Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 6

Artikel: Energienutzung bei Brauereien unter der Lupe

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904008

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Energienutzung bei Brauereien unter der Lupe

Nach einer kürzlich abgeschlossenen Untersuchung von insgesamt 27 Schweizer Brauereien betrug der Energieeinsatz pro Hektoliter verkaufsfertiges Bier 1982/83 rund 74 kWh Brennstoffe (≙ etwa 6 Liter Heizöl EL) und 17 kWh Strom. Nicht zuletzt die Analyse der Verbrauchsunterschiede in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren macht die Untersuchung auch für andere Branchen interessant.

Selon une récente étude concernant 27 brasseries suisses, la production d'un hectolitre de bière prêt à la vente nécessitait en 1982/83 74 kWh de combustibles (= env. 6 litres de mazout EL) et 17 kWh d'électricité. L'analyse des variations de 12 consommation en fonction de divers facteurs rend cette étude intéressante pour d'autres branches également.

Kontaktadresse
Schweizerischer Bierbrauerverein, Bahnhofplatz 9, 8023 Zürich

1. Einleitung

Die traditionelle Bierherstellung ist energieintensiv. Lange Würzekochzeiten bei rund 100 °C verursachen einen grossen Wärmebedarf. Die Gärung bei 5–9 °C sowie die anschliessende Reifung bei Temperaturen von bis zu –1 °C bedingen einen grossen Aufwand an künstlicher Kälte. Strenge Anforderungen an die mikrobiologische Sicherheit des fertigen Produktes setzen eine einwandfreie Reinigung und Sterilisation der Anlagen voraus. Schliesslich werden grosse Wärmemengen für das Abfüllen in Gebinde, insbesondere in Flaschen, eingesetzt.

2. Energieverbrauch in Brauereien

Eine deutsche Untersuchung bezifferte im Jahr 1980 die durchschnittlichen Energie- und Wasserkosten deutscher Brauereien auf 5,3% der Gesamt- oder 15,4% der Herstellkosten. Dabei sind Verwaltung und Vertrieb nicht einbezogen. Seit etwa 1980 entwickelte sich zum Thema «Energiesparen in Brauereien» eine eigentliche Publikationsflut. Entsprechend breit präsentiert sich das Betätigungsfeld der Forschungsinstitute und der Maschinenbauer. Besonders zahlreich sind Veröffentlichungen über Einsparungen im Sudhaus, dem Ort des grössten Wärmebedarfes in der Brauerei.

Voraussetzung zum Einsparen von Energie ist die Kenntnis des Ist-Zustandes im Energieverbrauch von Gesamtbetrieb, energieintensiven Prozessabschnitten und wichtigen Abteilungen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Dissertation[1] bei 27 Schweizer Brauereien der Energieverbrauch ermittelt. Diese verkauften im betreffenden Braujahr 3,36 Millionen Hektoliter eigenproduziertes Bier oder rund 81% der gesamtschweizerischen Bierproduktion. Die ermittelten Informationen beziehen sich auf das Braujahr 1982/83. Detailuntersuchungen an wichtigen Verbrauchern lieferten ferner prozess- und abteilungsspezifische Angaben und Hinweise auf die innerbetriebliche Energieverteilung, wobei auch Abwärmequellen quantitativ und qualitativ erfasst wurden.

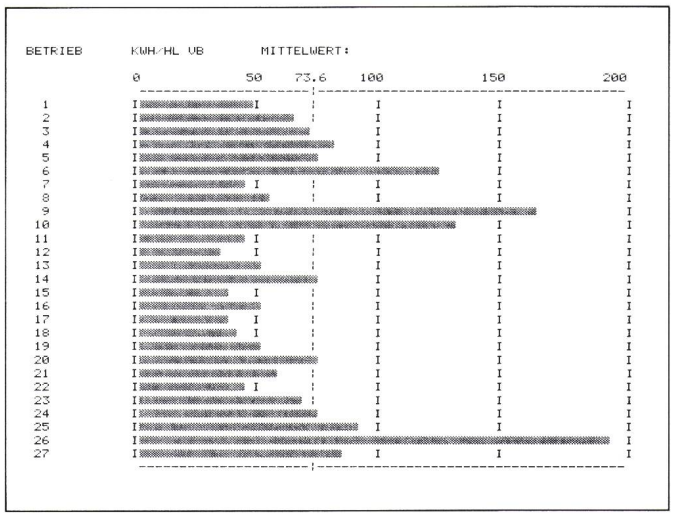
Zudem enthält die Arbeit Massnahmen zur Energieverbrauchssenkung und prüft konkrete Beispiele auf ihre Realisierbarkeit, die Gewährleistung der Produktqualität und ihre Wirtschaftlichkeit.

2.1 Spezifischer Brennstoffverbrauch

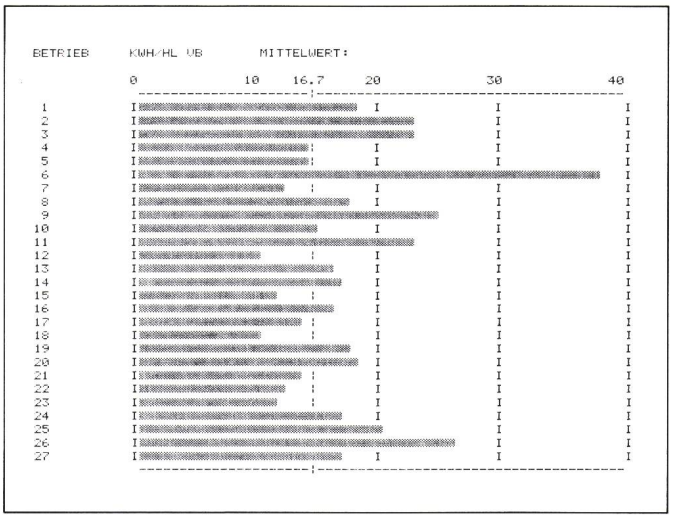
Die spezifischen Bedarfswerte in kWh pro hl Verkaufsbier (VB) sind für die fossilen Brennstoffe Öl, Gas und Kohle in Figur 1 aufgezeichnet. Diese Grösse stellt ein mit dem unteren Heizwert berechnetes Wärmeäquivalent aller beteiligten Brennstoffe dar. Der Minimalwert beträgt 35,2, der Maximalwert 194,0 kWh/hl VB. Der Mittelwert von 73,6 kWh/hl VB wird von 16 Betrieben unter- und von 11 Brauereien überschritten.

Eine Klassenbildung mit Brauereien ähnlichen Ausstosses sollte zeigen, inwiefern Kleinbetriebe gegenüber den grossen Anlagen im Wärmeeinsatz benachteiligt sind. Bei einer solchen Unterteilung variieren die spezifischen

[1] Markus Willimann: Energieeinsatz in der Schweizer Brauindustrie, Dissertation Nr. 8393 ETH Zürich, 1987 (ausgeführt an der Versuchsstation Schweizerischer Brauereien, Engimattstrasse 11, 8059 Zürich, in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. F. Emch, Lehrstuhl für Lebensmittelverfahrenstechnik an der ETHZ)



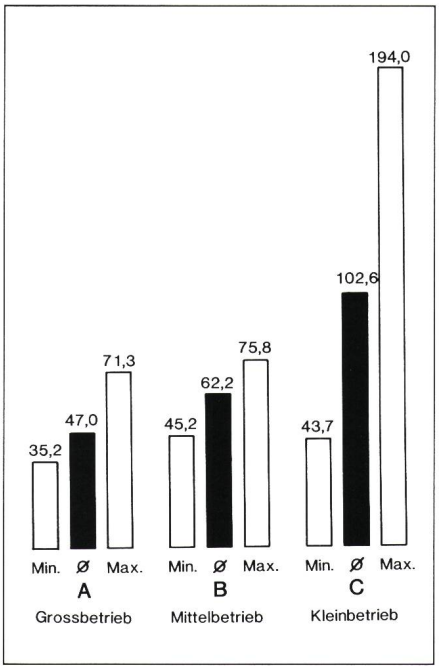
Figur 1 Spezifischer Brennstoffverbrauch von 27 Brauereien in kWh/hl VB



Figur 3 Spezifischer Elektrizitätsbedarf, kWh/hl VB

Werte nach Figur 2 bei den Grossbrauereien zwischen 35,2 und 71,3 kWh/hl VB; der Mittelwert liegt bei 47,0 kWh/hl VB. Betriebe mittlerer Grösse benötigen zwischen 45,2 und 75,8, im Mittel 62,2 kWh/hl VB. Bedeutend grösser sind die Unterschiede bei den Kleinbrauereien: Der geringste Wert beträgt 43,7, der höchste 194,0 kWh/hl VB; der Durchschnitt ist mit 102,6 kWh/hl VB hoch.

Die grosse Bandbreite dieser Ergebnisse weist einerseits auf bedeutende technische Einrichtungsunterschiede, anderseits auf ein abweichendes Energiebewusstsein mit unterschiedlich entwickeltem Energiemanagement hin. Zu überraschen vermag die Tatsache, dass auch Kleinbetriebe mit geringem Wärmeenergieeinsatz zu produzieren vermögen und bestenfalls sogar Werte wie Grossbrauereien erreichen. Dazu ist jedoch eine konsequente Überprüfung aller erfolgversprechenden Möglichkeiten zum Energiesparen sowie der Einsatz moderner Technologie erforderlich.



Figur 2 Gruppenwerte zum spezifischen Brennstoffverbrauch kWh/hl VB

2.2 Spezifischer Elektrizitätsverbrauch

Die in Figur 3 wiedergegebenen spezifischen Elektrizitätsverbrauchswerte streuen zwischen 10,0 und 38,5 kWh/hl VB. Nach Ausschluss des infolge der verhältnismässig geringen Anzahl von untersuchten Betrieben stark ins Gewicht fallenden oberen Extremwertes ergibt sich ein reduziertes Maximum von 26,2 und ein Durchschnitt von 16,7 kWh/hl VB. Dieses Mittel wird von 13 Brauereien unter- und von ebensovielen Brauereien überschritten.

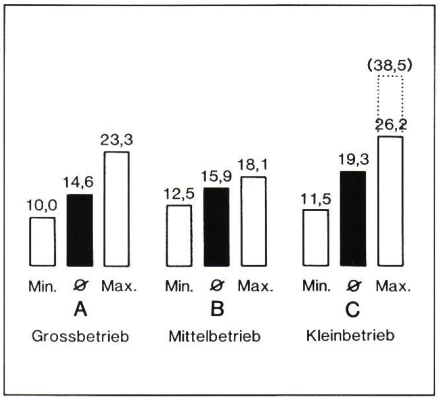
Die auch hier ermittelten spezifischen Gruppenwerte sind der Figur 4 zu entnehmen.

Der spezifische elektrische Energiekonsum der Betriebe aller Gruppen ist – im Gegensatz zum Brennstoffverbrauch – ähnlich. Gründe dafür sind wohl der in Grossbrauereien gegenüber kleineren Betrieben erhöhte Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad sowie der nicht zu unterschätzende Bezug der Verwaltungen. Ein Mehrverbrauch resultiert vor allem auch bei über Gebühr langen Laufzeiten der Kältemaschinen.

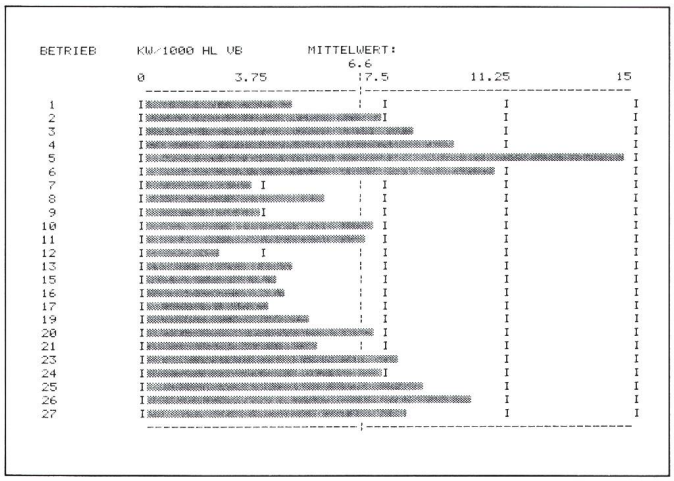
2.3 Spezifische elektrische Leistungsspitze

Die elektrische Leistungsspitze entspricht der maximal pro Zeiteinheit bezogenen elektrischen Energie. Bei Umrechnung auf die Jahresproduktion bewegt sich die spezifische Leistungsspitze in der vorliegenden Umfrage zwischen 2,4 und 14,9 kW/1000 hl VB. Der Durchschnitt beträgt nach Figur 5 6,6 kW. Weil die Spitzenzählung je nach Stromlieferungsvertrag nicht überall vorgenommen wird, umfasst die Auswertung lediglich 24 Betriebe.

Hohe Werte erreichen vorwiegend Kleinbrauereien. Diese nehmen aus verschiedenen Gründen (Personalverfügbarkeit, Kältebedarf) oft wenig Rücksicht auf den Produktionsablauf



Figur 4 Gruppenwerte zum spezifischen Elektrizitätsbedarf kWh/hl VB



Figur 5
Spezifische elektrische Leistungsspitze, kW/1000 hl VB

und betreiben gleichzeitig verschiedene Grossverbraucher wie Kältemaschinen und Flaschengeschäft.

2.4 Verhältnis des Elektrizitätsbezuges zu Hoch- und Niedertarif

Die Gegenüberstellung der Elektrizitätsbezüge zu Hoch- und Niedertarif zeigt, wie weit Brauereien ihren elektrischen Strombedarf auf 24 Stunden verteilen. Der Mittelwert des Verhältnisses des Bezuges Hoch-/Niedertarif liegt mit 2,6 tief. Ein Betrieb mit dem Verhältnis 0,7:1 bezieht mehr elektrische Energie zum Nacht- als zum Tagtarif, praktisch nur während des Tages versorgt sich ein anderer mit dem extremen Verhältnis von 14,1:1.

Obwohl der Bezug von Energie zum Nieder- anstatt zum Hochtarif beim Verbraucher keine Energieeinsparung darstellt, ergeben sich Vorteile für Bereitstellung und Versorgungssicherheit. Die meisten Elektrizitätswerke bieten im Überschuss vorhandenen Nachtstrom zu einem bedeutend günstigeren Preis an. Viele Brauereien haben die Möglichkeit, während der Nacht billig Kältereserven zu produzieren. Sie profitieren auch weitgehend davon.

2.5 Spezifischer Gesamtenergieverbrauch

Nach dem getrennten Erörtern der Energieträger Brennstoffe und Elektrizität soll nun die Kumulation zeigen, ob Betriebe einen geringen Brennstoffbedarf durch vermehrten Bezug von elektrischer Energie substituieren. Aus Figur 6 geht hervor, dass kein solcher Effekt auftritt. Wohl liegen die kumulierten Werte zwischen 45,2 und 220,2 kWh/hl VB, und der Durchschnitt erreicht 91,1 kWh/hl VB, doch sind Betriebe mit hohem Brennstoffverbrauch oft auch im Elektrizitätskonsum nicht zurückhaltend. Die Ursachen dazu können verschiedener Art sein. So ist in grösseren Betrieben ein wirksames Energiespardenken oft zu wenig entwickelt. Kleine Brauereien verfügen häufig über ältere Produktionseinrichtungen, die vermehrt Energie benötigen. Eine nicht geringe Auswirkung auf den spezifischen Energiebedarf dürfte auch der gegenüber früheren Jahren festzustellende Produktionsrückgang in mittleren und kleineren Brauereien haben. Als Folge weisen die Anlagen eine geringere Auslastung mit einer entsprechend schlechteren Energienutzung auf. Davon sind besonders Gär- und Lagerkeller betroffen. Infolge des vielfach starr zusammenhängenden Kühlsystems sind oft grosse Kellervolumen zu kühlen, obwohl diese nur teilweise oder gar nicht beschickt sind. Dadurch ergibt sich ein übermässig hoher Kältebedarf.

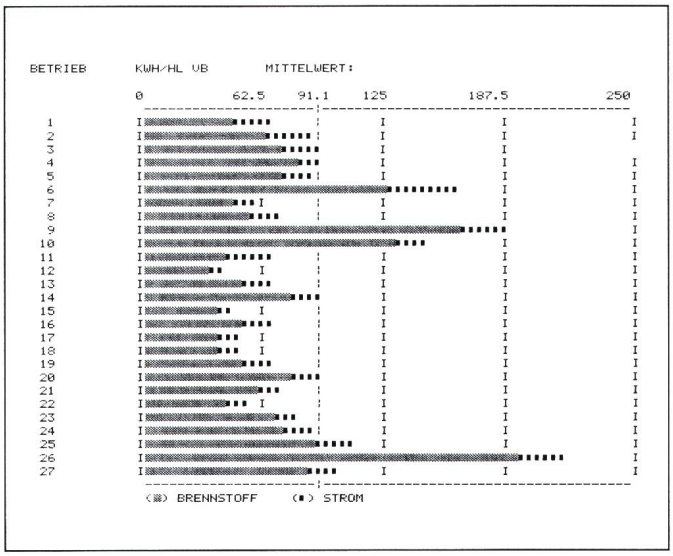
2.6 Produktion und Energieverbrauch im Jahresverlauf

Der Bierabsatz ist witterungsbedingt saisonalen Schwankungen unterworfen. Infolge der beschränkten Haltbarkeit dieses Getränkes sowie aus logistischen Überlegungen richtet sich die Herstellung nach dem voraussichtlichen Absatz. Als Folge des ändernden Produktionsgangs resultieren ein abweichender Energiebedarf und unterschiedlich anfallende Abwärmemengen. Aus diesen Gründen stellt der jährliche Produktionsverlauf eine wesentliche Grundlage für jede energiewirtschaftliche Betrachtung dar. Figur 7 vermittelt einen Überblick über den Jahresverlauf von Produktion und Wärme- sowie Elektrizitätsbedarf.

Der Wärmebedarf erreicht im Winter trotz reduzierter Produktion eine Spitze. Diese ist auf den zum Teil markanten Bezug durch die Raumheizung zurückzuführen. Anders verhält sich der Elektrizitätsbedarf. Dieser folgt weitgehend dem Produktionsvolumen. Der leicht überproportionale Anstieg im Sommer dürfte eine Folge des grösseren Kältebedarfs bei erhöhten Aussentemperaturen sein.

2.7 Elektrizitätsbedarf für die Kälteproduktion

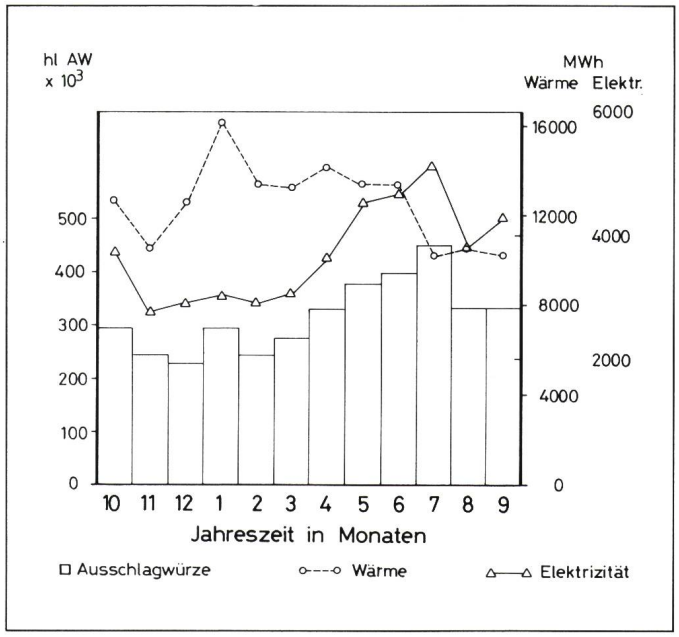
Der Elektrizitätsbedarf für die Kälteproduktion wurde in 6 Brauereien mit betriebseigenen Zählern über die



Figur 6
Spezifischer Gesamtenergieverbrauch, kWh/hl VB

Dauer von 1 Jahr ermittelt (siehe Tab. I). Auffallend ist der mit 2,8 kWh/hl VB niedrige Bezug von Betrieb 1. Dieser ist vermutlich auf den Einsatz zylindrokonischer Gärtanks (ZKG) zurückzuführen, die im Vergleich zu offenen Bottichen einen geringeren Kältebedarf aufweisen. Hohe spezifische Werte weisen die Kleinbetriebe auf. Ein wesentlicher Grund dürfte in der gegenüber früheren Jahren zurückgegangenen Produktionsmenge liegen. Dadurch ergeben sich geringere Kellerbelegungen. Weil zudem das Kühlsystem meist zusammenhängend gebaut ist, werden teilweise Keller gekühlt, die nur noch als Reserve dienen. Bedingt durch die heute geringere Produktionsmenge sind die meist älteren Kältekompressoren bezüglich des jetzigen Kältebedarfs überdimensioniert.

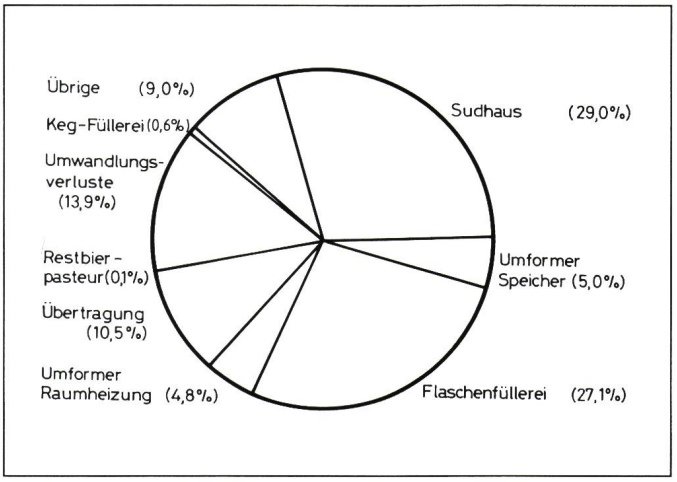
Figur 7
Saisonale Unterschiede in Würzeproduktion (hl AW) und Energieverbrauch (MWh) der Testbetriebe



2.8 Elektrizitätsbedarf für die Drucklufterzeugung

Langfristige Messungen zur Bestimmung der für die Drucklufterzeugung notwendigen Elektrizitätsmenge wurden nicht durchgeführt. Kurzfristige Messungen an einer Anlage eines grossen Betriebes ergaben umgerechnet einen Anteil am jährlichen Gesamtelektrizitätsbezug von 5 bis 10%. Der Verbrauch dürfte in Abhängigkeit des Zustandes des Verteilnetzes sowie der durchschnittlichen Belastung des Kompressors variieren.

Figur 8
Die wichtigsten Wärmeverbraucher einer Brauerei



2.9 Gesamtenergiebilanz

Für eine grosse Brauerei wurde eine Jahresgesamtenergiebilanz erstellt. Des grossen messtechnischen Aufwandes wegen lag das Schwergewicht bei der Wärmeenergie. Der Gesamtenergieeinsatz (= 100%) betrug 14 616 MWh. Davon wurden 70,8% in Form von Erdgas, 6,5% mit Erdöl und 22,7% durch Elektrizität gedeckt. Das Produktionsvolumen lag im betreffenden Jahr bei rund 200 000 hl VB. Die wichtigsten Wärmeverbraucher sind in einem Kreisdiagramm (Figur 8) zusammengefasst. Zum Zwecke der Vergleichbarkeit beziehen sich die darin aufgeführten Werte nur auf die zur Wärmeerzeugung genutzte Endenergie, also auf Erdgas und Erdöl (= 100%). Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass der grösste Wärmestrom mit einem Anteil von 29% an der für die Wärmeerzeugung eingesetzten Endenergie ins Sudhaus fliesst. Auf das Flaschengeschäft entfielen, inklusive dem für diese Abteilung gemessenen Raumheizungsanteil von 8,6%, 27,1% der im Brennstoff enthaltenen Wärmeenergie. Bei der Umwandlung gingen 13,9% und bei der Wärmeübertragung 10,5% verloren. Nicht zu unterschätzen ist der Aufwand an Endenergie für die Raumheizung. Dieser betrug, bezogen auf die im Brennstoff enthaltene Wärmeenergie, 8,6% für das Flaschengeschäft und 4,8% für den übrigen Betrieb, insgesamt also 13,4%. Darin nicht eingeschlossen ist die aus dem WW-Speicher stammende, mit Abwärme erzeugte Wärmemenge. Einen mit 0,6% des Brennstoffenergie-

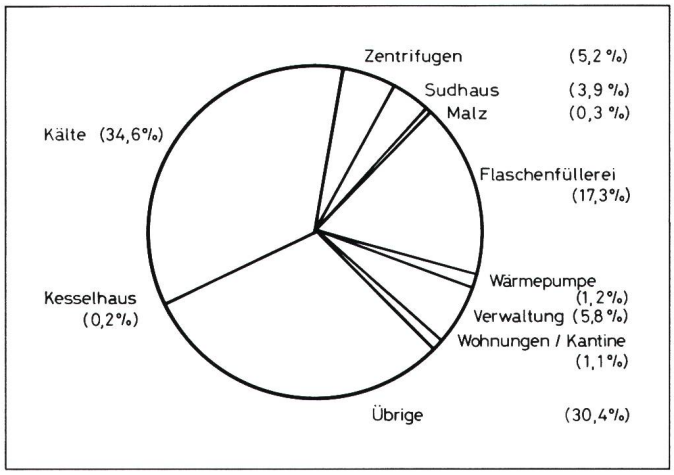
Tabelle I
Elektrizitätsbedarf der Kältemaschinen

Brauerei	Grösse[1]	Elektrizitätsbedarf	
		in kWh/hl VB	in % des Gesamtbezuges
1	A	2,8	24,2
2	A	4,7	34,6
3	A	5,4	32,8
4	B	5,6	44,6
5	C	8,9	38,6
6	C	11,8	58,2

[1] A = Grossbetrieb, B = Mittelbetrieb, C = Kleinbetrieb

	kWh/ hl VB	in %
Gesamtverbrauch	**12,40**	**100,0**
davon		
Kesselhaus	0,02	0,2
Malz	0,04	0,3
Sudhaus	0,49	3,9
Zentrifugen	0,64	5,2
Kälte	4,30	34,6
Flaschenfüllerei	2,15	17,3
Verwaltung	0,72	5,8
Wärmepumpe Raumheizung	0,15	1,2
Wohnungen und Kantine	0,13	1,1
nicht zuteilbar	3,76	30,4

Tabelle II Elektrizitätsbilanz einer grossen Brauerei
(Gesamtbezug 5748 MWh/a)



Figur 9 Relative Elektrizitätsverteilung einer Brauerei

inhalts lediglich geringen Wärmeaufwand wies die Fass-Füllerei auf.

Die Ermittlung des Elektrizitätsbedarfes erfolgte gesamthaft sowie für das Sudhaus und das Flaschengeschäft gesondert. Vom Gesamtelektrizitätsbezug von 3321 MWh entfielen 202 MWh oder 6,1% auf das Sudhaus und 979 MWh bzw. 29,5% auf das Flaschengeschäft.

Eine andere grosse Brauerei war mit betriebseigenen Zählern gut ausgerüstet. Diese dienten zur Erstellung der Elektrizitätsbilanz. Tabelle II und Figur 9 ist zu entnehmen, dass die Kältemaschinen 34,6% der gesamthaft bezogenen elektrischen Energie von 5748 MWh/a benötigten. Aufgrund des Verlaufs der Kälteleistung und des wöchentlichen Gesamtelektrizitätsbedarfs lässt sich folgern, dass der für die Kälteproduktion notwendige Anteil die Grundlast des Betriebes bestimmt. Von ebenfalls grosser Bedeutung ist der elektrische Strombedarf der Flaschenfüllerei, welcher einen Wert von 17,3% erreichte. Kennzeichnend für grössere Betriebe ist der mit 5,8% beachtliche Anteil der Verwaltung.

3. Energiesparmassnahmen

Die hier dargestellte Erhebung ergab, dass zwischen Betrieben verschiedener Grösse wie auch unter Brauereien desselben Jahresausstosses beträchtliche Unterschiede im spezifischen Energieverbrauch bestehen. Energiemessungen an Anlagen und Prozessen dienten dazu, Transparenz in die Verbraucherstruktur zu bringen.

Energieeinsparungen lassen sich sowohl durch Investitionen als auch durch organisatorische Massnahmen erreichen. Erstere eignen sich vor allem für energieintensive Brauereianlagen, wie das Sudhaus und die Flaschenfüllerei. So lässt sich beispielsweise im Sudhaus, dem Herz der Brauerei, der Aufwand an Wärmeenergie durch Verwendung modernster Sudhaustechnologie gegenüber herkömmlicher Technologie um mehr als 50% senken. Grosse Wärmeeinsparungen lassen sich auch an Flaschenwaschmaschinen erzielen. Moderne Anlagen sind heute mit einer internen Wärmerückgewinnung sowie einer wirksamen Wärmedämmung ausgerüstet. Wärmeverluste können somit auf ein Minimum reduziert werden. Schliesslich ergibt sich durch die gesamthaft geringere Wärmenachfrage die Möglichkeit, die Wärmezentrale kleiner zu dimensionieren und somit die Umwandlungs- und Bereitschaftsverluste ebenfalls zu reduzieren.

In der genannten Dissertation werden verschiedene Verbesserungsvorschläge zur optimalen Energienutzung in Brauereien diskutiert. Unter anderem werden beispielsweise in einem für Grossbetriebe gültigen Vergleich Investitionen, Energiekosten und Energieeinsparungen verschiedener Würzekochsysteme bei wechselndem Warmwasserbedarf einander gegenübergestellt. Auch wurde eine Anleitung für eine angepasste Messtechnik verfasst, die es jedem Betrieb ermöglicht, selbständig aussagekräftige Energiemessungen durchzuführen. An dieser Stelle soll nicht auf die einzelnen, teilweise stark produktionsspezifischen Massnahmen eingegangen werden, die sich zum grössten Teil auf die Verringerung des Wärmebedarfs konzentrieren.

Speziell im Hinblick auf die rationelle Stromnutzung sollte bei der Kälteversorgung unbedingt darauf geachtet werden, dass sich durch eine Abänderung am Verteilnetz unbeschickte Keller von der Kühlung ausschliessen lassen. Alte, teilweise überdimensionierte Kompressoren sollten durch neue, leistungsgeregelte Verdichter ersetzt werden. Die Kapitalrückflusszeit dürfte in den meisten Fällen unterhalb von 5 Jahren liegen.

Abschliessend ist festzustellen, dass die Wirtschaftlichkeit für den Einsatz sogenannt umweltgerechter, energiesparender Anlagen bei den aktuellen Energiepreisen oft nicht gegeben ist. In anderen Fällen setzt die Beeinträchtigung der Produktqualität der möglichen Einsparung klare Grenzen, wie beispielsweise die Reduktion der Gesamtverdampfung beim Würzekochen. In den letzten Jahren wurden vorab bei der Energieumwandlung im Kesselhaus, im Sudhaus und in der Flaschenfüllerei grosse Fortschritte in Wärmeeinsparung und Technik erzielt. Es bleibt zu hoffen, dass die mit der neueren Technologie gemachten Erfahrungen in die Entwicklungen miteinbezogen werden und die moderne Verfahrenstechnik bald auch kleineren Brauereien zugänglich ist.

Verschiedene Brauereien haben Projekte zum Energiesparen in Ausführung oder in Planung. Der spezifische Energiebedarf, speziell der Wärmebedarf, wird deshalb weiter sinken. Die Schweizer Brauereien leisten somit einen bedeutenden Beitrag zum Umweltschutz.