



Doctoral Thesis

## Energieeinsatz in der Schweizer Brauindustrie

**Author(s):**

Willimann, Markus

**Publication Date:**

1987

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000413355> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss ETH 8393

# ENERGIEEINSATZ IN DER SCHWEIZER BRAUINDUSTRIE

Abhandlung  
zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
MARKUS WILLIMANN  
Dipl. Lm.-Ing. ETH  
geboren am 29. Mai 1956  
von Hohenrain und Emmen LU

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. F. Emch, Referent  
Dr. H. Pfenninger, Korreferent

Zürich 1987  
Zentralstelle der Studentenschaft

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Bierbereitung ist eine energieintensive Technologie. Eine im Jahr 1984 durchgeführte Umfrage ergab für 27 Schweizer Brauereien einen spezifischen Gesamtenergieaufwand von 45,2 bis 220,2 kWh/hl Verkaufsbier (VB). Für die Wärmeproduktion betrug der spezifische Brennstoffbedarf 35,2 bis 194,0 kWh/hl VB. Für Licht und Kraft wurden 10,0 bis 26,2, in einem Fall gar 38,5 kWh/hl VB an Elektrizität bezogen. Die grossen Unterschiede sind von der Betriebsgrösse, der Betriebseinrichtung, der verwendeten Technologie sowie dem organisatorischen Produktionsablauf abhängig. Das wohl überraschendste Resultat der Untersuchung war, dass Kleinbrauereien praktisch ebenso energiesparend produzieren können wie grosse Betriebe. Zur Sichtbarmachung der Verbraucherstruktur einzelner Anlagen und Prozesse dienten Energiemessungen. Diese ergaben, dass bezogen auf die dem Betrieb zugeführte Endenergie die Energieumwandlung im Kesselhaus mit 14 bis 26% die wichtigste Verlustquelle darstellt. Davon machte die Einbusse durch Konvektion, Abstrahlung und Rauchgase 94 bis 99% aus. Wärmeverluste von rund 10% der eingesetzten Endenergie resultieren bei der Verteilung. Zu deren Verringerung bedarf es einer guten Isolation des oft weitverzweigten Leitungsnetzes. Die vorliegende Arbeit erhebt auch spezifische Verbrauchswerte von Produktionsanlagen und Teilprozessen. Messungen zum Wärmebedarf im Sudhaus, dem grössten Wärmenutzer einer Brauerei, ergaben für konventionelle Anlagen Werte zwischen 14,3 und 19,5 kWh/hl Ausschlagwürze (AW). Eine umgekehrte Abhängigkeit zwischen diesem Bedarf und der Höhe der Malzschüttung dürfte auf die bei grossen Sudpfannen pro Volumeneinheit geringeren Abstrahlungsverluste sowie die höhere Sudfolge in Grossbrauereien zurückzuführen sein. Wärmemessungen an einer NDK-Pfanne ergaben bei einer Gesamtverdampfung (GV) von 2,5 bis 5,3% Verbrauchswerte zwischen 5,9 und 9,0 kWh/hl AW. Im Vergleich zu drucklosen Kochungen mit einer GV von 9,5% ergaben sich in derselben Pfanne Einsparungen von 26-52%. Bezogen auf den gesamten Brauprozess entstan-

den Reduktionen im Wärmebedarf um 22-44%. In einem für Grossbetriebe gültigen Vergleich werden einander Investitionen, Energiekosten und Energieeinsparungen verschiedener Würzekochsysteme bei wechselndem Warmwasserbedarf gegenübergestellt. In der Flaschenfüllerei stellt die Flaschenwaschmaschine den grössten Energie- und Wasserverbraucher dar. Messungen an 8 Anlagen ergaben je nach Bauweise und Ausrüstung spezifische Verbrauchswerte zwischen 9,5 und 45,5 kWh/1000 Flaschen mit einem Inhalt von 29 bzw. 30 cl. Der spezifische Wasserbedarf schwankte für dieselben Flaschentypen zwischen 196 und 245 ml/Flasche. Die Erstellung der Wärmebilanz zweier typenidentischer, sich nur in der Isolation unterscheidender Maschinen ergab, dass 14 bzw. 33% der Wärmezufuhr über den Knallgasabzug und 13 bzw. 32% über die Abstrahlung und den Wrasenabzug verloren gehen. Im Abwasser sind 43 bzw. 46% und im Flaschenglas 2 bzw. 8% der Abwärme enthalten. Für das Füllen von Keg resultierte ein Verbrauchswert von 5,3 kWh/hl Fassbier (FB). Die untersuchte Anlage wurde zu 78%, entsprechend 4,2 kWh/hl FB, mit aus Abwärme erzeugtem Warmwasser betrieben. Der exakte Energieaufwand für die allgemeine Reinigung und Sterilisation ist schwierig zu ermitteln. Messungen in einem Grossbetrieb ergaben für den mit Kerzen- und Schichtenfiltern ausgerüsteten Filterkeller sowie den Flaschenfüller die höchsten Werte, nämlich 656 kWh/1000 hl VB bzw. 500 kWh/1000 Hl Flaschenbier (FlB). Verbrauchsangaben zur Wärmerückgewinnung, zum Warmwasserhaushalt sowie für die Raumheizung zeigen auf, dass bezüglich der Einrichtung grosse Unterschiede bestehen. Untersuchungen bezüglich des Elektrizitätsbedarfs liessen erkennen, dass 24 bis 58% des Gesamtbezugs, dh. 2,8 bis 11,8 kWh/hl VB für die Kälteproduktion Verwendung finden. Als Zusammenfassung dieser Messungen vermitteln eine Gesamtenergie-, Wärme- und Elektrizitätsbilanz sowie zwei Wasserbilanzen eine Uebersicht zur Verteilung. Schliesslich ist eine Anleitung für eine angepasste Messtechnik verfasst worden, die es jedem Betrieb ermöglicht, selbständig aussagekräftige Energiemessungen durchzuführen.

## 7. SUMMARY

A 1984 survey of 27 Swiss breweries showed beer production is energy intensive. Specific total energy consumption ranged from 45,2 to 220,2 kWh/hl finished product (FP), with fuel for heat generation using 35,2 to 194,0 kWh/hl FP and electricity for light and mechanical power 10,0 to 26,2 kWh/hl FP. In one case 38,5 kWh/hl FP electricity were used. The major differences were due to plant size, equipment, lay-out and the technology used. The most surprising survey result was that small breweries may have almost as energy-saving production as large ones. In this project energy measurement was used to identify the consumption pattern within a single plant and process. Comparison of final energy and effective heat generation in the boiler-house gave the most significant loss by transformation of 14 to 26% with convection, radiant heat and fumes accounting for 94 to 99% of the loss. Heating losses of 10% of the input final energy were due to distribution. They could be decreased by good insulation of the often widely branching supply network. This work also evaluated specific consumption rates in the processing plant. Measurement of the brewhouse heat needs, the largest heat user in the brewery, gave for conventional equipment values of 14,3 to 19,5 kWh/hl finished wort (FW). There was an inverse relationship between the heat needed and quantity of throw which could result in a large brewing kettle having less radiant heat loss per unit volume as well as a quicker brewing sequence in large breweries. Heat measurement of a low pressure wort boiling copper showed by total evaporation (TE) from 2,5 to 5,3% values of consumption between 5,9 and 9,0 kWh/hl FW. In comparison a non-pressurized brew with a TE of 9,5% had, for the same pot, a reduction of 26 to 52%. From the whole brewing process there were reductions in the heat requirements from 22 to 44%. In one of the larger plants the investment, energy costs and energy savings of different wort boiling systems were compared for various warm water requirements. The bottle washing machine was the

largest energy and water user in the filling section. Measurement in 8 plants showed, dependant on type of construction and equipment, consumption was between 9,5 and 45,5 kWh/1000 bottles (content 29 to 30 cl). The specific water requirement varied, for the same bottle type, between 196 and 245 ml/bottle. Heat input-output analysis of two machine types, which only varied in amount of insulation, showed 14 or 33% of heat input over the hydrogen outlet and 13 or 32% as radiant heat as well as over the vapor condensor were lost. In the effluent 43 or 46% and for the bottles 2 or 8% of the waste heat was retained. For the keg filling the consumption was 5,3 kWh/hl draught beer (DB). For the plant studied, heat demand was covered by 78% or 4,2 kWh/hl DB as warm water produced by waste heat. The exact energy expenditure for general cleaning and sterilisation was difficult to ascertain. Measurement in a large brewery gave the highest values for the filter cellar with 656 kWh/1000 hl FP, equipped with candle and sheet filters, and with 500 kWh/1000 hl bottled beer (BB) for the bottle filler. Consumption data for heat recovery, warm water level and room heating shows that there are major differences regarding the fittings. Work on electricity showed that 24 to 58% or 2,8 to 11,8 kWh/hl FP was used for cooling. In summary for these measurements, one total energy-, heat- and electricity balance as well as two water balances establish an overview of the distribution. Finally a suitable measurement technique has been documented, which makes it possible for any brewery to convey independant and comparable energy measurements.