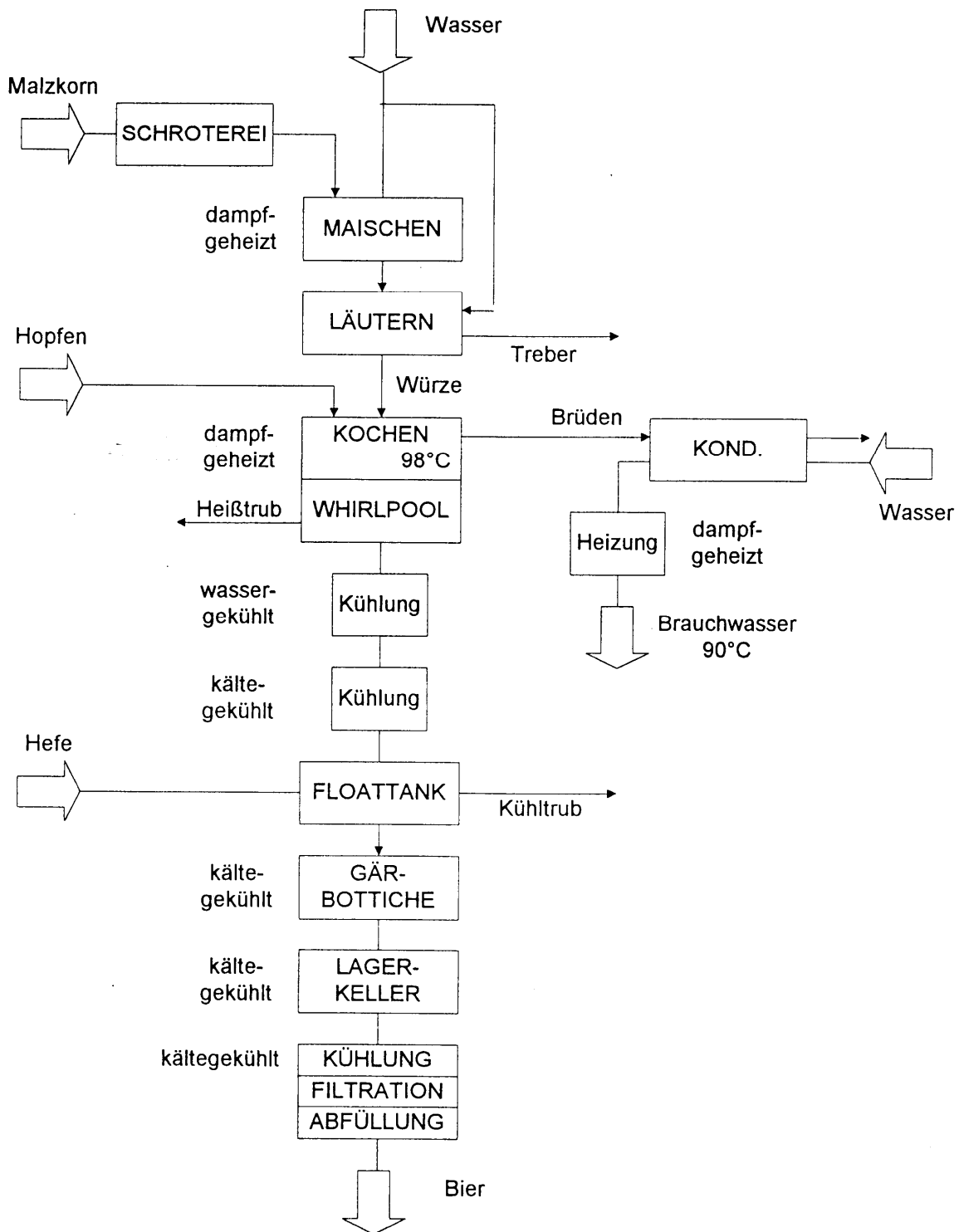
Abbildung 5 zeigt den Produktionsablauf aus der Sicht der Wärmetechnik, wobei zu erkennen ist, in welchen Bereichen und Arbeitsschritten Kälte und Wärme benötigt werden.

## 2.3. Ablauf der Bierproduktion und eingesetzte Energie

Maischen							
Läutern							
Würzekochen							
Hopfenseiher							
Heißtrub entfernen							
Würzekühlung							
Kühltrub entfernen							
Hefe anstellen							
Hauptgärung							
Lagerung - Reifung							
Filtration							
Abfüllung							
Energieart	Wärme	Abwärme	Wasser	Kälte	Antriebe	Druckluft	CO2
Energieträger	Gas,Öl,.....			Strom			

Abb.6: Energieart und Energieträger sowie deren Einsatz in den einzelnen Produktionsabschnitten eines Brauvorganges

Dieses Bild zeigt die einzelnen Arbeitsschritte der Bierproduktion und die jeweils eingesetzten Energiearten (inklusive nutzbarer Abwärme) sowie deren Erzeugung aus den einzelnen Energieträgern.



### 3. Betriebsanalyse

#### 3.1. Untersuchte Betriebe

Die untersuchten Betriebe haben hinsichtlich Größe, Produktionsmenge, Zahl der Mitarbeiter, Art der Geräteausstattung, eingesetzte Verfahren bzw. eingesetzte Energieträger aber auch der im Betrieb durchgeführten Produktionsschritte eine relativ große Streuung.

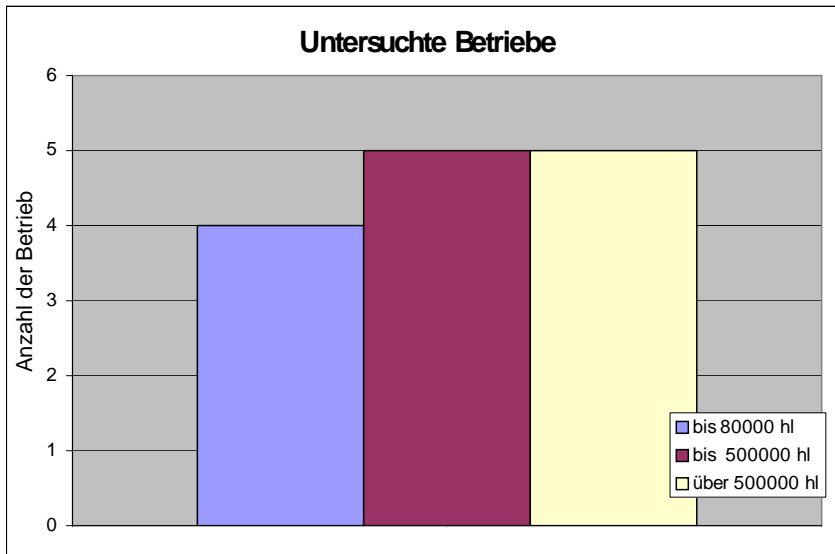


Abb.7: Anzahl der untersuchten Betriebe nach Produktionsmenge

Dementsprechend ergeben sich auch unterschiedlichste Energieverbräuche.

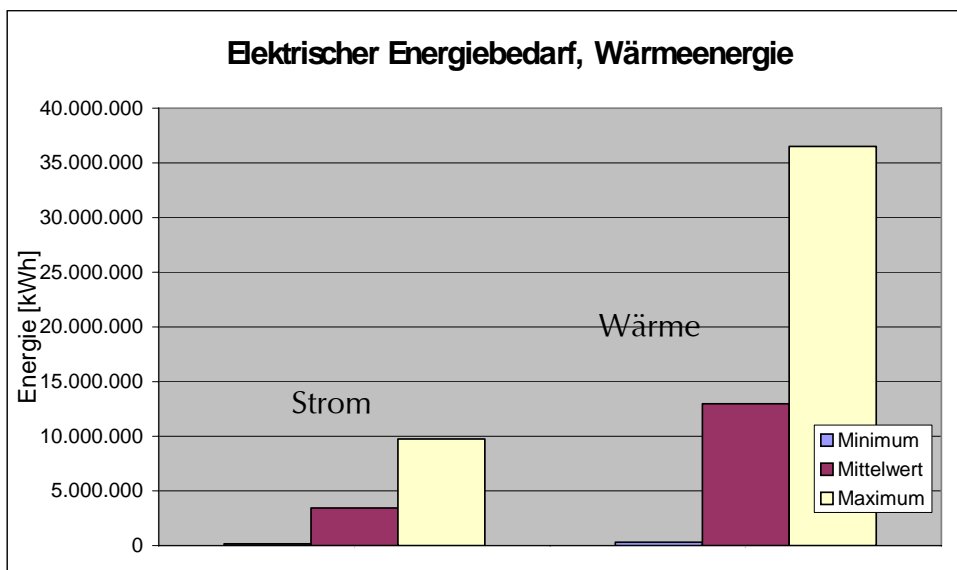


Abb.8: Unterschiedliche Energieverbräuche der einzelnen Brauereien

Um verschiedene Betriebe bezüglich der Energieeffizienz vergleichen zu können, werden Kennzahlen berechnet und graphisch dargestellt.

Kennzahlen ganz allgemein bieten die Möglichkeit einer schnellen Beurteilung eines zu untersuchenden Objekts.

Unter Energiekennzahlen versteht man Energieverbrauchsdaten bezogen auf verschiedene Bezugsgrößen (wie z. B. Energieverbrauch pro Produktionseinheit, Mitarbeiter, ...usw.). Die Ermittlung solcher Kennzahlen soll ohne großen Aufwand einen Vergleich des eigenen Energieeinsatzes mit anderen Betrieben ermöglichen.

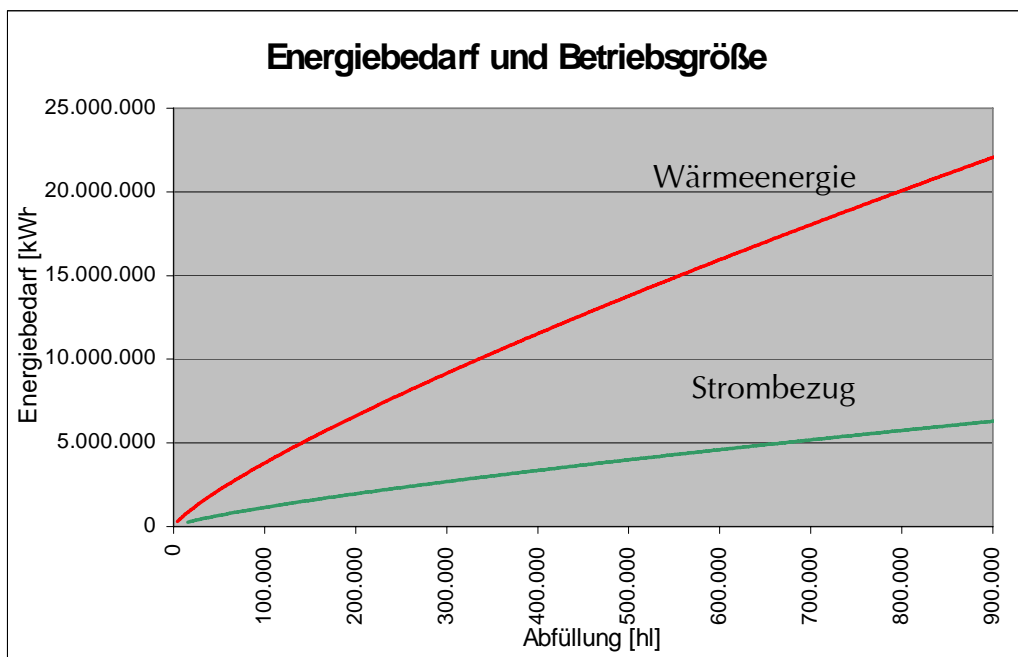


Abb.9: Gegenüberstellung von Energiebedarf und Produktion in Abhängigkeit von der Größe der Brauerei

In Abbildung 9 ist zu erkennen, wie der Energieverbrauch (Strom und Wärme) mit der Größe der Brauerei zunimmt. Da der Anstieg nicht linear ist, lässt sich schließen, dass größere Brauereien wegen der besseren Auslastung der Produktionsanlagen (kontinuierlicher Betrieb) effizienter arbeiten als kleinere (siehe dazu 5.4.1.).

## 3.2. Analyse aus den Abrechnungen

### 3.2.1. Elektrische Leistung und Energie, Wärmeenergie

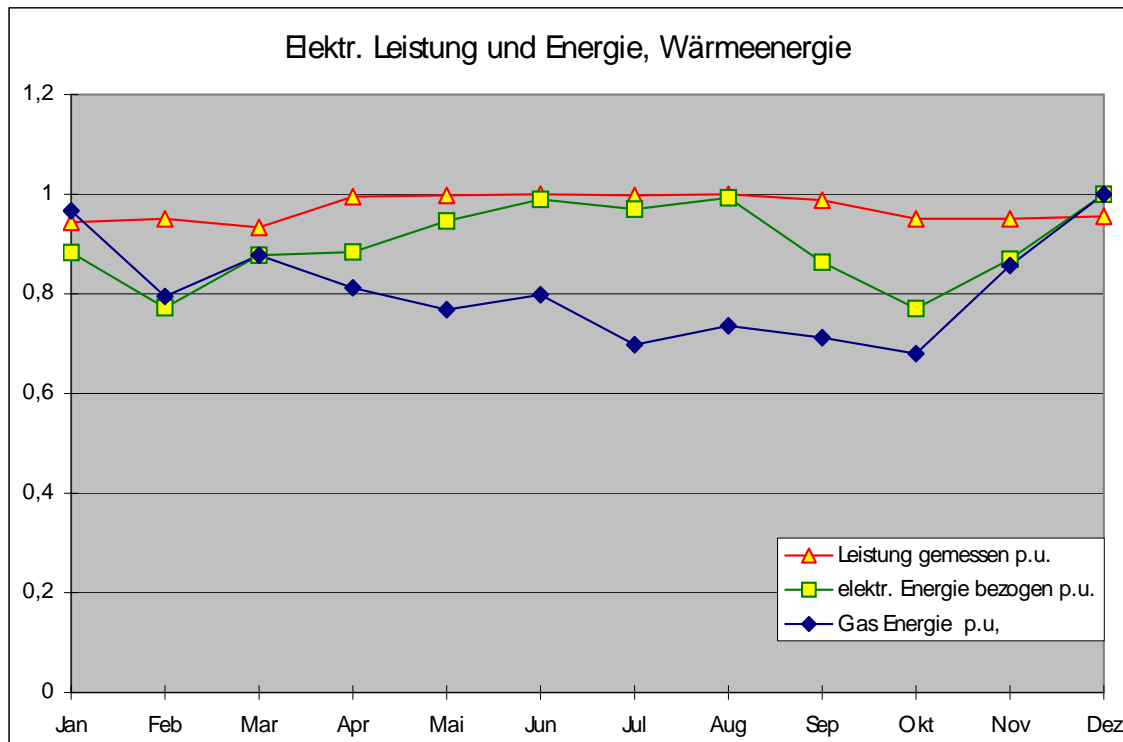


Abb.10: Jahrgang von Leistungs- und Energiebedarf

Betrachtet man den Jahrgang des elektrischen Energieverbrauchs, erkennt man ähnliche saisonale Schwankungen wie in der Produktion (siehe 3.2.3), die jedoch in den Monaten niedriger Produktion nicht so große Abweichungen vom Spitzenwert erreichen.

Der Leistungsbedarf bleibt aber über ein ganzes Jahr hinweg relativ konstant. Die gemessene elektrische Leistung erreicht in den Sommermonaten ihre Höchstwerte, was auf höhere Produktionszahlen und vor allem auf den erhöhten Kühlleistungsbedarf im Sommer zurückzuführen ist.

Der Verbrauch von Wärmeenergie ist neben der Produktion primär von den äußeren Temperaturen abhängig, wodurch sich oben dargestellte Verbrauchskennlinie ergibt.

### 3.2.2. Energiekosten

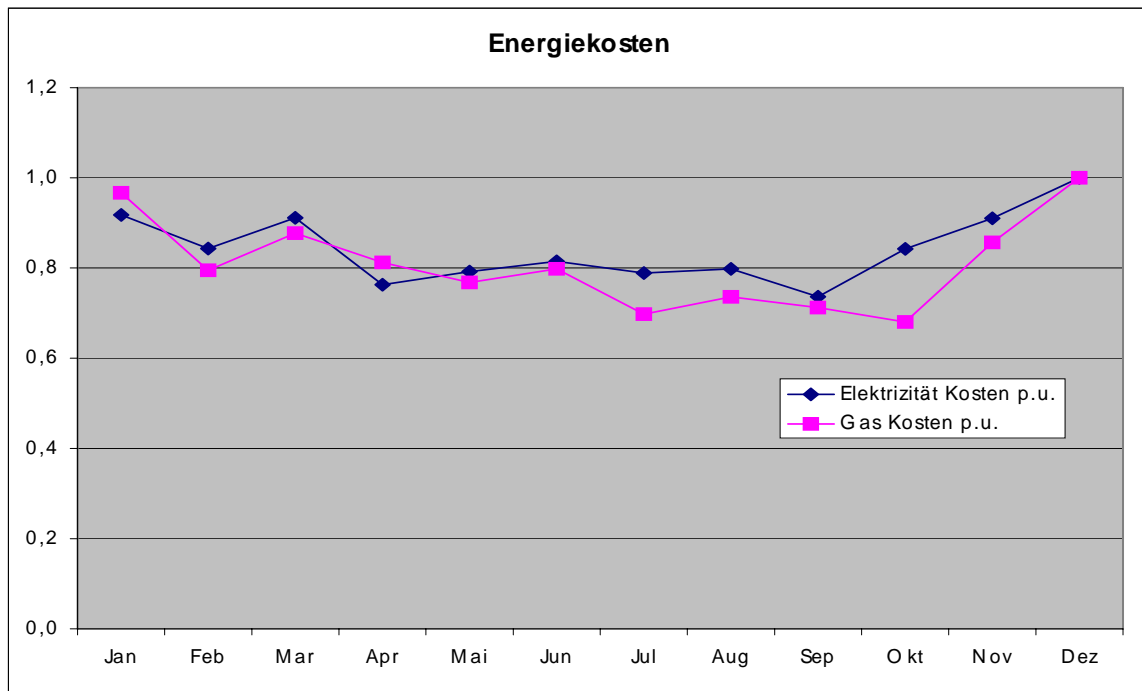


Abb.11: Jahresgang der Energiekosten

Betrachtet man den Verlauf der Kosten für die jeweiligen Energieträger, so erkennt man einen fast identischen Verlauf der jedoch verschiedene Ursachen hat:

Die Kosten für Gas/Wärmeenergie werden bei jahreszeitlich konstanten Preisen durch die verbrauchte Menge bestimmt, die wegen des zusätzlichen Raumwärmebedarfes im Winter wesentlich höher ist.

Die Kosten für elektrische Energie ergeben sich aus dem Verbrauch und den jahreszeitlich unterschiedlichen Energiepreisen. Daraus ergeben sich die höheren Kosten in den Wintermonaten.

### 3.2.3. Ausnutzung, Durchschnittspreis und Produktion

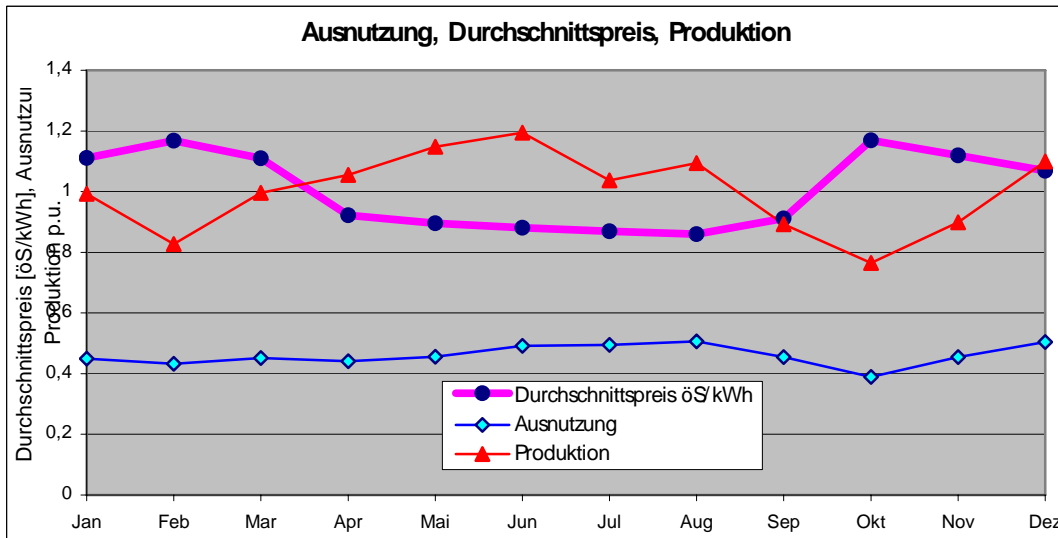


Abb.12: Ausnutzung, Durchschnittspreis und Produktion

Abbildung 12 stellt dar, wie Ausnutzung und Durchschnittspreis von der Produktion abhängen. Die Kurven von Produktion und Durchschnittspreis beziehen sich auf den Jahresdurchschnitt. Da sich der Leistungsbedarf des Betriebes über ein Jahr kaum ändert, wird im Sommer durch den erhöhten Energieverbrauch (infolge höherer Produktion und höheren Kühlleistungsbedarfes) eine höhere Ausnutzung erreicht. Zusammen mit den geringeren Energiepreisen ergibt sich im Sommer ein niedrigerer Durchschnittspreis.

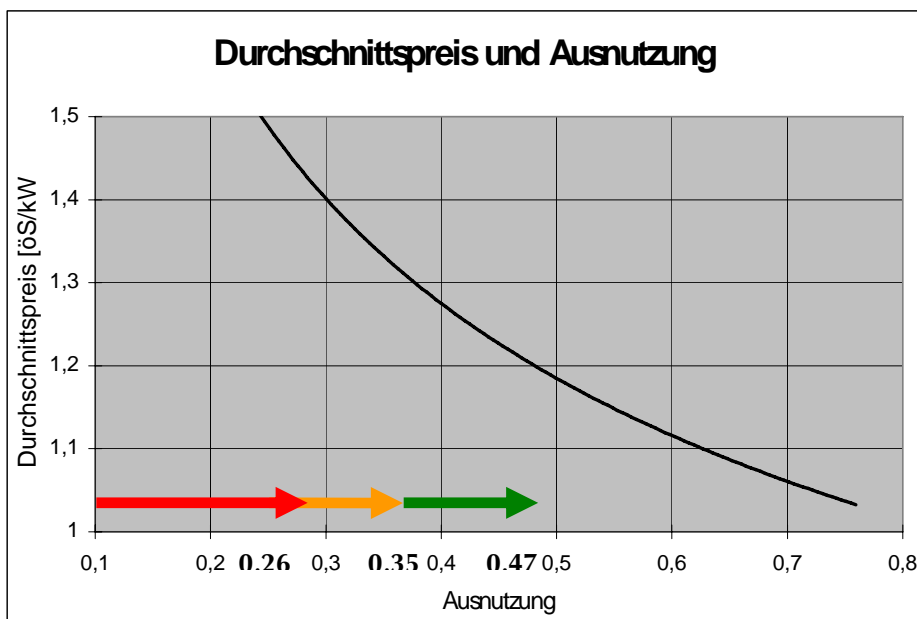


Abb.13: Zusammenhang zwischen Ausnutzung und Durchschnittspreis



Das Bild zeigt, wie durch eine bessere Ausnutzung der Jahresverrechnungsleistung (gleichmäßigere Belastung des Netzes) der durchschnittliche Preis einer Kilowattstunde Energie gesenkt wird. Grundsätzlich schwankt der Durchschnittspreis der untersuchten Brauereien für die elektrische Energie zwischen 1,22 und 1,73 öS/kWh. Die Ausnutzung liegt bei den meisten Brauereien um einen Wert von 0,4.

### 3.2.4. Durchschnittspreis bei Wärmeenergie

Bei Gas gibt es nur bei der Versorgung aus dem Hochdrucknetz eine Leistungspreiskomponente. Trotzdem ist der durchschnittliche Gaspreis bei dieser Versorgungsart geringer als bei Versorgung aus dem Niederdrucknetz, bei dem es eine einfache Mengentaffelung gibt. Bei Gas ist zu beachten, dass es zusätzlich zum Energiepreis eine Energieabgabe wie beim Strom gibt (die allerdings unter gewissen Randbedingungen rückvergütet werden kann, siehe dazu Kapitel 5.2).

Bei Öl, das oft bis 20% günstiger ist, entfällt auch diese Preiskomponente, es erfordert jedoch einen Mehraufwand bei Wartung und Service der Anlagen. Bei billigen Ölen ist zu beachten, dass hier ein beträchtlicher zusätzlicher elektrischer Energiebedarf zur Ölvorwärmung anfällt! Die spezifischen Wärmepreise der untersuchten Brauereien schwanken zwischen 0,23 öS/kWh und 0,49 öS/kWh (ohne Berücksichtigung der Wirkungsgrade).

### 3.2.5. Energie und Energiekosten in Brauereien

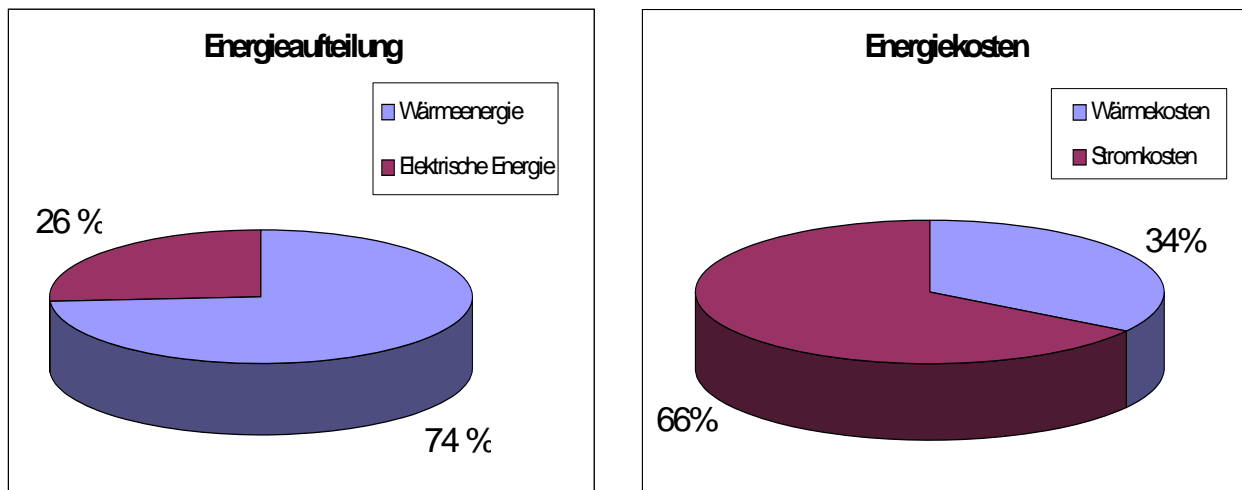


Abb.14: Energie und Energiekosten in Brauereien

Abb. 14a zeigt ein typisches Verhältnis der elektrischen Energie (26%) zur Wärmeenergie (74%), die in einer Brauerei eingesetzt wird. In Abb. 14b sieht man, dass sich die Kosten beinahe umgekehrt verhalten : die Wärmekosten betragen lediglich 34 % während die Stromkosten 66% der Energiekosten ausmachen.

Das bedeutet, dass die elektrische Energie um vieles teurer ist als die thermische Energie (etwa um den Faktor 5 – 6; siehe auch 3.2.4) und ist der Grund dafür, warum der technische Zustand der elektrotechnischen Anlagen meist deutlich besser ist als jener der wärmetechnischen Anlagen.

### 3.3. Analyse aus den Abrechnungen und den internen Aufzeichnungen

#### 3.3.1. Elektrische Energieaufteilung innerhalb eines typischen Betriebes

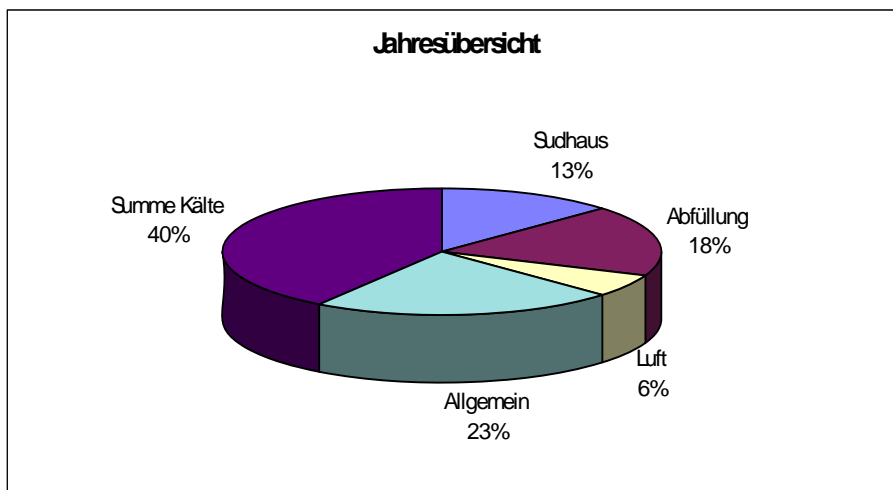


Abb.15: Aufteilung der elektrischen Energie im Betrieb (ganzjährig)

Die Aufteilung der Energieverbräuche zeigt, dass der Großteil der elektrischen Energie für die Kälteerzeugung benötigt wird. Der Bereich „Allgemein“ enthält die nicht im Detail erfassten Verbraucher des Betriebes. Doch während des Jahres ändert sich diese Aufteilung sehr stark.

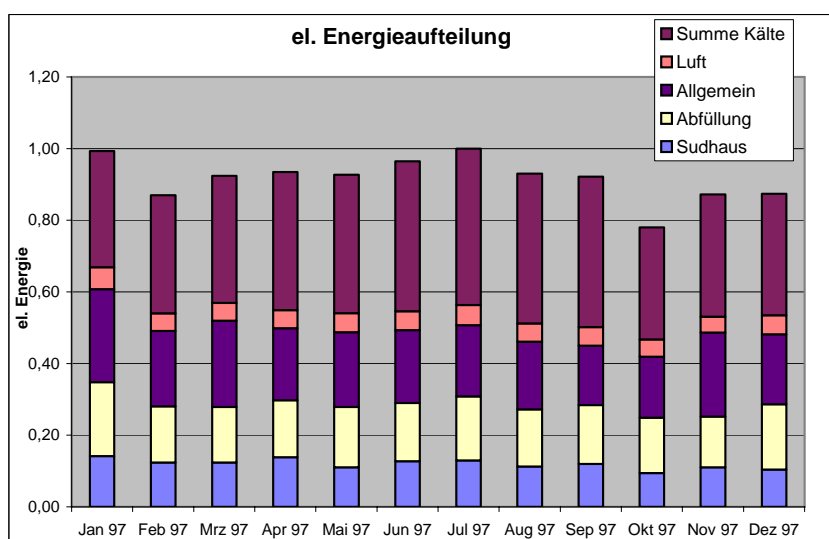


Abb.16: Aufteilung des elektrischen Energiebedarfes im Betrieb (monatlich)

Man erkennt deutlich, wie der Anteil der Kühlung während der Sommermonate an Bedeutung gewinnt (von 21% im Jänner auf 30% im August).

### 3.3.2. Aufteilung der Wärmeenergie innerhalb eines typischen Betriebes

Anders als beim internen Strombedarf wird die Aufteilung der Wärmeenergie kaum in einem Betrieb messtechnisch erfaßt. Eine Abschätzung der Aufteilung auf die einzelnen Bereiche kann daher nur rechnerisch ermittelt werden. In der Literatur werden etwa folgende Angaben gemacht :

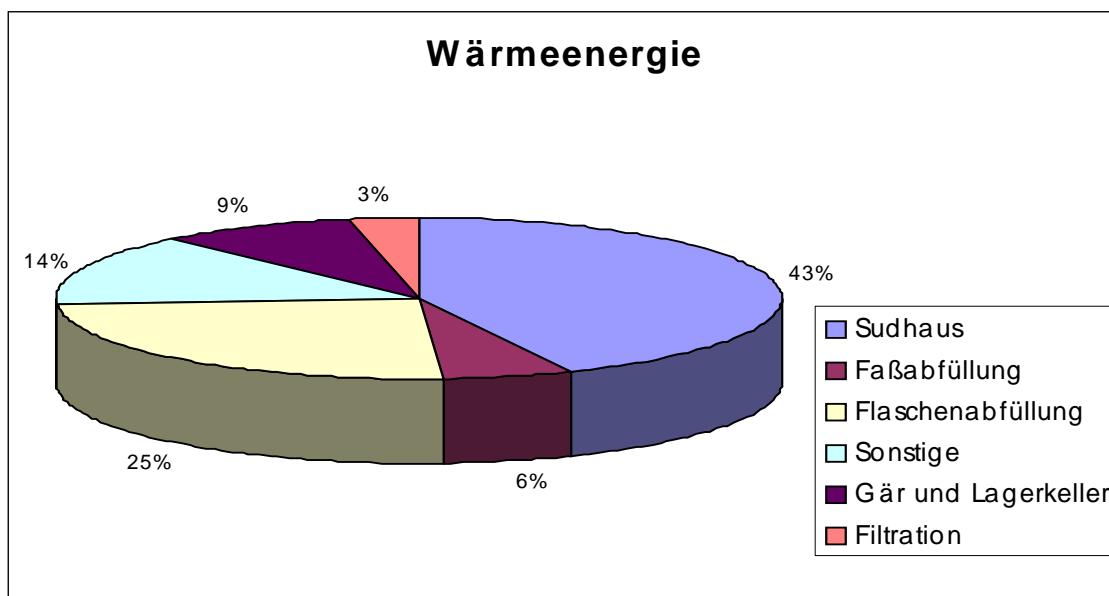


Abb.17: Aufteilung der Wärmeenergie

### 3.3.3. Spezifischer Strombedarf

Um den Einsatz der elektrischen Energie verschiedener Brauereien vergleichen zu können, wurde hier der Wert der spezifischen elektrischen Energie errechnet. Als Bezugswert wurde die tatsächlich produzierte Menge Bier herangezogen.

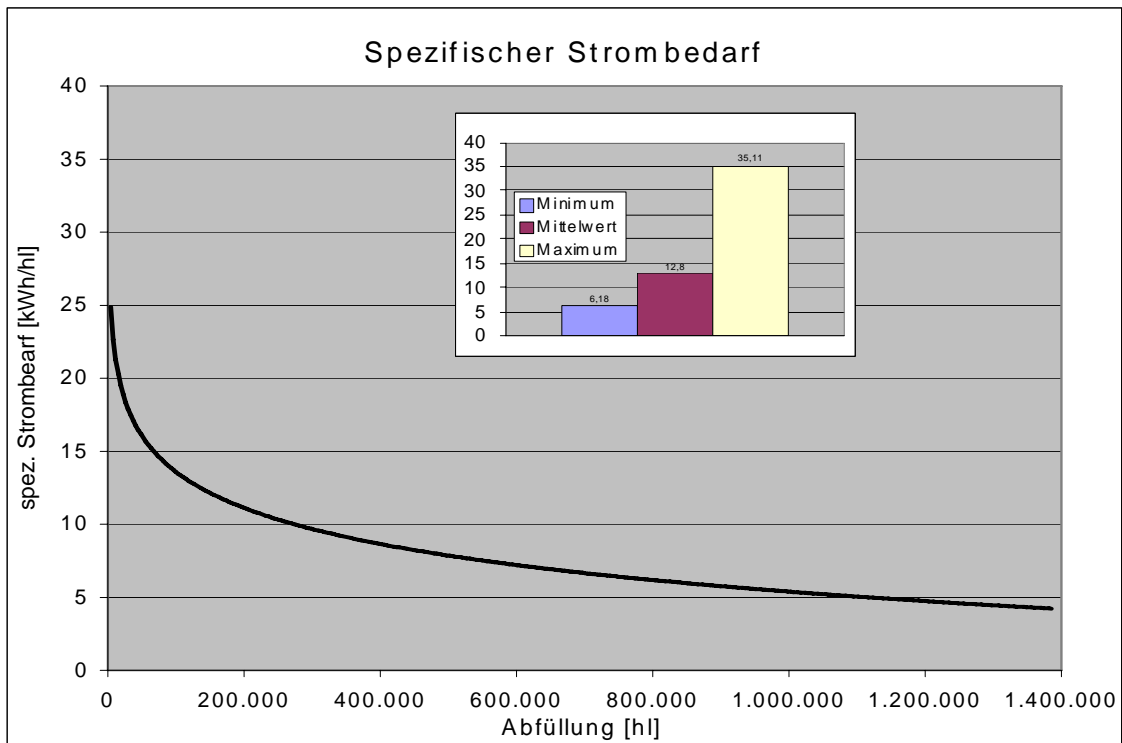


Abb.18: Spezifischer Strombedarf in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

Es ist deutlich zu sehen, wie der spezifische elektrische Energieverbrauch mit der Höhe der abgefüllten Menge bzw. mit der Auslastung der Ressourcen, und damit mit der Größe des Betriebes sinkt. Die Werte schwanken zwischen 4,5 und 35 kWh/hl. Als Richtwerte können folgende Werte herangezogen werden:

bis 50.000 hl/a	bis 25 kWh/hl
bis 500.000 hl/a	bis 15 kWh/hl
über 500.000 hl/a	bis 8 kWh/hl

Dies sind Richtwerte, die je nach Betrieb angestrebt werden sollten. Speziell bei kleineren Brauereien ist es jedoch nicht immer möglich, diese Werte zu erreichen, weil es dazu notwendig wäre, die gesamte technische Ausstattung auszuwechseln.

### 3.3.4. Spezifische Stromkosten

Auch die Kosten für elektrische Energie werden von der Größe des Betriebes bestimmt. Hier kommen die Unterschiede der Tarife zum Tragen.

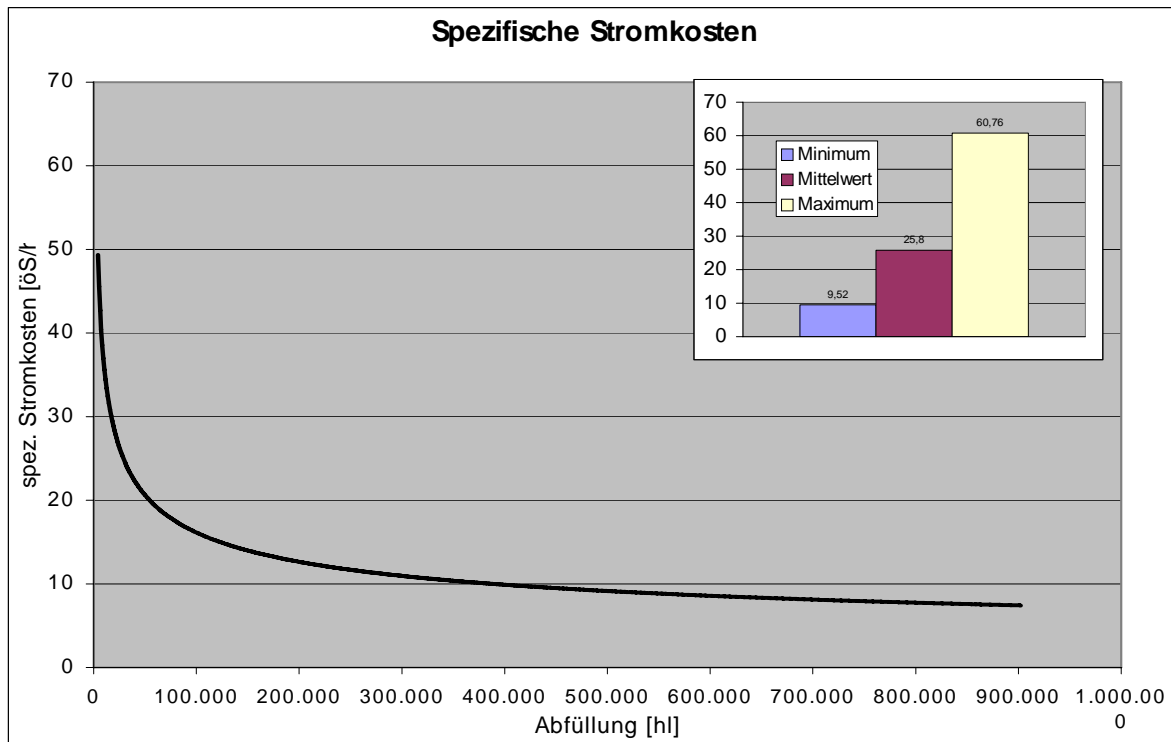


Abb.19: Spezifische Stromkosten in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

Da kleinere Betriebe durch ihren geringeren Energiebezug höhere Preise zu bezahlen haben, ist der Unterschied der spezifischen Stromkosten noch größer.

Richtwerte:	bis 50.000 hl	30 öS/hl
	bis 500.000 hl	15 öS/hl
	über 500.000 hl	10 öS/hl

### 3.3.5. Spezifische Wärmeenergie

Wie im Kapitel elektrische Energie wird auch hier der spezifische Energieeinsatz dargestellt.

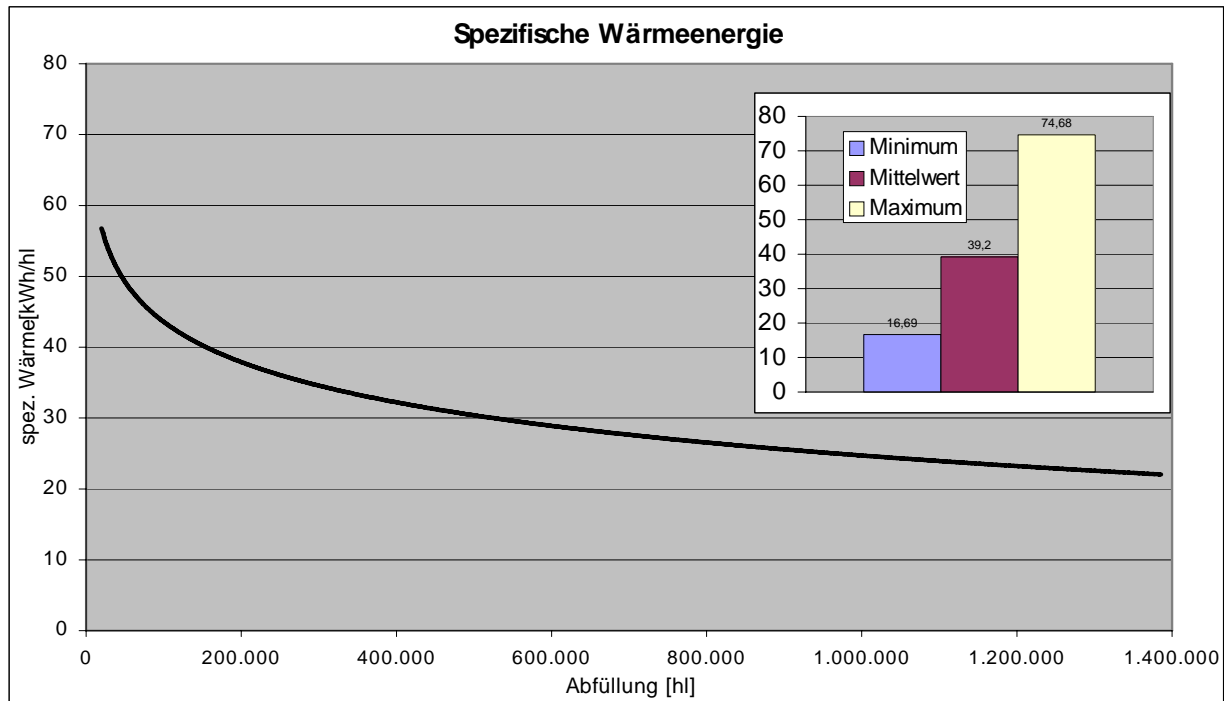


Abb.20: Spezifischer Wärmebedarf in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

Auch hier ist wieder deutlich sichtbar, dass größere und besser ausgelastete Betriebe die bessere Energieausnutzung aufweisen. Einziger Unterschied im Vergleich zum spezifischen Strombedarf ist der deutlich höhere spezifische Wärmebedarf der im Schnitt im Bereich von 30 kWh/hl liegt.

### 3.3.6. Spezifische Wärmekosten

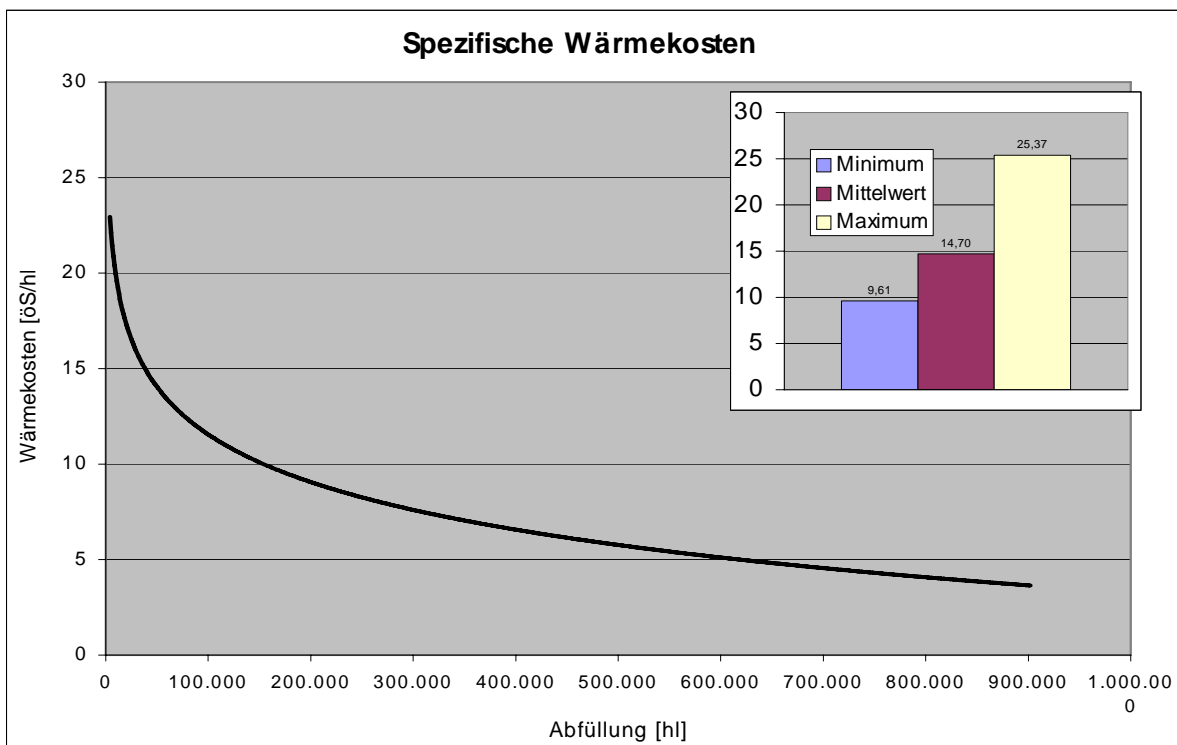


Abb.21: Spezifische Wärmekosten in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

Trotz des höheren spezifischen Verbrauchs von Wärmeenergie liegen die spezifischen Wärmekosten doch deutlich unter den spezifischen Stromkosten.

### **3.3.7. Fuhrpark – Transport – Logistik**

Der erforderliche Fuhrpark, einerseits zum Ausliefern des Bieres und andererseits auch für das Service der Schankanlagen in der Gastronomie, ist ein wesentlicher Energieverbraucher.

In manchen Brauereien bestehen zusätzliche Tankwagen zum Transport des Bieres, teilweise um von anderen Brauereien Ware zuzukaufen, die dann im Haus abgefüllt wird, teilweise um selbsterzeugtes Bier zum Abfüllen in andere Brauereien zu liefern.

Laut verschiedenen Literaturangaben liegt der Energieverbrauch dafür zwischen 10 und 20 kWh/hl, teilweise auch weit darüber. Dieser Wert ist sehr stark davon abhängig, wie groß das Liefergebiet der Brauerei ist, wie weit auch entlegene Gebiete beliefert werden und natürlich auch davon, zu welchem Prozentsatz die Ware über Lagerverkauf vertrieben wird.

### **3.3.8. Umsatz**

Auch der Umsatz unterliegt größeren Unterschieden und ist natürlich stark davon abhängig in welchem Preisniveau das Produkt angesiedelt ist. Darüber hinaus ist wesentlich, wie groß der Anteil der Flaschenware im Lebensmitteleinzelhandel und in der Gastronomie sowie andererseits von der Flaschenware zur Fassware ist.

Weiters unterscheiden sich die Brauereien, was den Anteil der Handelsware betrifft und wie schon oben erwähnt, wie groß der Anteil der Fremdadfüllung ist.

Der Umsatz aus der Produktion liegt bei etwa 1500 öS/hl.



## 4. Detaillierte messtechnische Erfassung

### 4.1. Messtechnische Analyse des elektrischen Energieverbrauches

#### 4.1.1. Gesamtlastverläufe der Betriebe

Um die Betriebe bezüglich ihres Energieverbrauches besser vergleichen zu können und um tageszeitliche Schwankungen im Leistungsbedarf erkennen zu können, wurden von Seiten der Energie AG Oberösterreich und der ESG Gesamtlastverläufe der beteiligten Brauereien zur Verfügung gestellt.

Die Daten werden in Betrieben dieser Größenordnung in einem Zähler gespeichert, und monatlich abgerufen, sodass dem EVU die Lastverläufe von etwa 1 Jahr zur Verfügung stehen.

#### 4.1.2. Vielkanalige Lastganganalyse ausgewählter Betriebe

Um die Aufteilung des elektrischen Energieverbrauches genau zu erfassen, wurden in einigen ausgewählten Betrieben detaillierte Messungen mit Hilfe des Verfahrens der vielkanaligen Lastganganalyse von sattler energie consulting durchgeführt.

Die vielkanalige Lastganganalyse ist ein Werkzeug um festzustellen, WANN, WARUM, VON WEM, WIEVIEL Energie GEBRAUCHT, VERBRAUCHT oder gar VERSCHWENDET wird.

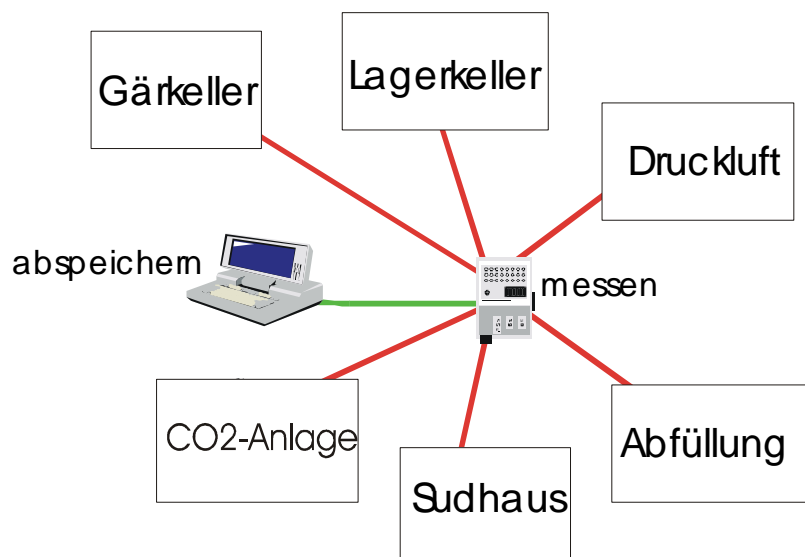


Abb.22: Prinzip der Vielkanaligen Lastganganalyse

Bei dieser Art der messtechnischen Analyse wurden neben dem **Summenlastgang** auch **die einzelnen relevanten Verbraucher** gemessen.

Dies ermöglichte eine Aufteilung des Gesamtverbrauches auf einzelne Verbraucher (= Energiebilanz) - daher ist eine genaue Kostenstellenrechnung möglich. Verursacher von Leistungsspitzen und deren Anteile daran wurden sichtbar

➔ **daher konnten zielgenaue Sparmaßnahmen gesetzt werden**

Die Messung erfolgte in einminütiger Auflösung (und nicht nur Viertelstundenauflösung). Durch diese hohe Auflösung wurden die Betriebsweise und der genaue zeitliche Ablauf der einzelnen Verbraucher erkennbar.

➔ **Erkennen organisatorischer Einsparmaßnahmen**

Gemessen wurde zwei Wochen lang kontinuierlich (und nicht einzelne Stunden oder Tage). Dies ließ verschiedene Betriebseinflüsse (wie z.B. schwankende Auslastung, Ausfälle, Temperatureinfluß, ...) sichtbar werden. Die Messung wurde dadurch erst repräsentativ und bewertbar.

➔ **Dies bot eine seriöse Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsrechnung von Sparmaßnahmen.**



Abb.23: Meßaufbau für die Vielkanalige Lastganganalyse in der Praxis

Die in den zwei Wochen erfassten Daten werden anschließend mit einer eigens dafür entwickelten Software ausgewertet. Mit den aus diesen Messungen erlangten Daten und Erkenntnissen werden dann in Gesprächen mit den zuständigen Verantwortlichen der Betriebe die geeigneten Maßnahmen besprochen.

Diese Sichtbarmachung des elektrischen Stromes erlaubt es den Personen im Betrieb, selbst die richtigen Entscheidungen zu treffen.

## 4.2. Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Messungen

### 4.2.1. Summenlastgänge

Als erstes wird bei der Messdatenauswertung der Summenlastgang untersucht.

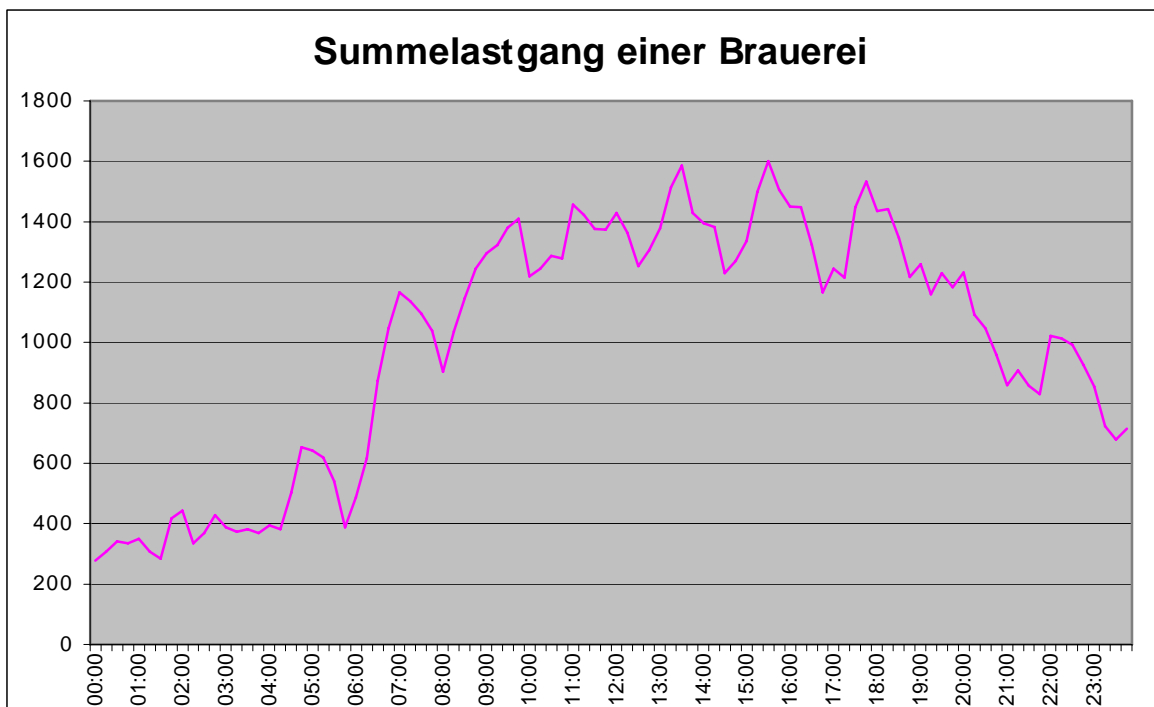


Abb.24: Summenlastgang einer großen Brauerei

In diesem Lastgang sind sehr deutlich die Spitzen durch die einzelnen Sude zu erkennen. Es handelt sich hier um eine große Brauerei, die sehr regelmäßig und auch während der Nacht Bier braut.

Bei kleineren Brauereien erfolgen die Sude in größeren Abständen, sodass sich viel unregelmäßigere Lastverläufe und damit eine ungünstigere Ausnutzung ergeben.

#### 4.2.2. Entstehung von Leistungsspitzen

Im zweiten Schritt wird untersucht, wodurch die Leistungsspitzen, die für die Leistungskosten verantwortlich sind, entstehen. Dies erreichen wir durch die zusätzliche Darstellung der verantwortlichen Verbraucher.

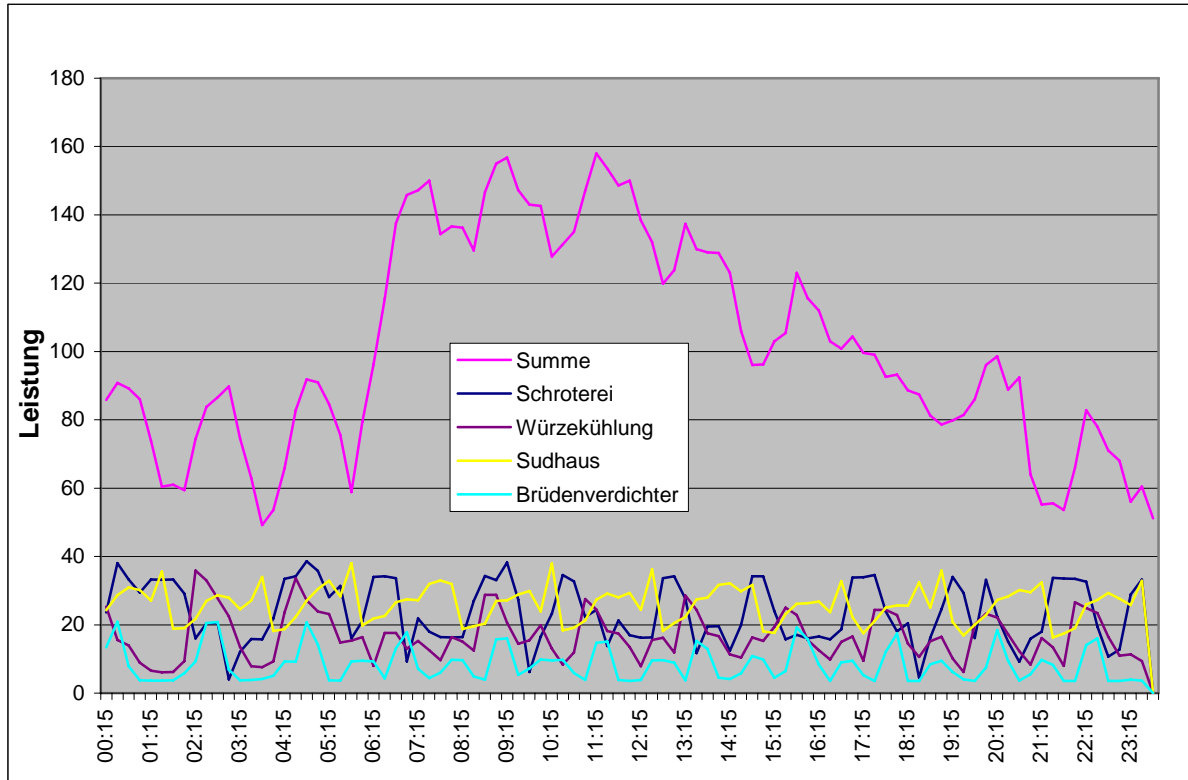


Abb.25: Detaillastverläufe zur Entstehung der Spitzen (Vielkanalige Lastganganalyse) in einer Großbrauerei

Durch diese Darstellung ist deutlich zu sehen, welche Verbraucher für Spitzen verantwortlich sind, wobei die Summenkennlinie auf die rechte Skala bezogen wurde, während die Kennlinien der einzelnen Verbraucher auf die linke Achse bezogen sind.

Die sichtbaren Spitzen ergeben sich aus der Abfolge der einzelnen Sude im Sudhaus. Sie erfolgen in einem zeitlichen Abstand von etwa zwei Stunden und überragen den Basisbedarf um etwa 25%. Die Leistungsschwankungen entstehen dabei aus der Abfolge der Bereiche Schroterei, Sudhaus, Würzekühlung und Brüdenverdichter.

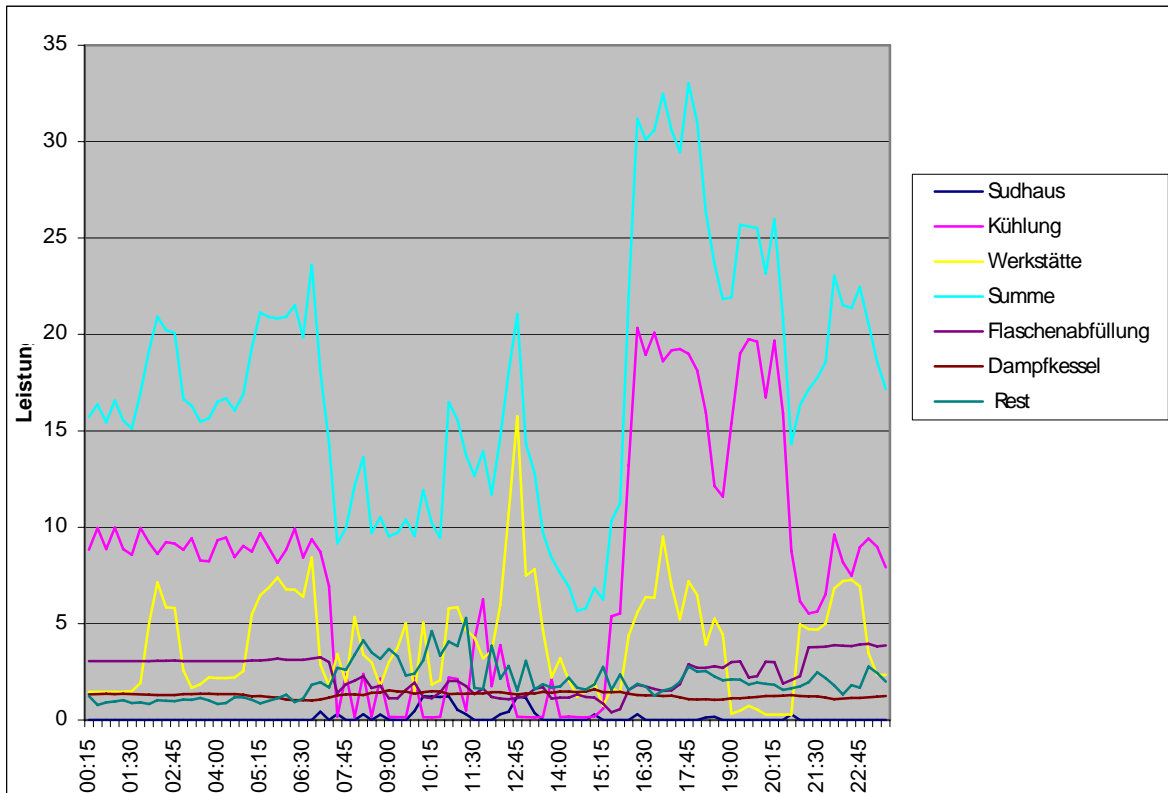


Abb.26: Detaillastverläufe zur Entstehung der Spitzen (Vielkanalige Lastganganalyse) einer kleinen Brauerei

Es handelte sich hierbei um eine kleine Brauerei, die während der Messung einen Maximalwert von 39 kW erreicht, der jedoch noch unter der Jahresverrechnungsleistung liegt.

Die höchsten Spitzen treten auf, wenn im Bereich Kühlmaschine Höchstleistungsbedarf besteht, der allein bis 25 kW betragen kann.

### 4.2.3. Basisbedarf

Auch am Wochenende besteht meist ein beträchtlicher Basisbedarf, in dem folgende Verbraucher enthalten sind:

CO<sub>2</sub> Gewinnungsanlage

teilweise Kesselhaus/teilweise E-Heizungen

Filter

Kühlung

Braugasthof und andere Nebengebäude

Druckluftanlage

Derartigen Basisverbräuchen sollte im Detail nachgegangen werden, da diese im Allgemeinen während des ganzen Jahres Kosten verursachen.

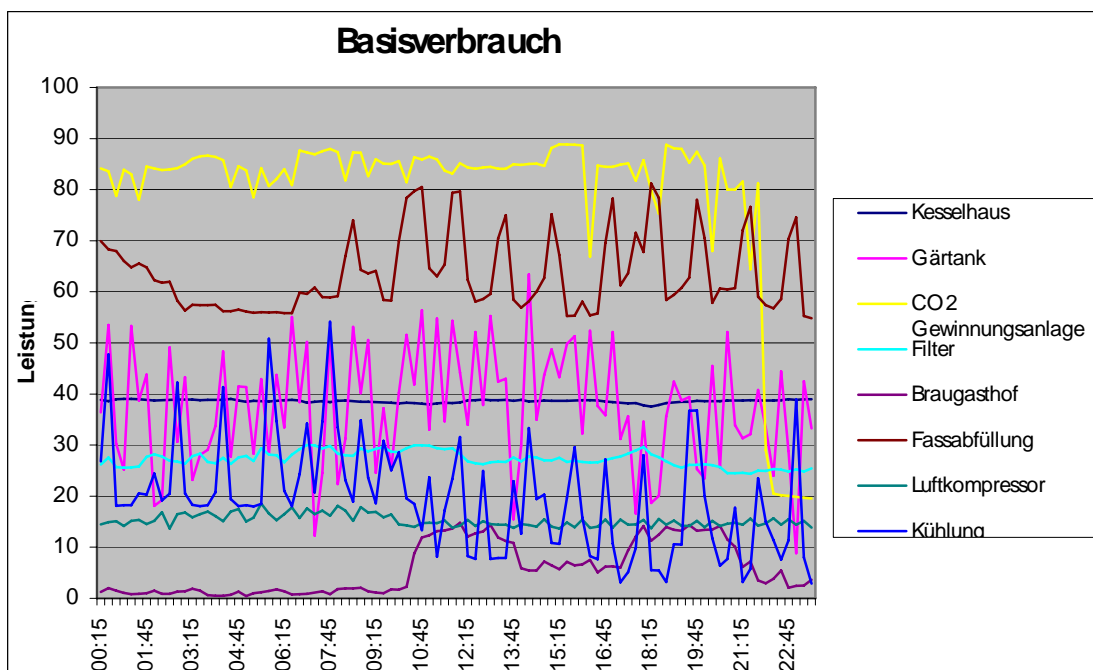


Abb.27: Details der Verbraucher im Basisbedarf einer Großbrauerei

Es wurde festgestellt, dass der Braugasthof und andere Nebengebäude während des Wochenendes, wenn die Kesselanlage still steht, mittels elektrischer Heizpatronen geheizt werden. Am Sonntag 21:00 Uhr wird die E-Heizung abgestellt und der Dampfkessel angefahren. Im Schnitt werden im Winter jeweils 10.000 kWh/Monat (über sechs Monate) verbraucht.

Es wäre denkbar, den Braugasthof anstatt der elektrischen Heizung mittels einer Gastherme, die man direkt im Kesselhaus installieren könnte, zu versorgen.

## 5. Maßnahmen

### 5.1. Tarife

Die einfachste und im Allgemeinen billigste Möglichkeit, Kosten zu sparen, ist die optimale Ausnutzung der tariflichen Gegebenheiten. Hinweise dazu finden Sie in der Broschüre „Die Antworten auf die häufigsten Fragen zum Thema Stromkosten, Lastmanagement & Blindstromkompensation“, die beim BroschürensERVICE der WKOÖ erhältlich ist.

#### 5.1.1. 2-fach oder 4-fach Tarif

##### **Basistarifkunden (< 100 kW):**

Für Basistarifkunden ist nur der 4-fach Tarif vorteilhaft (Sommer/Winter, Tag/Nacht). Hier würde der Kunde bei einer Umstellung auf 2-fach Tarif (Sommer/Winter) immer den 4-fach Hochtarifpreis bezahlen. Genauere Erklärungen finden Sie in unserer Broschüre: „Die Antworten auf die häufigsten Fragen zum Thema Stromkosten, Lastmanagement & Blindstromkompensation“.

##### **Sondervertragskunden (> 100 kW):**

Für Sondervertragskunden kann sich eine Umstellungen unter den richtigen Voraussetzungen durchaus lohnen. Hier sind die Preisansätze von 2-fach und 4-fach-Tarif so gewählt, dass der 4-fach-Tarif dann günstiger ist, wenn der NT-Anteil (Verbrauch von 22.00 - 6.00 Uhr) 15% des Gesamtverbrauches überschreitet. Darunter ist der 2-fach-Tarif günstiger! Wegen des Bandbedarfs durch Pumpen und Kühlanlagen ist meist der 4-fach-Tarif sinnvoll.

#### 5.1.2. Zusatztarife zu Basistarif (< 100 kW)

Weiters ist es möglich, im Basistarif einzelne Verbraucher mit den Zusatz- oder Schwachlasttarifen abzurechnen.

Hier gibt es drei Möglichkeiten: Nachtstromtarif

Spartarif f. unterbrechbare Lieferung (Wärmepumpen)

Zusatztarif für Küchen u. Backöfen im Braugasthof

#### 5.1.3. Sonderregelungen

Im Einzelfall sind die EVU's bereit, Sonderregelungen gelten zu lassen. Eine dieser Sonderregelungen ist die Sommerzusatzlast. Hier wird dem Kunden im Sommerhalbjahr eine höhere Leistung zur Verfügung gestellt. Besonders Brauereien könnten diese Sommerzusatzlast durch die stärkere Produktion und den dadurch erhöhten Kühlbedarf im Sommer gut gebrauchen.

Eine andere Variante ist die Leistungsfreigabe in der Nacht. Hier hat der Kunde die Möglichkeit, in der Nacht eine höhere Leistung zu beziehen, ohne dass zusätzliche Kosten entstehen.

## **5.2. Energieabgabe**

Sie müssen die Energieabgabe auf Strom (10 g/kWh) und Gas (60 g/Nm<sup>3</sup>) mit der jeweiligen Monats- oder Jahresrechnung bezahlen, haben aber lt. Energieabgabenvergütungsgesetz als Produktionsbetrieb (!!)-Anspruch auf Vergütung, wenn die Energieabgaben auf Erdgas und Strom insgesamt 0,35 % des Nettoproduktionswertes übersteigen. Pro Kalenderjahr ist innerhalb von 5 Jahren ab Vorliegen der Voraussetzungen ein Antrag beim für die USt. zuständigen Finanzamt zu stellen. Ein entsprechendes Formular erhalten Sie als Abruffax bei der Wirtschaftskammer Österreich unter der Nummer: 01/5035863-1549.

Im Bereich der Brauereien kann es dabei zu beträchtlichen Vergütungen kommen (einige Prozent der Energiekosten !!). Der Aufwand für die Abschätzung ist verhältnismäßig gering und liegt bei etwa 2 Stunden.

## **5.3. Lastmanagement und Blindstromkompensation**

### **5.3.1. Lastmanagement**

Das Tarifsystem ist so aufgebaut, dass außer dem Preis für die elektrische Arbeit (kWh) auch noch der Preis für die Leistung (kW) ausschlaggebend für die Kosten ist. Weitere Hinweise finden Sie in der Broschüre „Die Antworten auf die häufigsten Fragen zum Thema Stromkosten, Lastmanagement & Blindstromkompensation“.

### **5.3.2. Praktische Anwendung**

Um ein Lastmanagementsystem installieren zu können, müssen vor allem geeignete Verbraucher gefunden werden. Durch die im Rahmen der Beratungen durchgeführten Messungen wird sichtbar, wann welche Verbraucher in Betrieb sind. Durch diese Erkenntnisse können im Gespräch mit den verantwortlichen Technikern des Betriebes Anlagen bestimmt werden, deren Betriebszeiten ohne produktionshemmende Wirkung verschoben werden können. Die einfachste und billigste Realisierungsmöglichkeit einer Leistungsbegrenzung ist die Verriegelung von Anlagen.



Typische Beispiele für Verbraucher, die in Brauereien in eine Lastmanagementanlage eingebunden werden können:

- Kühlanlagen
- CO<sub>2</sub> Rückgewinnung
- Ladegeräte für Stapler
- Dachrinnenheizungen
- Pumpen mit Speicherbassins
- Therm. Verbraucher Braugasthof

Was die Optimierung der Winterspitze betrifft, sollten ggf. bestehende Dachrinnenheizungen in das Lastmanagement eingebunden werden, für den Sommer wird wesentlich sein, dass die bestehenden Kühlanlagen eingebunden sind.

Ebenso sollten unserer Meinung nach die elektrothermischen Verbraucher des Braugasthofes, sofern vorhanden, in das Lastmanagement aufgenommen werden, da hier die potentielle Gefahr besteht, dass Spitzen erzeugt werden.

Weiters für die Einbindung in ein Lastmanagement geeignet kann der Bereich der Fassabfüllung sein, speziell wenn dieser Vorgang zeitlich verlagert werden kann. Weiters Brunnen und Pumpen, die über entsprechende Bassins und damit Speicherfähigkeit verfügen.

Die Regeneration im Bereich CO<sub>2</sub> erfolgt – falls vorhanden - meist elektrisch. Es besteht jedoch aufgrund der schnellen Abfolge der Sude oft keine Möglichkeit, diese Regeneration zeitlich zu verzögern. Allerdings besteht die Möglichkeit, die bestehenden Kompressoren und Kühlungen während des Sudes abzuschalten, d.h. in die Laststeuerung einzubinden.

Aufgrund des gesamten Überschusses in der CO<sub>2</sub> Bilanz spielt es keine Rolle, wenn zum Ausgleich von Lastspitzen CO<sub>2</sub> über Dach gelassen wird. Sobald der Ballon voll ist, ist es doch oftmals so, dass während des Wochenendes CO<sub>2</sub> über Dach geht.

Beispiel: Eine Brauerei betreibt im Bereich Kühlmaschinen folgende Geräte:

- Sterilluft
- Kühlturm
- Arbeitsluft
- Kühlmaschine 1
- Kühlmaschine 2

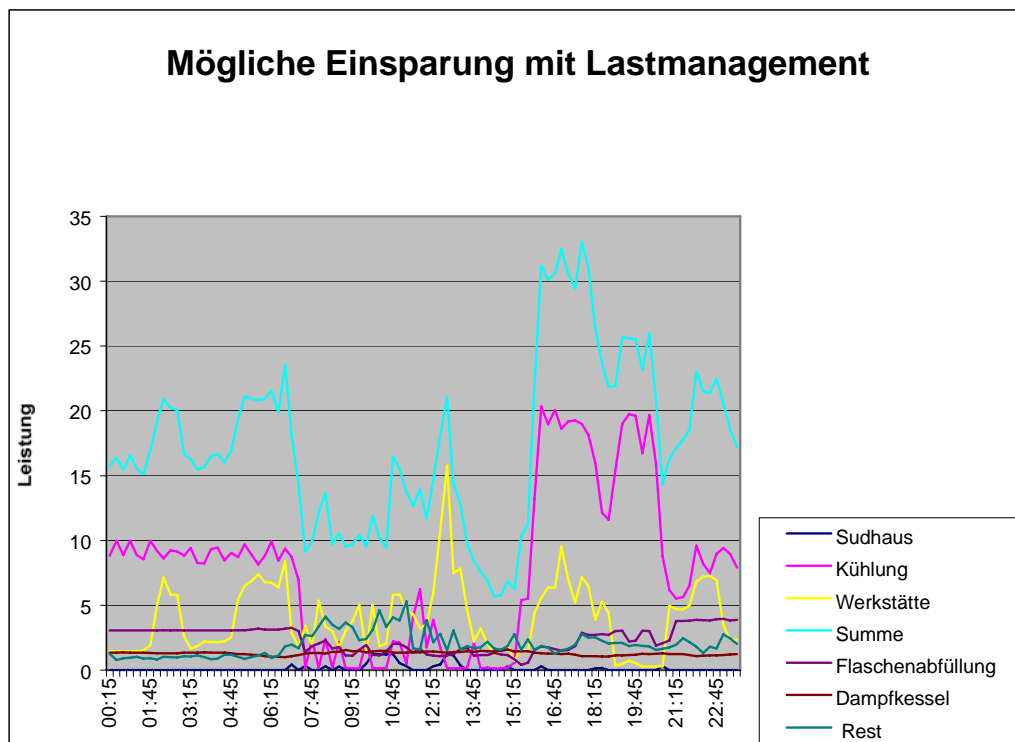


Abb.28: Entstehung der Spitzenlast in einer kleinen Brauerei

Die vielkanalige Lastganganalyse ergab oben dargestellten Lastverlauf. Man sieht, dass um 20:00 Uhr im Bereich Kühlmaschinen die Spitzenleistung erreicht wird. Die Spitze des Gesamtstroms erreichte annähernd den Wert der Jahresverrechnungsleistung. Dieser Fall trat im Messzeitraum von zwei Wochen nur einmal auf.

Aufgrund der Messung wurde also festgestellt, dass die Verrechnungsleistung nur durch die zufällige zeitliche Gleichzeitigkeit der Kühlmaschinen entsteht. Durch eine gegenseitige Verriegelung der Anlagen im Bereich Kühlmaschinen kann hier die Verrechnungsleistung um über 35 % gesenkt werden.

Dieses Beispiel soll zeigen, wie einfach und schnell Kosten gesenkt werden können, wenn die Ursache erforscht wurde.

Weitere Bereiche die sich für eine Einbindung in ein Lastmanagementsystem eignen, werden im folgenden Abschnitt untersucht.

- **Pumpen:** Das für den Produktionsprozess benötigte Wasser wird in den meisten Brauereien aus eigenen Brunnen in die Bassins gefördert. Die zur Förderung benötigten Pumpen eignen sich hervorragend zur Leistungsbegrenzung. Eine Möglichkeit ist die Steuerung mit Frequenzumrichtern, um die Leistung der Pumpen kurzzeitig zurückzunehmen. Dies ermöglicht einerseits einen sanften Anlauf und andererseits genaue Steuerung der Fördermenge. Dadurch wird ein umfangreiches Lastmanagement und oftmaliges Schalten der Pumpen möglich.
- **Kühlung:** Zusätzlich zur Verriegelung verschiedener Aggregate können die Abtauzeiten der Kühlanlagen in die Spitzenlastzeiten verlegt werden.
- **Dachrinnenheizung:** Dachrinnenheizungen und sonstige elektrische Heizungen eignen sich hervorragend für die Einbindung in ein Lastmanagementsystem.

Die folgenden Lastkennlinien zeigen die Entstehung einer Leistungsspitze an einem normalen Produktionstag einer Brauerei.

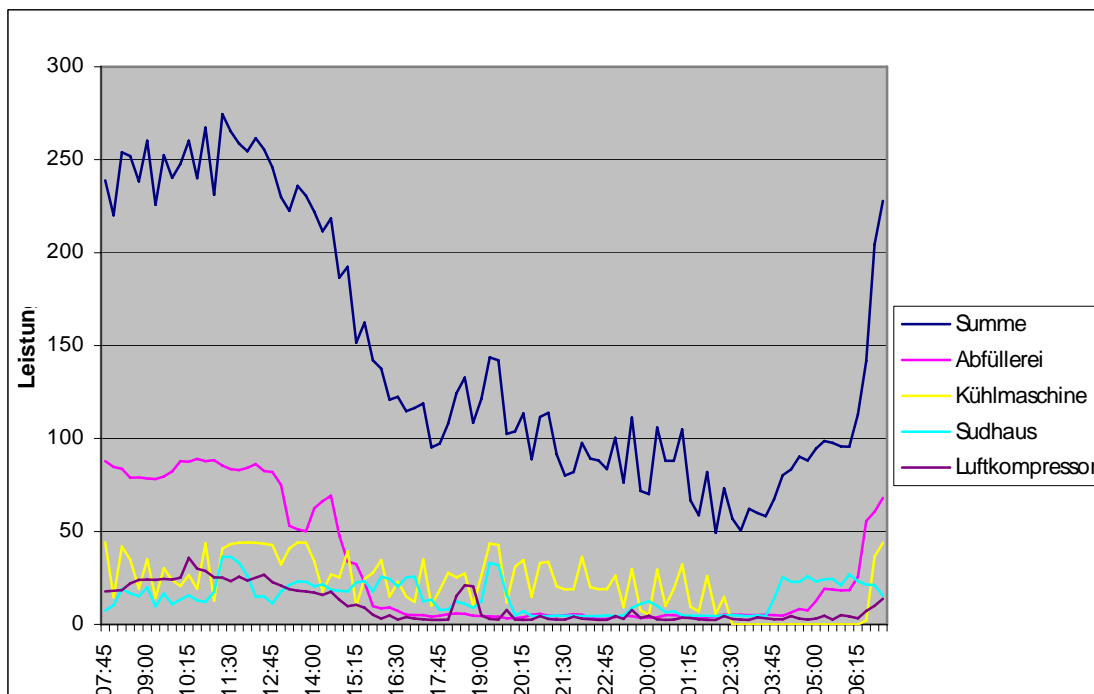


Abb.29: Entstehung einer Leistungsspitze in einer Brauerei

Der zufällige zeitliche Ablauf der Bereiche Sudhaus, Kühlmaschine 1, Abfüllerei und Luftkompressor erzeugt um die Mittagszeit eine der höchsten Spitzen.

Hier könnte der Betrieb der Kühlmaschine während des Höchstleistungsbedarfs zurückgenommen werden, um dann in der Nacht mit billigeren Energiepreisen mehr zu kühlen.

### **5.3.3. Blindstromkompensation**

Blindstromkosten sind überflüssige Kosten. Sie entstehen durch die für den Betrieb elektrischer Maschinen notwendigen Blindenergieanteile.

Um die aus der Blindenergiemessung erwachsenden Kosten zu verhindern, kann man eine Blindstromkompensation vornehmen. Der Einbau einer Kompensationsanlage ist normalerweise eine Maßnahme, die sich binnen 1-2 Jahren amortisiert.

Details dazu finden Sie in der Broschüre „Die Antworten auf die häufigsten Fragen zum Thema Stromkosten, Lastmanagement & Blindstromkompensation!“, die beim Broschürens-service der Wirtschaftskammer erhältlich ist.

Durch hohe Blindstromanteile steigen zudem die Verluste in den Versorgungsleitungen, sodass durch die Kompensation auch die Energieverluste im Verteilnetz des Betriebes verringert werden können.

## 5.4. Effizienzsteigerung

### 5.4.1. Auslastung

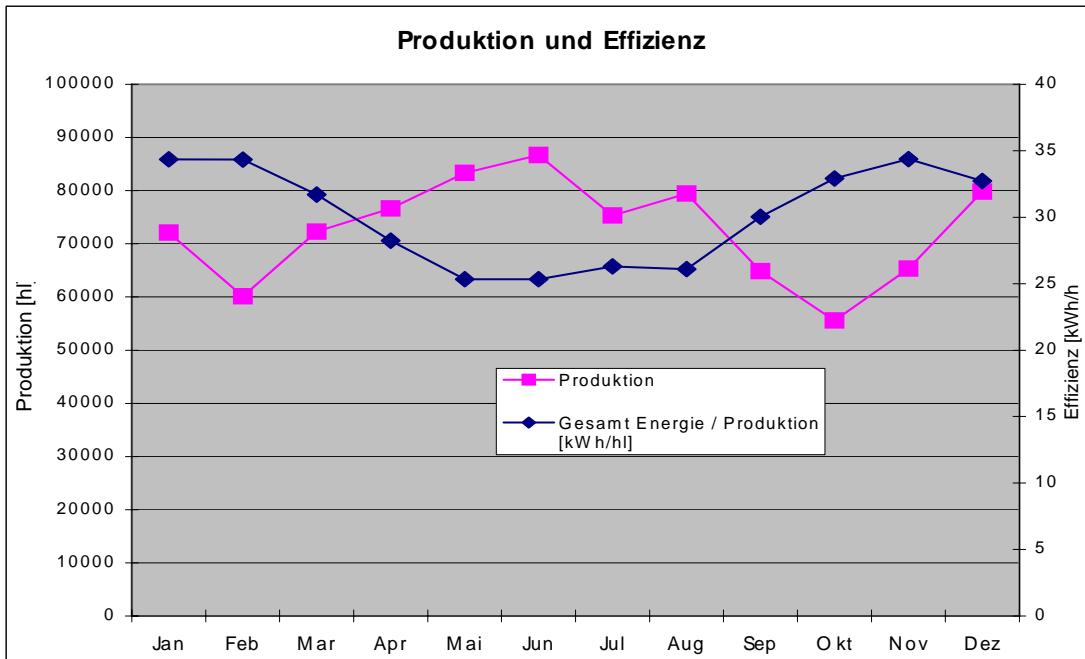


Abb.30a.: Produktion und Effizienz, jahreszeitlich

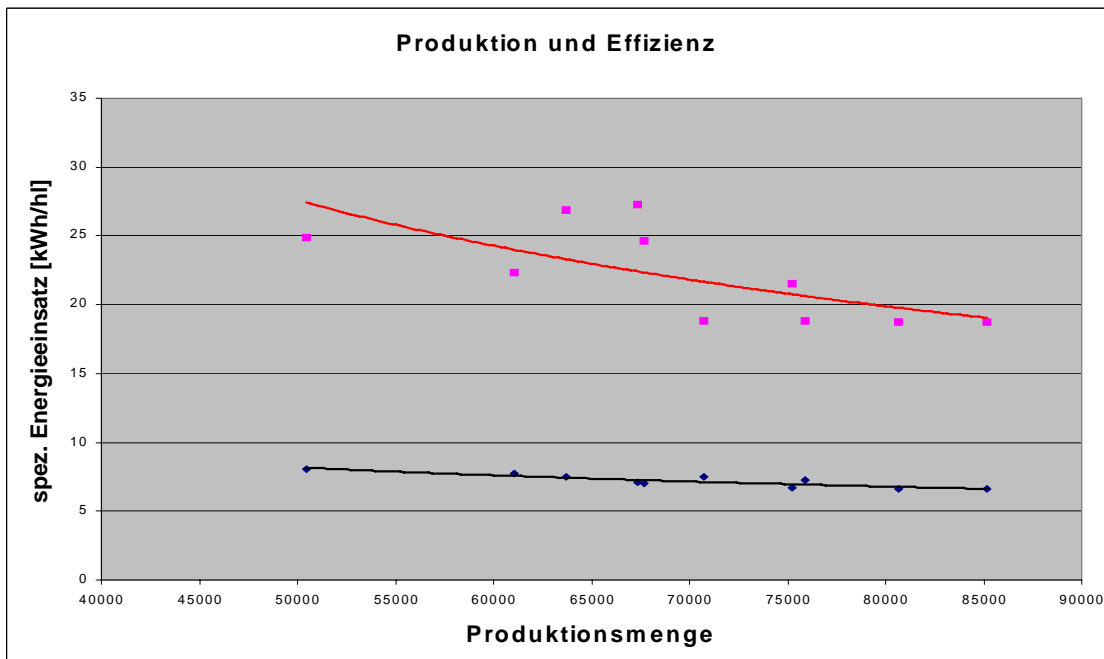


Abb.30b.: Produktion und Effizienz

Die Effizienz der Produktion wird nicht durch größere Anlagenkapazitäten verbessert, sondern vielmehr durch eine bessere Auslastung der Anlagen und damit verbundene kontinuierliche Produktion. Überdimensionierte Anlagen haben einen schlechten Wir-

kungsgrad und hohe Betriebskosten. Die Anlagenteile sollten aufeinander abgestimmt sein. Es nützt nichts, ein riesiges Sudhaus zu haben, aber einen kleinen Gärkeller.

#### 5.4.2. Kühlanlage

Einen großen Teil des elektrischen Energieverbrauchs benötigen die Kühlanlagen einer Brauerei. Diese lassen zwar schwer eine Verringerung des Energieverbrauchs zu, eignen sich aber gut für eine Lastmanagementanlage.

- Eisbänke: Eis eignet sich aufgrund seiner latenten Schmelzwärme gut als Energiespeicher. Die Speicherung hat zwar keine Einsparung an Primärenergie zur Folge, es wird aber, durch die Verlegung der Kälteproduktion in die Nacht, eine Verringerung der Leistungsspitze erreicht.
- Eine Einsparung von 20 % ließe sich durch den Einsatz der direkten Kühlung mit Ammoniak bei Gärtanks erzielen. Diese Technik wird aber aus Sicherheitsgründen nur von sehr wenigen Brauereien verwendet.
- Lastmanagement: Bei Kühlanlagen mit geeigneten Speichern lassen sich diese ohne Probleme in eine Lastmanagementanlage einbinden um kurzzeitige Spitzen zu verhindern. Als zusätzliche laststeuernde Maßnahme ist der Betrieb der Kühlaggregate außerhalb der Spitzenzeiten zu verstehen.
- Absorptionskühlung: Absorptionskältemaschinen kommen nur dort in Betracht, wo genügend Abwärme zum Antrieb des Systems vorhanden ist, wie zB in einer Brauerei mit einem Blockheizkraftwerk. Wegen des geringen Wirkungsgrades wird dieses System jedoch derzeit kaum genutzt.
- Drehzahlregelung von Kältepumpen: Unter Überwachung von Systemdruck und Systemtemperatur kann das Druckniveau allmählich gesenkt werden. Der durchschnittliche Stromverbrauch sinkt bis 45 %.
- Wärmerückgewinnung: Die an den Kondensatoren der Kälteanlagen anfallende Wärme kann z.B. für eine Brauchwasservorwärmung eingesetzt werden. Dabei ist allerdings mit Maß und Ziel vorzugehen, weil eine zu hohe Kondensatortemperatur zu einem Mehrverbrauch in der viel teureren elektrischen Energie führt.

### 5.4.3. Druckluft

Druckluft ist die teuerste aller Energieformen. Hier sind viele Einsparpotentiale enthalten. Grundsätzlich ist zu sagen, dass ein regelmäßiges Service der Druckluftanlage – diese besteht aus der Druckluftstation, dem Verteilnetz und den Endgeräten - unnötige Verluste verhindert.

- Viele Brauereien hatten früher zwei getrennte Druckluftanlagen in Betrieb - Arbeitsluft und Sterilluft. Durch die Verwendung von CO<sub>2</sub> zu Reinigungszwecken wurde der Bereich Sterilluft überflüssig. Die für die Erzeugung von Sterilluft verwendeten Kompressoren, die ohne Öl und andere verschmutzenden Stoffe betrieben werden, haben allerdings einen viel schlechteren Wirkungsgrad als konventionelle Aggregate. Dies hat zur Folge, dass durch den Betrieb dieser – zum Teil auch veralteten - Anlagen elektrische Energie verschwendet wird. Weiters sind die Druckluftanlagen durch die Verwendung von CO<sub>2</sub> überdimensioniert. Bei sehr alten Druckluftanlagen ist eine Erneuerung zu empfehlen, da der Technologiewandel die Druckluftherzeugung immer billiger werden lässt.
- In vielen Betrieben wurde festgestellt, dass das Druckniveau höher eingestellt war als benötigt. Dies bedeutet wiederum eine Verschwendung teurerer Energie, weil jedes Bar bei der Erzeugung etwa 7% Energiemehrbedarf bedeutet. Zusätzlich steigen mit dem Druck auch die Leckagenverluste drastisch an. Das Verhältnis in der Energieeffizienz von Druckluft zu elektrischer Energie beträgt 1/10 bis 1/20, d.h. für 1 kWh Druckluft benötigt man 10 – 20 kWh elektrische Energie. Grundsätzlich sollte daher immer versucht werden, druckluftbetriebene Geräte durch alternative Technologien zu ersetzen.
- Leckagen in einer Druckluftanlage sind nicht zu vermeiden, aber es ist möglich, diese gering zu halten. Bei einem Lochdurchmesser von 1mm im Druckluftsystem und bei einem Druck von 6 bar betragen die Verluste bei 1,4 ATS/kWh elektrische Energie 3.675 ATS/a. Eine Druckerhöhung um 1 bar bringt in diesem Bereich eine Verdoppelung der Verluste !
- Lastmanagement: Grundsätzlich ist ein Eingreifen in das System zu vermeiden, da dadurch die Effizienz der Anlage verringert wird. Da jedoch in den meisten Betrieben die Anlage zu groß ausgelegt ist, ist ein Abschalten der Anlage zur Verhinderung von Leistungsspitzen immer möglich. Dabei sind natürlich immer die Betriebsabläufe zu berücksichtigen.

- Druckluft – Vorkühlung: Eine Vorkühlung der Luft von 10 auf  $-25\text{ °C}$  hat eine Zunahme ihrer Dichte zur Folge. Neben der Krafterparnis des Kompressors erübrigen sich Filter, Absorptionstrockner und Nachkühler. Dies hat eine Energieersparnis von 20 – 30 % zur Folge.
- Am Wochenende sollten nur einzelne Kompressoren für Dauermaschinen in Betrieb sein. Sie sollten dabei untersuchen, welche Bereiche während des Wochenendes zu versorgen sind und möglicherweise in diesen kleinen Zonen, die dann vom Rest des Netzes getrennt werden, kleine Kompressoren einsetzen, um Verluste im gesamten Netz zu vermeiden.

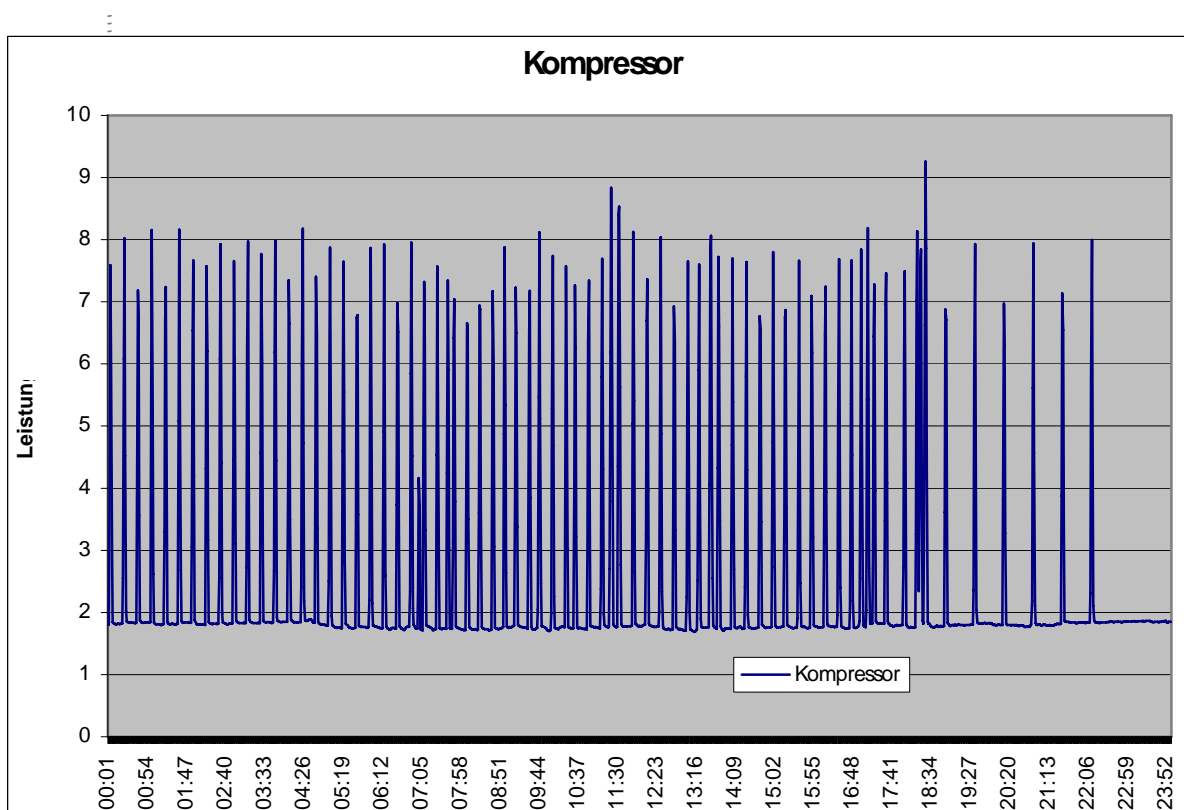


Abb.31: Schaltverhalten eines Kompressors

Abbildung 31 zeigt das Betriebsverhalten eines Kompressors, der mit 10 bar betrieben wird und während der Nachtstunden von 0:00 bis 6:00 Uhr – wo er unnötig in Betrieb ist - nur Leckverluste abdeckt. Während des Tages, das heißt im Betrieb, wird kaum mehr Energie benötigt als für diese Verlustabdeckung erforderlich ist, ausgenommen die Zeit um 17:00 Uhr und nach 18:00 Uhr. Um 18:15 Uhr wurde der Druck von 10 auf 9 bar reduziert und somit die Leckageverluste sichtlich halbiert (genau halb so viele Einschaltungen wie in den frühen Morgenstunden).



- Wärmerückgewinnung (WRG) : Bei der Luftverdichtung entsteht Wärme, die über Kühler abgeführt werden muss. Die abgeführte Wärme entspricht in etwa der vom Verdichter aufgenommenen elektrischen Arbeit, wenn man von der Wärme in der Druckluft und Abstrahlungen absieht. Diese Energie lässt sich größtenteils zurückgewinnen.

**Bei luftgekühlten Schraubekompressoren** und gekapselten Kolbenkompressoren kann die gesamte Wärme (etwa 95 % der aufgenommenen elektrischen Energie) am Kühlluftaustritt in einem Abluftkanal gefasst und meist ohne zusätzlichem Ventilator in einen Nebenraum zum Heizen geblasen werden.

Bei **wassergekühlten Anlagen** kann das Kühlwasser über einen Wärmetauscher z.B. in einen Heizkreislauf eingespeist werden, wobei etwa 80 % der zugeführten elektrischen Energie zur Verfügung stehen .

#### 5.4.4. Ventilatoren

Ventilatoren die in Gär – und Lagerkellern eingesetzt werden, sind meist durchgehend in Betrieb und verursachen so hohe Kälteverluste. Durch eine CO<sub>2</sub>-Regelung könnten die Laufzeiten verringert und Energie gespart werden. Weiters eignen sich diese Ventilatoren für eine Einbindung in eine Lastmanagementanlage.

#### 5.4.5. Dachrinnenheizung

Dachrinnenheizungen werden in vielen Brauereien angewendet. Durch die über die Dächer entweichenden Dämpfe wird mehr Eis gebildet als normal. Diese Heizungen werden jedoch meist handgesteuert und laufen so Gefahr, einfach vergessen zu werden und den ganzen Winter, eventuell sogar bis in den Sommer hinein, zu laufen. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Betriebszeiten der Dachrinnenheizungen zu verringern:

- Eine erhöhte Eisbildung ist ein Indiz dafür, dass viel Wärme über die Dächer entweicht. Die Dächer sind besser zu dämmen.
- Abgasleitungen anders verlegen, um zu verhindern, dass sich die Dämpfe als Eis wieder auf das Dach legen.
- Steuerung der Anlage mittels Eissensoren, um unnötige Betriebszeiten zu verhindern.
- Einbindung in ein Lastmanagementsystem, da eine Dachrinnenheizung jederzeit zur Spitzenverringern ein- und ausgeschaltet werden kann.

### 5.4.6. Pumpen

Im Bereich der Pumpen besteht ein grundsätzliches Sparpotential durch den Einsatz von Frequenzumrichtern anstelle von unregulierten Pumpen mit Regelventilen. Grundsätzlich können all jene Pumpen, die über lange Laufzeiten verfügen, dh den ganzen Tag eingesetzt und mittels Ventil geregelt werden, auf Frequenzumrichter umgerüstet werden.

Dies gilt für die Bierpumpen, welche druckabhängig gesteuert werden könnten.

Wenn der Betrieb über ein Trinkwasserreservoir verfügt, sollte überlegt werden, nach welcher Strategie dieses gefüllt werden soll:

- Zeitabhängig, d.h. in Zeiten, wo nicht viel Leistung benötigt wird (zB nachts)
- Schwachlastausgleich, d.h. mit Laststeuerung geschaltet, wenn Leistung frei ist

Es ist jedoch zu beachten, dass zur Schonung der Pumpen bzw. auch um die Brunnen nicht zu sehr aufzuwirbeln, nicht öfter als 1-2 x/Tag ein- und ausgeschaltet wird. Eventuell ist es möglich, dass durch den sanften Anlauf mit Frequenzumrichtern eine höhere Schalthäufigkeit erreicht werden kann.

Eine zeitliche Verzögerung der Brunnen sollte vor allem dann möglich sein, wenn zwei Brunnen parallel fahren können.

Die selben Überlegungen gelten auch für die Kesselwasserspeisepumpe, die natürlich für eine maximale Heizleistung ausgelegt ist, jedoch die meiste Zeit des Jahres mit weit reduzierter Leistung fahren kann.

## 5.5. Einsparungen Wärmetechnik

Durch den hohen Energieeinsatz der in Brauereien ständig besteht, gibt es viele Möglichkeiten, thermische Energie zu sparen. Es muss jedoch zwischen den Betrieben unterschieden werden, da für kleine und große Betriebe nicht die selben Maßnahmen wirkungsvoll sind.

Grundsätzlich fällt in Brauereien Abwärme bei verschiedensten Temperaturniveaus an, sodass es zumindest theoretisch sehr viele Möglichkeiten gibt, Abwärmenutzung zu betreiben. Das Hauptproblem ist, die unterschiedlichen Temperaturniveaus aufgrund der großen Entfernungen innerhalb der Brauereien an der richtigen Stelle einzusetzen.

### 5.5.1. Sudhaus

Das Sudhaus ist mit 40-50 % des Wärmebedarfs der größte Verbraucher. Hier werden auch sehr hohe Temperaturen erreicht, sodass ein beträchtlicher Teil der Wärme oft ungenutzt über Dach geht.

#### 5.5.1.1. Wärmetauscher ablaufende Würze / zulaufendes Frischwasser

Ein weiterer Teil dieser Wärme geht natürlich in das Produkt. Die wesentlichste Maßnahme zur Rückgewinnung der Wärme ist dabei, das zulaufende Frischwasser mit der ablaufenden Würze vorzuwärmen und so den Aufwand für die Erwärmung des Frischwassers bei jedem neuen Sud zu verringern.

Diese Maßnahme steht und fällt jedoch damit, dass die Produktion relativ kontinuierlich erfolgt. Wenn natürlich zwischen den einzelnen Suden drei bis vier Tage vergehen, bringt die Wärmerückgewinnung kaum einen Nutzen. Es ist vor allem der Aufwand zu groß, weil die Wärme inzwischen zu speichern ist und dabei hohe Verluste auftreten.

#### 5.5.1.2. Pfannendunstkondensator (Pfaduko)

Der Pfannendunstkondensator ist nach wie vor die verbreitetste Wärmerückgewinnungsanlage. Die Temperaturhöhe des gewonnenen Warmwassers hängt insbesondere davon ab, ob eine luftfreie Kochung möglich ist oder eine Kochung mit Schleppluft in der Würzpfanne notwendig ist. Bei luftfreier Kochung sollte eine Temperatur von etwa 95 °C erreicht werden, bei Schleppluftkochung hängt dies von der Temperaturhöhe des Schwadens ab. Die Warmwassertemperatur liegt im allgemeinen bei 5 bis 8 °C unter der Schwadentemperatur. Der absolut luftfreie Betrieb erfordert drei Randbedingungen:

- druckdichte Pfanne und ebenso dichtes Dunstrohrsystem sowie dichte Umschaltklappen
- Kondensatorbauweise mit möglichst geringem Strömungswiderstand auf der Schwadenseite
- Verzicht auf den Ventilator

Der Transport der luftfreien – und daher auch hundertprozentig kondensierbaren – Schwaden erfolgt demnach nur durch den leichten Überdruck in der Pfanne und dem kondensationsbedingten leichten Unterdruck im Pfannendunstkondensator. Bei dieser Fahrweise tritt aus dem Pfannendunstkondensator quantitativ nichts mehr aus und da es also kein „Restgas“ gibt, werden auch keine Geruchsstoffe mehr emittiert, weder hydrophile noch lipophile. Der Wirkungsgrad des Pfannendunstkondensators sollte mindestens bei 80 bis 90 % liegen.

### 5.5.1.3. Brüdenverdichtung

Die thermische Brüdenverdichtung mit einem Dampfstrahlverdichter hat sich als Alternative zur mechanischen Brüdenverdichtung bei der Würzekochung etabliert. Dampfstrahlverdichter sind durch ihren einfachen Aufbau kostengünstig in Anschaffung und Wartung. Die Geräusch- und Vibrationsentwicklung ist gering. Die Energieeinsparung gegenüber konventioneller Würzekochung beträgt ca. 70 %, die restlichen 30 % werden in Form von Warmwasser rückgewonnen.

Nachteilig ist jedoch der gegenüber anderen Würzekochverfahren um ca. 30 % erhöhte Anfall an Brüdenkondensat. Außerdem sind die bisher verwendeten Dampfstrahlverdichter nicht regelbar, sodass sie nur in einem festgelegten Betriebszustand betrieben werden können.

Unabhängig vom jeweiligen Würzekochsystem wird Brüdenkondensat bisher ins Abwasser geleitet. Obwohl Brüdenkondensat nach eigenen Untersuchungen salzfrei, vom pH-Wert mit 6-7 her fast neutral und mit ca. 250 mg / l CSB (Chemischer-Sauerstoff-Bedarf) nur geringfügig organisch verschmutzt ist, gibt es bisher noch keine wirtschaftlich einsetzbaren und technisch unbedenklichen Möglichkeiten der Aufbereitung zu Trink-, Brau- oder Kesselspeisewasser. Um diese Situation zu verbessern, wurden mehrere Möglichkeiten zur Wiederverwendung von ungereinigtem Brüdenkondensat mit Erfolg im Labor- und Praxismaßstab untersucht. Die Möglichkeiten sind:

- Letzter Nachguß beim Abläutern
- Ausspülen des Läuterbottich-Senkbodens
- Kühlwasser für Kondensatoren und Motoren
- Ansatz alkalischer oder saurer Reinigungsmittel.

Durch die Wiederverwendung können Kosten für Frischwasser, Wasseraufbereitung und Abwasser entsprechend der anfallenden Menge an Brüdenkondensat von etwa 10 % des Jahresausstoßes einer Brauerei eingespart werden. Die mangelnde Regelbarkeit der bisher verwendeten Dampfstrahlverdichter wird durch Einsatz von Dampfstrahlverdichtern gelöst, deren Düse über eine Düsennadel im Querschnitt verändert werden kann. Eine entsprechende Anlage ist Ende 1996 in Betrieb gegangen.

Bei der mechanischen Brüdenverdichtung werden die Dämpfe, die sich in der Würz – Sudpfanne bilden, durch einen Verdichter komprimiert und beim Würzekochen wieder zugeführt. Dieses prozessinterne Verfahren zur Energierückgewinnung hat den Vorteil, dass die Wärme im gleichen Prozess wiederverwendet werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit der mechanischen Brüdenverdichtung steigt, wenn Brauereien mehrere Sudpfannen einsetzen und diese sequentiell betreiben. Als Faustregel gilt, dass jährlich mindestens 1200 Sudvorgänge stattfinden müssen, um einen wirtschaftlichen Einsatz der mechanischen Brüdenverdichtung zu erreichen.

Der Stromverbrauch einer Brüdenverdichtungsanlage einschließlich der Würzepumpe beträgt 0,3 bis 0,4 kWh pro Hektoliter fertige Würze, je nach Verdampfungsrate und Kochdauer. Die aus einem Brüdenverdichter gewonnene Wärme kann im Sudhaus ca. 14,5 MJ Wärmeenergie pro Hektoliter fertiges Bier ersetzen.

#### **5.5.1.4. Druckkochen**

Chemische Reaktionen laufen bei höheren Temperaturen schneller ab. Die Würze wird bei einer Temperatur bis zu 110 °C und bei einem Druck gekocht, der leicht über dem atmosphärischen Druck liegt. Die Kochzeit und die Verdampfung werden dadurch verringert.

Die Gesamtkochzeit beträgt 60 bis 70 Minuten. Der Prozess selbst läuft nicht grundlegend anders ab als beim konventionellen Würzekochen. Das Erhitzen kann entweder über einen Innenwärmetauscher oder einen Außenwärmetauscher erfolgen. Die in den Dämpfen enthaltene Energie kann von einem Dampfkondensator oder durch Brüdenverdichtung zurückgewonnen werden.

#### **5.5.2. Kesselanlage**

Als Heizkessel werden meist Dampfkessel, die mit Gas oder Heizöl befeuert werden, benutzt. Der Heizkessel sollte einen möglichst hohen Wirkungsgrad aufweisen. Die Heizkessel in vielen Betrieben sind heute allerdings überaltet und weisen hohe Verluste auf. Moderne Heizkessel ermöglichen eine gute Ausnutzung des Brennstoffes. Der Austausch eines alten Kessels gegen einen modernen Spezialkessel ist dann besonders sinnvoll, wenn ohnedies eine Investition in die alte Anlage geplant ist.

Brenner und Kessel müssen in regelmäßigen Abständen gewartet werden. Alleine schon ein Millimeter Russbelag im Kessel verursacht einen Mehrverbrauch von 5 %. Wird ein neuer Heizkessel eingebaut, so muss auch der Kamin darauf abgestimmt sein.

Im Bereich der Kesselanlage stehen mehrere Wärmequellen zur Verfügung. Wesentlich ist der Abgaskondensator. Voraussetzung zur Nutzung des Abgases und Abkühlung auf eine Kondensattemperatur ist ein moderner Edelstahlkamin. Bei alten, hohen Schornsteinen führt eine zu tiefe Abkühlung des Abgases zur Versottung und zu einer Beschädigung des Kamins.

Vorgewärmt werden können das Speisewasser ebenso wie die Verbrennungsluft oder Heizöl, was sonst vor der Verbrennung sehr oft elektrisch erfolgt. Möglich ist auch eine Anhebung des Kesselrücklaufes. Es gibt auch Fälle, wo das eingesetzte Gas durch Abwärme vorgewärmt wird.

Ein wesentlicher Punkt ist, am Wochenende, wenn die Brauerei nicht läuft, für die Beheizung der einzelnen Wohnbereiche Lösungen zu finden. Darum werden diese Bereiche, aber auch der Braugasthof, die während der Woche aus der zentralen Anlage versorgt werden, während der Wochenenden oft einfach elektrisch beheizt. Abwärme steht am Wochenende ja kaum zur Verfügung, außer vielleicht von den Kühlanlagen bzw. von den Kompressoren, wobei hier die zentrale Frage ist, wo sich diese Anlage befindet.

Eine andere Lösung wäre die Dampfkesselanlage am Wochenende durchfahren zu lassen. Dazu ist jedoch, um den Personalaufwand gering zu halten, eine 72 h BOSB zu installieren. Dies ist eine Investition, die von vielen Anlagenbetreibern noch nicht getätigt wurde.

### **5.5.3. Abfüllung**

Ein wesentlicher Verbrauch im Wärmebereich ist normalerweise die Flaschenabfüllung. Hier werden die Flaschen gereinigt und es fallen große Mengen heißen Wassers an. Mit diesem Abwasser kann ein Teil der Raumheizung erfolgen, aber das Problem ist auch hier, dass es oft große Distanzen zwischen den Quellen und den einzelnen Verbrauchern gibt. Alte Flaschenwaschmaschinen sind oft ungedämmt und ohne WRG! (Kaskadenvorwärmung).

### **5.5.4. Sonstige wärmetechnische Maßnahmen**

Ansonsten fällt Abwärme im Bereich der Kälteanlagen, sowohl bei der Lagerung, als auch bei der Gärung an, die nutzbar ist, sofern es sich um ausreichend große und möglichst auch zentral gelegene Anlagen handelt. Diese Abwärme der Kälteanlagen kann ebenso wie die Abwärme der Druckluftherzeugung, CO<sub>2</sub> Kompressoren oder sonstiger Wasch- & Abwässer zu Zwecken der Raumheizung oder der Warmwasserbereitung genutzt werden.

## 5.6. Energiemanagement

Nach einer Optimierung des bestehenden Systems muss in weiterer Folge darauf geachtet werden, dass das System diese Betriebsweise auf Dauer beibehält bzw. dass auftretende Mängel rasch entdeckt werden. Durch eine regelmäßige Aufzeichnung und Auswertung der Energieverbrauchsdaten können auftretende Fehler oder sich ändernde Bedingungen festgestellt werden und entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Ein Energie – Management – System nimmt die Verbrauchsdaten auf und ordnet die Energiekosten den einzelnen Kostenstellen des Anwenders zu. Das System vergleicht die Verbrauchswerte mit berechneten Normwerten, wobei jede Abweichung gemeldet wird. Ein Teil der Energieverluste entsteht durch mangelnde Steuerung der Energieverbraucher. Ein wirksames Steuerungssystem trägt zur Verbrauchssenkung bei, indem es Abweichungen vom Standard – Energieverbrauch erkennt und anzeigt. Somit können die entsprechenden Schritte zur Verbesserung eingeleitet werden. Die vom Energie – Management – System gelieferten Daten müssen innerhalb der Firma bekanntgegeben werden, um das Personal zum Energiesparen zu motivieren.

Ein großer Anteil der Energie kann durch die Belegschaft eingespart werden, wenn sie über den genauen Energieverbrauch informiert wird und die Möglichkeit erhält, Verbesserungen vorzuschlagen.

Die Amortisationszeit für solche Energie – Management – Systeme liegt zwischen einem und drei Jahren.

## 5.7. Kraft – Wärme – Kopplung

Ein erdgasgefeuerter Motor treibt einen Generator an, der die elektrische Energie für die Anlage erzeugt. Die gesamten Abwärmeströme der Maschine werden zur Wärmeversorgung der Anlage genutzt. Damit wird ein Wirkungsgrad von 90 % erreicht.

### Prinzip eines Blockheizkraftwerks

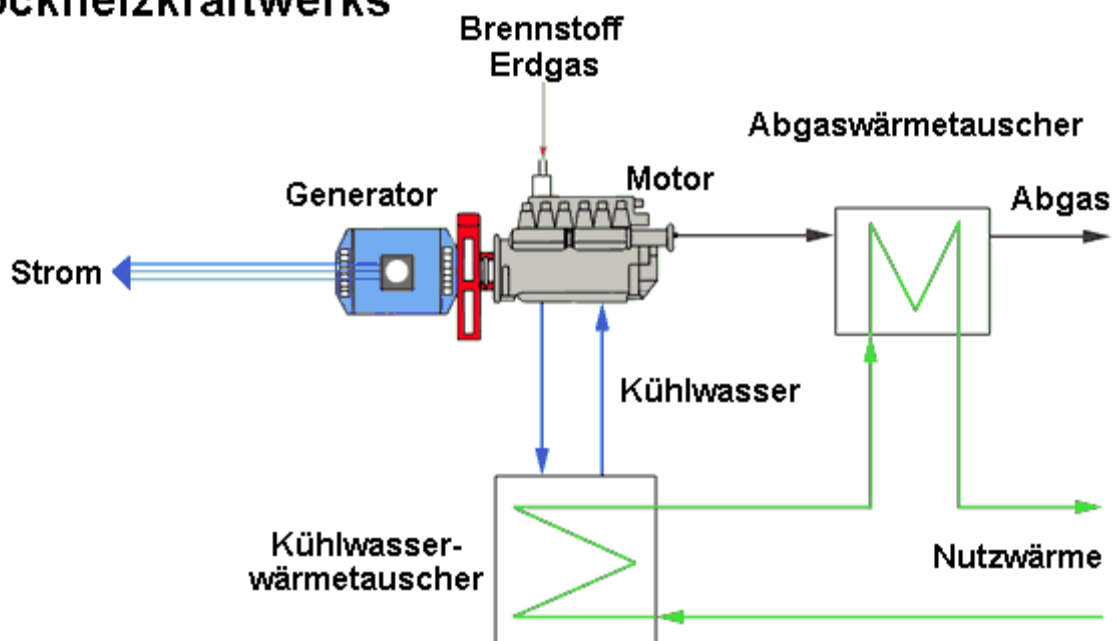


Abb.32: Schema eines Blockheizkraftwerkes

Da die Temperatur der verfügbaren Wärme allgemein unter 100°C liegt, wurden Blockheizkraftwerke in Industrie und Gewerbe bisher nur begrenzt eingesetzt. Durch den Einsatz von zwei in Reihe geschalteten Abgas-Wärmetauschern wird die Kühlwassertemperatur zunächst auf 115°C und dann auf 140°C angehoben.

Mit diesen heißgekühlten Blockheizkraftwerken kann eine Temperatur von 140°C erreicht werden.

Für die Rentabilität der Anlage ist wichtig, dass die Wärmeenergie genutzt werden kann. Ein Betrieb im Teillastbetrieb verringert sofort den Wirkungsgrad der Anlage. Die Möglichkeit der Einspeisung ins Netz kann die Wirtschaftlichkeit der Anlage deutlich erhöhen.



## 5.8. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Absorptionskälteanlagen

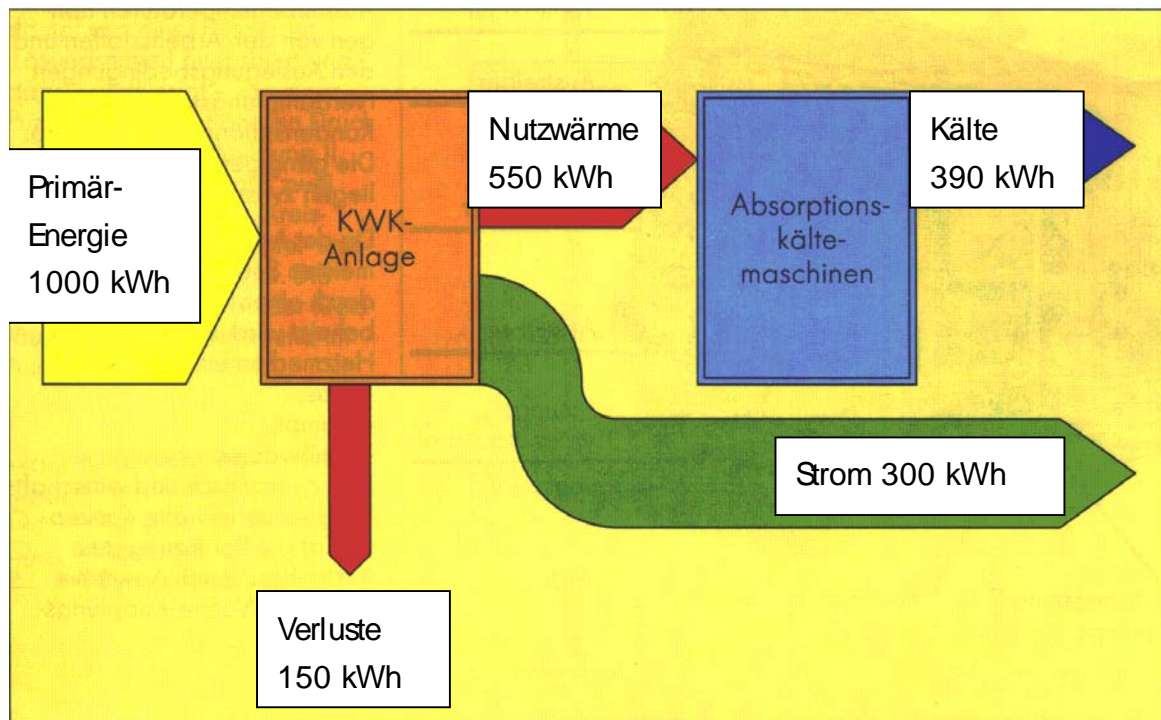


Abb.33: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage

Die Auslastung und die Brennstoffausnutzung der Kraft – Wärme – Kopplungsanlage ist in starkem Maße davon abhängig, in welchem Umfang die erzeugte Wärme genutzt werden kann. Bei einer reinen Heizwärmenutzung ist häufig in der Sommerzeit eine verringerte Auslastung unvermeidlich. Der Antrieb einer Absorptionskältemaschine durch Abwärme eines Kraft – Wärme – Kopplungsprozesses stellt dann eine attraktive und flexible Versorgungslösung dar. So lässt sich durch die Abwärmenutzung zur Kälteerzeugung der im Sommer geringe Heizwärmebedarf durch höheren Kältebedarf kompensieren. Insgesamt wird damit eine während des ganzen Jahres gleichmäßige Auslastung der Kraft – Wärme – Kopplungsanlage erreicht.

Aus motorischen KWK – Anlagen wird Heizwasser standardmäßig mit ca. 90°C ausgekoppelt. Mit heißgekühlten Motoren werden sogar Vorlauftemperaturen von 140°C erreicht. Gängige Gegendrucke von Dampfturbinen liegen zwischen 2 und 10 bar. Die Wärme aus Gasturbinen wird im Normalfall in Dampf – und/oder Heißwasserkesseln (Abhitzekeesseln) bei einem Temperaturniveau bis max. 500°C ausgekoppelt.

Serienmäßige Absorptionskältemaschinen sind für die Heizmedien Heißwasser und Dampf im Temperaturbereich 80 – 180°C konzipiert. Die Abwärme der obengenannten KWK – Typen lässt sich also problemlos in beiden Aggregatzuständen zur Kälteerzeugung nutzen, mitunter nach Absenkung auf das notwendige Temperaturniveau.

## 5.9. Transport und Logistik

Ein Punkt, der gerne bei der Bewertung des Energieverbrauchs von Gewerbebetrieben übersehen wird, ist der Bereich Verkehr und Transport. Der Transport kann, ganz nach den speziellen Gegebenheiten der Branche, einen beachtlichen Anteil am Gesamtenergiebedarf ausmachen. Sowohl durch die Wahl eines sparsamen Fahrzeuges mit niedrigem Treibstoffverbrauch als auch durch dessen richtige Bedienung und Wartung kann der Energieaufwand für Transport wesentlich beeinflusst werden.

Neben dem Ankauf von sparsamen Fahrzeugen sind es vor allem auch organisatorische Maßnahmen, die helfen Treibstoff zu sparen. Zu den organisatorischen Maßnahmen gehört vor allem die Streckenplanung zu prüfen und die günstigste Fahrtroute zu wählen.

Auch der Aufwand für die Abholung des Leergutes sollte nicht unterschätzt werden. Vor allem wegen der Kisten die nicht einheitlich sind. Dadurch muß jede Brauerei ihre Kisten selbst abholen, wodurch diese oft mit halb vollen Transportern unterwegs sind.

Durch Optimierung der Logistik ist im Bereich Transport ein großes Einsparpotential enthalten, fallen doch in diesem Bereich 20 – 25 % der Energiekosten und 15 % des Energieverbrauchs an.

### 5.10. Zusammenfassung der Sparpotentiale

	Bedarf		mögl. Ersparnis	
	Energie [%]	Kosten [%]	Energie [%]	Kosten [%]
<b>Strom</b>	<b>26</b>	<b>66,00</b>		
Leistungserfassung			0	3 – 5
Leistungsabhängige Einstufung			0	5 -15
2-fach oder 4-fach-Tarif			0	3 - 7
Zusatztarife zu Basistarif (< 100 kW)			0	1-2
Sonderregelungen			0	1-5
Energieabgabe			0	3-10
Lastmanagement			0	5 - 15
Blindstromkompensation			0	bis 10
Druckluft	1,56	3,96	0,75	2
Kühlanlage	10,4	26,4	2,6	9
Ventilatoren				
Dachrinnenheizung			1	3
Pumpen			2	5
<b>Wärme</b>	<b>74</b>	<b>34</b>		
Sudhaus	31,82	14,62		
WT ablaufende Würze			10	3
Therm. Brüdenverdichtung			10	3
Mechanische Brüdenverdichtung			10	3
Pfandendunstkondensator			5	2
Kesselanlage			5	2
Abfüllung	22,94	10,54	5	2
Sonstige wärmetechn. Maßnahmen			5	2
Kraft-Wärme-Kopplung			-	10-30
Absorptionskälteanlagen			-	10
<b>Summe</b>			<b>5-20</b>	<b>10 - 25</b>