

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75 (1957)
Heft: 19

Artikel: Wärmetechnische Untersuchungen in Emmentaler-Käsereien
Autor: Ostertag, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-63350>

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: 20.02.2026

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

Wärmetechnische Untersuchungen in Emmentaler-Käsereien

DK 662.6:637.331

Von Dipl. Ing. A. Ostertag, Zürich

Veranlassung

Die Herstellung von Emmentaler Käse bildet in der Schweiz einen bedeutenden Gewerbezweig. Sie stellt zugleich einen energieintensiven Prozess dar. Wie auf andern Gebieten der Technik, so sind auch auf dem der käseertechnischen Einrichtungen grosse Fortschritte erzielt worden. Dies betrifft insbesondere auch die Installationen, die der Wärmeversorgung dienen. Die Verbesserungen bezwecken nicht nur die Entlastung des Käfers, die Vereinfachung des Kesselbetriebs, die Erhöhung der Betriebssicherheit und der Reinlichkeit, sondern auch die Steigerung der Wirtschaftlichkeit. Anstrengungen in dieser Richtung rechtfertigen sich im Hinblick auf die stete Verteuerung der Brennstoffe. Damit stellt sich aber ein zweites Problem, nämlich der Vergleich der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen heute bestehenden Wärmeversorgungssysteme, namentlich derjenigen zwischen brennstoffgefeuerten Dampfbetrieben und elektrischen Betrieben.

Der Centralschweizerische Milchverband hat anfangs 1955 zusammen mit den Centralschweizerischen Kraftwerken AG. (CKW) eine Kommission zur Abklärung der wärmewirtschaftlichen Belange von Käsereibetrieben gebildet. Diese wandte sich an das Milchtechnische Institut der Eidg. Technischen Hochschule, das unter der Leitung von Prof. Dr. Ed. Zollikofer steht. Die Untersuchungen sind in dessen Auftrag vom Verfasser unter Mithilfe von Dipl. Ing. agr. A. Schmid, Assistent am genannten Institut, in den Jahren 1955/56 durchgeführt worden. Hier soll im Einverständnis mit der genannten Kommission über die wesentlichen Ergebnisse berichtet werden.

Sehr umfangreiche wärmewirtschaftliche Erhebungen in Käsereibetrieben sind in den Jahren 1946 und 1947 im Kanton Bern durchgeführt worden, über die eine vom Verband Bernischer Käserei- und Milchgenossenschaften und vom Bernischen Milchkäuferverband herausgegebene Schrift mit dem Titel «Technische und wirtschaftliche Erhebungen über die Heizanlage im Käsereibetrieb» (Bern 1947, im Selbstverlag der Verbände) eingehend orientiert. Ausserdem erschien in der Zeitschrift «Elektrizitätsverwertung» Jahrgang 9, Nr. 9 (Dezember 1951) ein Aufsatz «Elektrowärme in der Käserei». Diese Studien gaben wertvolle Anregungen. Wir sahen aber bald ein, dass wir versuchen mussten, durch möglichst genaues Erfassen der einzelnen Wärmeumsätze zuverlässige Vergleichszahlen zu erhalten, die sich dann auch auf andere Fälle übertragen lassen und eine zutreffende Beurteilung der einzelnen Systeme erlauben. Weiter sind hier die vom Schweiz. Verein von Dampfkesselbesitzern an einem Käseidampfkessel durchgeführten Versuche zu erwähnen, die im Jahresbericht 1953 dieses Vereins, S. 61 beschrieben sind.

I. Problemstellung

1. Zweck

Die Untersuchungen bezweckten die Feststellung der Eignung der für die Wärmeversorgung in Betracht kommenden Heizsysteme. Zur Beurteilung dieser Eignung sind vom Standpunkt des Käsereibetriebes folgende Kriterien massgebend:

- a) Die Auswirkungen des Systems auf die Käserei-prozesse.
- b) Die jährlichen Gesamtkosten und die jährlichen Betriebsmittelkosten.
- c) Die Versorgungssicherheit und die mutmassliche Entwicklung der Energiepreise.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus sind ausserdem die energiewirtschaftlichen Belange zu berücksichtigen.

2. Die wärmeverbrauchenden Prozesse

Bei der Herstellung von Emmentalerkäse werden je Kessi etwa 550 kg Abendmilch, etwa 550 kg Morgenmilch und etwa 40 l Wasser in einem ersten Prozess auf etwa 32,5° C erwärmt¹⁾. Dann gibt man das Lab mit etwa 26 l Wasser zu. Später erwärmt man den Kessinhalt auf etwa 52,5° C (Brennen). Nach weiterem Wasserzusatz von etwa 20 l hebt man den Käse mit einem Tuch heraus, wobei im Kessi die Molke zurückbleibt. Diese wird zentrifugiert, darauf in einen Molkenbehälter gepumpt und dort auf 60 bis 70° C erwärmt. Erfahrungsgemäss beträgt das Molkengewicht 87 % des Milchgewichts einschliesslich Wasserzusätze.

In verschiedenen Käsereien wird weiter Wärme für Nebenprozesse benötigt (Pasteurisieren von Rahm, Herstellen von Joghurt, Erwärmen kleiner Molkenmengen zur Zubereitung von Lab). Weiter wird Wärme benötigt für die Gärraumheizungen sowie für das Erwärmen von Gebrauchswasser für Reinigungszwecke. Meist sind zwei Gärräume von etwa 10 × 4 m² Grundfläche und rd. 3 m Höhe vorhanden, von denen der eine auf rd. 24° C, der andere (Vorgärraum) auf rd. 21° C gehalten wird.

3. Die in Frage stehenden Heizsysteme

Bild 1 zeigt den Wärmeverbrauch der Käserei-prozesse einer Anlage mit drei Kessi. Er ist sehr stossweise. Die Verbrauchsspitzen können noch grösser ausfallen, wenn z. B. die drei Brennprozesse sich rascher folgen und kurzzeitig zusammenfallen. Bei Dampfkäsereien lassen sich die Lasttäter durch Aufladen der Speicher für die Raumheizung einiger-massen ausfüllen. Trotzdem bleibt der Verbrauch noch sehr unregelmässig. Daher ist eine angemessene Wärmespeicherung im Dampfkessel unerlässlich. Sein Wasserinhalt muss also gross sein. Er darf aber nicht überdimensioniert werden, weil sonst die Aufheizzeit am Morgen und die Restwärmen nach Abschluss der Käserei-prozesse zu gross ausfallen. Für eine Käserei mit drei Kessi von je 1100 l Milch dürfte ein stehender Rauchröhren-Kessel von 4 m² Heizfläche und etwa 350/470 l Wasserinhalt angemessen sein²⁾. Bei sehr guter Bedienung kann er noch etwas kleiner gewählt werden. Dies ist namentlich bei Oelfeuerungen der Fall, da hier die Wärmeerzeugung sich den Lastschwankungen besser anpassen lässt. Bei Elektrokäsereien wird die gesamte pro Tag benötigte Wärme im Schichtenboiler (Magroboiler) bereitgestellt. Diesen lädt man mit billigem Nachtstrom auf eine Wassertemperatur von 100 bis 115° C auf.

Die Untersuchungen erstreckten sich über acht verschiedene Heizsysteme, die sich in drei Gruppen wie folgt einteilen lassen:

Gruppe A: Wärmeversorgung der Käserei allein

- a) Kohlengefeuerter Dampfkessel, Handbetrieb;
- b) Kohlengefeuerter Dampfkessel, automatische Unterschubfeuerung;
- c) Dampfkessel mit automatischer Oelfeuerung;
- d) Vollelektrische Wärmeversorgung durch Nachtstrom und Wärmespeicherung in einem Schichtenboiler und einem Warmwasserboiler.

Gruppe B: Kombinierte Wärmeversorgung von Käserei und Wohnung

- e) Brennstoffgefeuerter Dampfkessel mit Wärmespeicher für die Raumheizung (Pumpenheizung mit Rücklaufbeimischung für Gärräume und Wohnung, Bild 2);

¹⁾ Diese Mengen können stark verschieden sein. Die hier genannten Zahlen sind Mittelwerte und beziehen sich auf den später untersuchten Vergleichsbetrieb.

²⁾ Die Zahlen für den Wasserinhalt beziehen sich auf den unteren bzw. oberen Wasserstand.

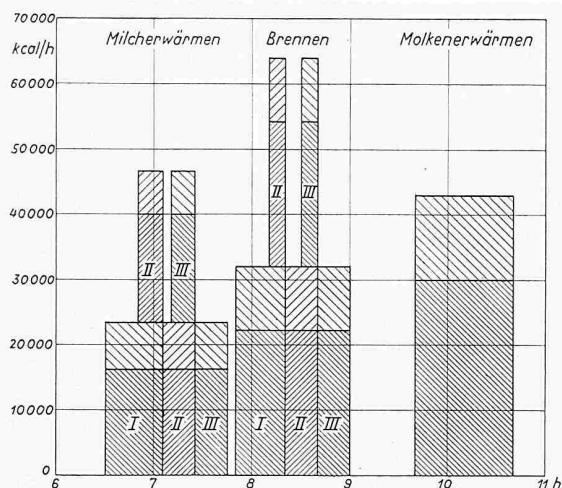


Bild 1. Wärmeverbrauch der Käseeriprozesse einer Anlage mit drei Kessi (I, II und III). Eng schraffiert die Nutzwärmen, locker schraffiert die Verlustwärmen

- f) Schichtenboiler für die Käseerei und die Gärräume, brennstoffgefeuerte Zentralheizung für die Wohnung, gemeinsamer elektrischer Warmwasserboiler.

Gruppe C: Kombinierte elektrische Wärmeversorgung von Käseerei und Wohnung mit brennstoffgefeuerter Zusatzheizung für den Winter und weitgehender Entlastung der Winterstromlieferung, gemeinsamer elektrischer Warmwasserboiler für Käseerei und Wohnung

- g) Die Zusatzheizung übernimmt im Winter ausser der Wohnung auch die Wärmeversorgung der Gärräume und der Käseküche, Bild 3;
h) Die Zusatzheizung übernimmt im Winter ausser sämtlichen Raumheizungen auch die Wärmeversorgung der Käseerei, Bild 4.

Bild 2 zeigt das Prinzipschema einer Dampfkäseerei mit Wärmeversorgung nach Gruppe B. Bei Dampfkäseereien nach Gruppe A wird der Heissdampf für die Gärraumheizung meist direkt in den Speicher 21 eingeleitet und das Kondensat zurückgeführt; die angeschlossenen Heizregister arbeiten dabei mit Schwerkraft.

Bild 4 zeigt das Schema der Schaltung nach System h) bei der im Winter das Heisswasser des Zentralheizkessels den Schichtenboiler auflädt, während für die Wohnungsheizung und die Gärraumheizung getrennte Netze mit eigenen Pumpen und

Rücklaufbeimischungen vorgesehen sind. Im Sommer können die Gärräume vom Schichtenboiler aus geheizt werden.

4. Verschiedenheiten der Betriebsführung

Ausser den Heizsystemen mussten verschiedene Arten der Betriebsführung berücksichtigt werden. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den untersuchten Betrieben besteht zunächst in der Temperatur, auf die die Molke erwärmt wird. Es wurden Werte zwischen 56 und 88 °C festgestellt. Der Mittelwert liegt bei rd. 64 °C. Von Einfluss ist ferner das Verhältnis der Wintermilchmenge zur Sommermilchmenge. Dieses schwankte nach unseren Beobachtungen zwischen 0,536 und 0,654; der Mittelwert liegt bei 0,6. Der Betrieb V³⁾ ist ein Einzelfall. Hier betrug das Milchverhältnis 0,75. Einen bedeutenden Wärmeverbraucher stellen die Gärräume dar. In verschiedenen Käseereien blieb der Vorgärraum während eines Teils des Winters ungeheizt, um an Wärme zu sparen. In einer Käseerei mit nur zwei Kessi (Betrieb III) musste während eines Teils des Sommers auch noch abends ein Käse hergestellt werden, was wärmewirtschaftlich ungünstig ist. Beträchtlich ist der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung. Er weist sehr grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben auf (Tabelle 4). Einen gewissen Einfluss haben schliesslich die bereits erwähnten wärmeverbrauchenden Nebenprozesse. Bei den Elektrokäseereien muss die Käseküche im strengen Winter geheizt werden. Weiter sind hier meist Einrichtungen vorhanden, die eine Wärmerückgewinnung aus der Molke zugunsten der Raumheizung ermöglichen. Aus diesen Bemerkungen geht hervor, dass bei den Erhebungen eine grosse Zahl von Momenten zu berücksichtigen waren, die zahlenmässig erfasst werden mussten. Die Versuche und deren Auswertung gestalteten sich daher sehr umfangreich.

II. Bemerkungen zur Versuchsdurchführung

1. Vorgehen

Es wurden sechs gleichartige Betriebe ausgewählt, die ausschliesslich Emmentaler Käse herstellen (Tabelle 1). Man entschied sich zu folgenden Erhebungen:

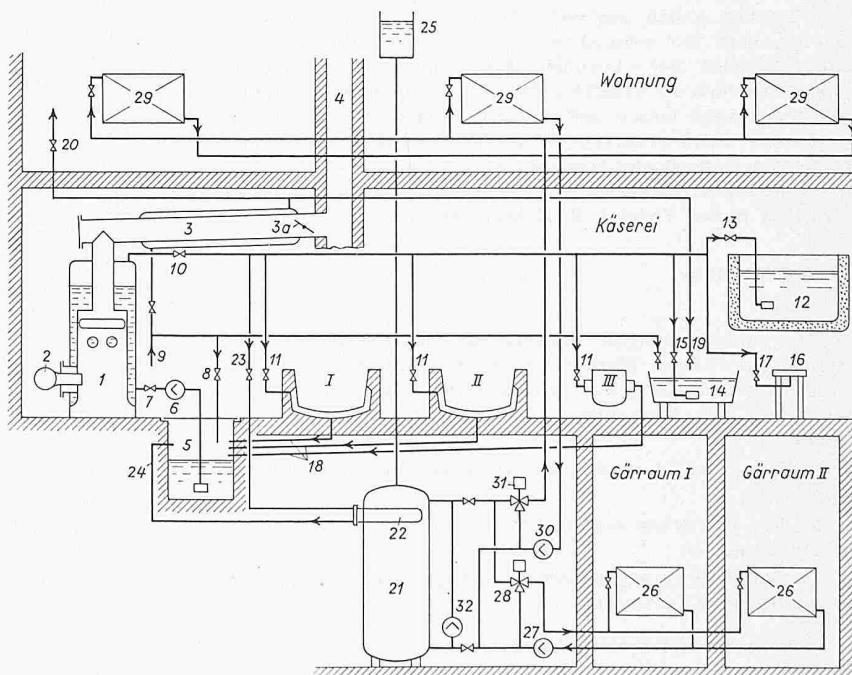
a) In regelmässigem Turnus von ein bis zwei Monaten wurden von Fachleuten Einzelversuche durchgeführt, die jeweils einen vollen Tagesbetrieb umfassten und an denen alle massgebenden Grössen gemessen sowie die Betriebsführung bis in alle Einzelheiten verfolgt wurden. Insgesamt sind pro Käseerei sechs bis sieben Einzelmessungen vorgenommen worden.

3) Die römischen Zahlen bezeichnen die untersuchten Betriebe, deren Hauptdaten Tabelle 1 zeigt.

Bild 2. Prinzipschema der Wärmeversorgung einer Dampfkäseerei mit angeschlossener Wohnungs- und Gärraumheizung

Legende:

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Vertikaler Rauchrohr-Dampfkessel | 18 Kondensatrückleitung aus I, II, III |
| 2 automat. Feuerung | 19 Warmwasserventil |
| 3 Wasservorwärmer | 20 Warmwasser zur Wohnung |
| 3 a Rauchgasschieber | 21 Speicher für Raumheizung |
| 4 Kamin | 22 Heizschlange |
| 5 Speisewasserbehälter | 23 Dampfventil zu 22 |
| 6 Speisepumpe | 24 Kondensatleitung zu 22 |
| 7 Speiseventil | 25 Expansionsgefäss |
| 8 Füllventil zu 5 | 26 Gärraum-Heizkörper |
| 9 Kaltwasseranschluss | 27 Heizwasserpumpe zu 26 |
| 10 Dampfgebeventil | 28 autom. Ventil für Rücklauf-Beimischung zu 26 |
| I, II Käsekessi | 29 Wohnungs-Heizkörper |
| III Kippkessel für Spezialzwecke | 30 Heizwasserpumpe zu 29 |
| 11 Dampfventil zu I, II u. III | 31 autom. Ventil für Rücklauf-Beimischung zu 29 |
| 12 Molkenbehälter | 32 Ladepumpe zu 21 |
| 13 Heizventil zu 12 | |
| 14 Waschtrog | |
| 15 Dampfventil zum Nachwärmen | |
| 16 Dämpftisch | |
| 17 Dampfventil zu 16 | |



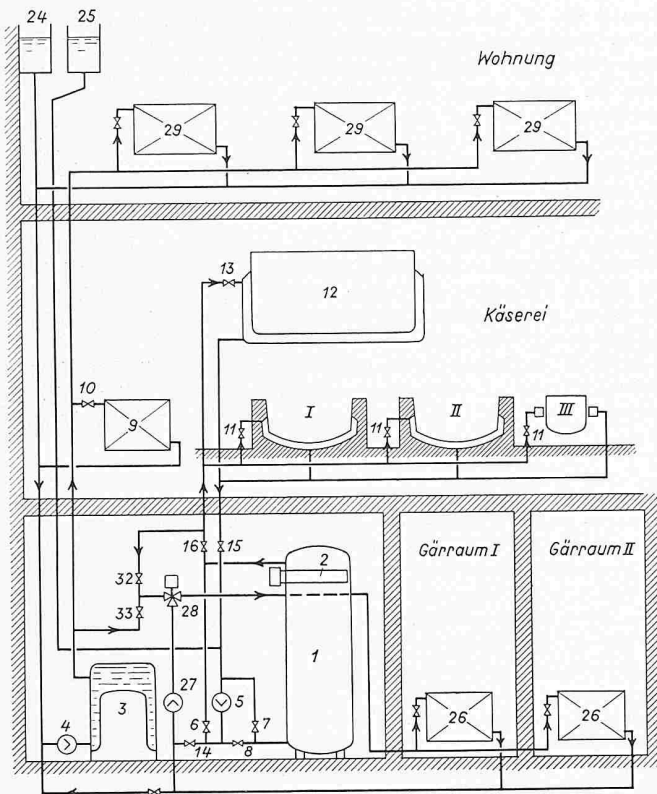


Bild 3. Prinzipschema der Wärmeversorgung einer Elektrokäserei mit zusätzlichem Zentralheizungskessel für die Wohnungs- und Gärraumheizung im Winter zwecks teilweiser Winterstromersparnis

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Elektrischer Schichtenboiler | 10 Ventil zu 9 |
| 2 elektr. Heizeinsatz | I, II Käsekessel |
| 3 Zentralheizungskessel | III Kippkessel für Spezialzwecke |
| 4 Umwälzpumpe der Zentralheizung | 11 Heisswasserventile zu I, II u. III |
| 5 Heisswasser-Umwälzpumpe | 12 Molkenbehälter |
| 6, 7, 8, 14, 15, 16 Heisswasserventile | 13 Heisswasserventil zu 12 |
| 9 Heizkörper in der Käseküche | 17 bis 21 fehlen |
| | 23 Heisswasserventil zu 22 |

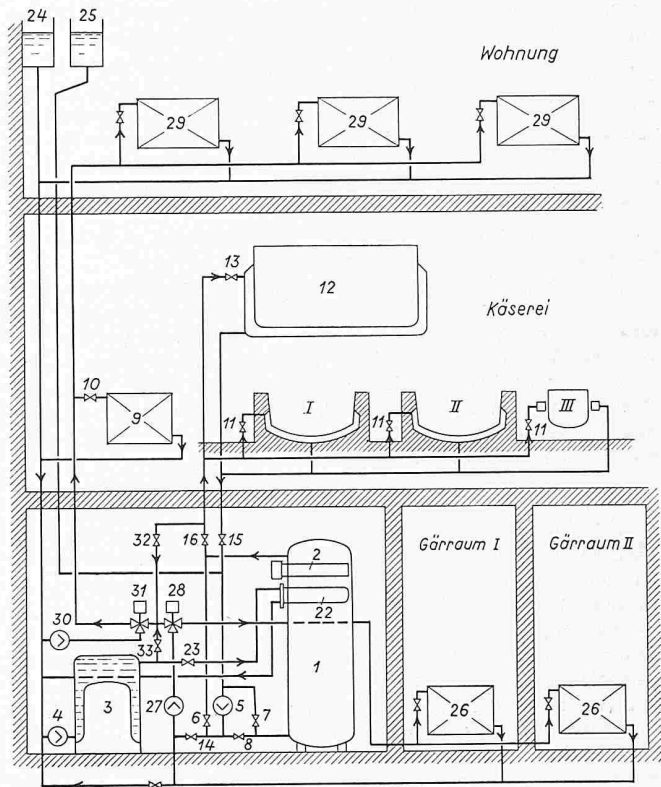


Bild 4. Prinzipschema der Wärmeversorgung einer Elektrokäserei mit zusätzlichem Zentralheizungskessel für alle Wärmebedürfnisse im Winter zwecks gänzlichen Ausschaltens des Winterstroms

- | | |
|--|--|
| 22 Heizschlange zum Aufladen von 1 aus 3 | 30 Heizwasserpumpe zu 31 |
| 24 Expansionsgefäß zu 3 | 31 autom. Ventil für Rücklaufbeimischung zu 29 |
| 25 Expansionsgefäß zu 1 | 32 Ventil zur Gärraumheizung aus 1 im Sommer |
| 26 Gärraum-Heizkörper | 33 Ventil zur Gärraumheizung aus 3 im Winter (bei der Schaltung nach Bild 4 wird auch die Wohnung aus 3 geheizt) |
| 27 Heizwasserpumpe zu 28 | |
| 28 autom. Ventil für Rücklaufbeimischung zu 26 | |
| 29 Wohnungsheizkörper | |

b) Die Käser notierten auf vorbereiteten Kontrollblättern täglich den Betriebsmittelverbrauch, die Milchmengen sowie die massgebenden Temperaturen und Kondensatmengen. Diese Erhebungen wurden in der Regel monatlich, in einzelnen Fällen noch häufiger abgeschlossen und verarbeitet. Sie erstreckten sich über zwölf Monate und mehr.

Die Verarbeitung dieser Messungen führte zur Ermittlung des Nutzwärmebedarfs der drei Käseprozesse (Erwärmen der Milch, Brennen und Molkenenerwärmung) und der Nebenprozesse (Rahmpasteurisieren usw.), sowie zur Ermittlung des Wärmebedarfs der Raumheizung und derjenigen für die Warmwasserbereitung. Die Summe dieser Wärmemengen bildet die gesamte *Nutzwärme*. Ihr Verhältnis zur Brennstoffwärme bzw. zum Wärmewert der eingeführten elektrischen Energie ergibt den Anlagewirkungsgrad.

Weiter wurden bei Dampfkäsereien durch Einzelmessungen die Restwärmen im Kessel und im Vorwärmer nach Abschluss des jeweiligen Tagesbetriebes sowie die vom Kessel in Form von Dampf insgesamt abgegebene Wärme ermittelt (durch Messen der Speisewassermenge). Die Summe dieser Wärmemengen bildet den *Wärmeumsatz im Kessel*. Das Verhältnis dieses Umsatzes zur Brennstoffwärme ist der *Kesselwirkungsgrad*. Dieser ist um den Anteil zu vergrössern, der sich aus dem entsprechenden Wärmeumsatz im Vorwärmer ergibt. Man erhält so den *Wirkungsgrad der Kesselanlage*.

Von besonderem Interesse war die Ermittlung des Wärmeverbrauchs der Käsefabrikation und für die Molkenenerwärmung einschliesslich der Leitungsverluste. Dies geschah bei Einzelmessungen durch Auffangen und Abwägen des aus den Käsekessi zurückfliessenden Kondensates. Leider war es nicht in allen untersuchten Dampfkäsereien möglich, solche Messungen durchzuführen. Ueberdies wiesen die einzelnen Messungen verhältnismässig grosse Streuungen auf. Nur im Betrieb IV waren sie befriedigend. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, wurden die Messungen über einen längeren Zeitraum hinweg durchgeführt.

Die Messungen ergaben, dass der Wärmeumsatz im Kessel in Form von Dampf insgesamt abgegebene Wärme ermittelt (durch Messen der Speisewassermenge). Die Summe dieser Wärmemengen bildet den *Wärmeumsatz im Kessel*. Das Verhältnis dieses Umsatzes zur Brennstoffwärme ist der *Kesselwirkungsgrad*. Dieser ist um den Anteil zu vergrössern, der sich aus dem entsprechenden Wärmeumsatz im Vorwärmer ergibt. Man erhält so den *Wirkungsgrad der Kesselanlage*.

Tabelle 1: Hauptdaten der untersuchten Käsereien

Käsereibetrieb		I	II	III	IV	V	VI
System		Dampf	Dampf	Dampf	Dampf ¹⁾	Elektr.	Elektr. ²⁾
Feuerung		Hand	Hand	automat.	automat.	—	—
Brennstoff		Steinkohle	Steinkohle	Öl	Flammk.	—	—
Heizfläche/Anschlusswert	m ² bzw. kW	4,0	3,5	4,0	5,0	36	56
Wasserinhalt des Kessels ³⁾ bzw. Schichtenboilers l		380/500	314/420	254/354	383/483	5000	8000
Inhalt des Vorwärmers bzw. WW-Boilers	l	260	225	150	300	600	600
Anzahl Kessi		2	3	2	3	2	3
unterer Heizwert des Brennstoffes	kcal/kg	7500	7500	10 120	7275	860 kcal/kWh	
Brennstoff- bzw. Strompreis 1956	Fr./t	155	155	190	118	2,5 bzw. 3,5 Rp./kWh	

¹⁾ mit Wohnung kombiniert

³⁾ beim unteren, bzw. oberen Wasserstand

²⁾ mit Wärmerückgewinnung aus der Molke zur Gärraumheizung

nisse zu erhalten, hätten sie über längere Zeiten täglich durchgeführt werden müssen, was den Betriebsleitern nicht zugemutet werden konnte. Dagegen gelang es bei den Dampfkäsereien, aus den Einzelmessungen durch Aufstellen von Bilanzen der gemessenen Speisewasser- und Kondensatmengen diesen Brutto-Wärmeverbrauch genügend genau zu ermitteln. Das Verhältnis der für die Durchführung der drei Käsereiprozesse benötigten Nutzwärme zum Brutto-Wärmeverbrauch wird als *Wirkungsgrad der Käsereiprozesse* bezeichnet. Analoge Kondensatmessungen wurden auch bei den Nebenprozessen vorgenommen.

Von den beiden Dampfkäsereien mit Handfeuerung wird der Betrieb II besonders gut geführt. Er zeigt, was man bei sorgfältiger Betriebsführung erreichen kann, und dass der mittlere Wirkungsgrad einer handgefeuerten Kesselanlage mindestens so hoch ausfallen kann wie derjenige einer mechanischen Unterschubfeuerung. Es mag bemerkt werden, dass in dieser Käserei Kessel und Vorwärmer im Verhältnis zur Betriebsgrösse klein sind und den Käser zwingen, die Belastung gut auszugleichen. In der Regel wird allerdings mit einem niedrigeren Wirkungsgrad (etwa 50 % gegenüber gut 60 % im Betrieb II) gerechnet werden müssen, und es wird trotz bester Schulung immer schwieriger sein, Käser zu finden, die eine Handfeuerung dauernd mit der nötigen Aufmerksamkeit zu bedienen verstehen.

Bei der Käserei IV versorgt der Dampfkessel ausser der Käserei auch die Wohnung mit Wärme und zwar unter Zwischenschaltung eines Speichers. Für einen Teil der Versuchszeit (bis zum 13. Februar 1956) wurde die Wohnungszheizung vom Speicher abgetrennt und elektrisch geheizt, so dass der Speicher nur die Gärkeller zu versorgen hatte und deren Wärmebedarf durch fortlaufende Kondensatmessungen bestimmt werden konnte. Dabei blieb aber die Kesselbelastung verhältnismässig gering und es ergab sich ein entsprechend niedriger Kessel-Wirkungsgrad. Dieser stellte sich mit dem Anschluss der Wohnungszheizung wieder auf normale Werte ein. Bei dieser Anlage war während mehrerer Monate ein Speisewasserzähler der Maschinenfabrik an der Sihl eingebaut. Gleichzeitig wurden die Speisewassertemperaturen und die Kesseldrücke laufend abgelesen. Dies erlaubte, den Kesselwirkungsgrad sowie die Wirkungsgrade der Käsereiprozesse über lange Zeiträume genau zu messen.

Der Wärmebedarf der Gärraumheizung wurde bei allen vier Dampfkäsereien während des Winters durch tägliche Kondensatmessungen ermittelt. Diese Methode erwies sich als sehr zuverlässig.

Bei den beiden Elektrokäsereien V und VI versorgen je ein Schichtenboiler die Käserei und die Gärräume mit Wärme, während zur Deckung des Warmwasserbedarfs je ein getrennter Boiler besteht. Für die Versuche wurden getrennte Zähler für die Schichtenboiler und die Warmwasserboiler installiert und die Ventile blockiert, die ein Aufladen der Warmwasserboiler aus den Schichtenboilern ermöglichen. Damit konnten die effektiven Bruttowärmen beider Boiler einzeln ermittelt werden. Die Wärmeverluste der Boiler wurden berechnet, ebenso der Verlustanteil, der den Gärkellern zugute kommt.

In der Käserei VI hat man für die Versuche die Gärkellerheizung vom Schichtenboiler abgetrennt und an einen im Gärkeller selber aufgestellten Hilfsboiler angeschlossen, dessen Energieverbrauch an einem dritten Zähler abgelesen werden konnte. Die Wärmerückgewinnung aus der Molke wurde blockiert. Dank dieser Abtrennung war es möglich, sowohl den Wärmeverbrauch der Kellerheizung als auch den der Käsereiprozesse mit aller wünschbaren Genauigkeit über Monate hindurch zu messen und den Verlauf der Käsereiwirkungsgrade in Abhängigkeit der Temperatur der Käseküche zu ermitteln.

Im ganzen konnte ein ausserordentlich reiches und sehr zuverlässiges Versuchsmaterial gesammelt werden, das eine eindeutige Beantwortung der zahlreichen Fragen ermöglichte, die sich aus der Zweckbestimmung der Versuche ergaben.

III. Die Ergebnisse

1. Die Auswirkung des Systems auf die Käsereiprozesse

a) Heizen mit Satttdampf

Für die Durchführung der Käsereiprozesse sowie allfälliger Nebenprozesse stehen bei Dampfkäsereien Satttdampf

von 4 bis 6 atü und bei Elektrokäsereien Heisswasser mit einer Vorlauftemperatur von 100 bis 115° C zur Verfügung. Der Satttdampf lässt sich grundsätzlich durch Zumischen zu der im Heizmantel der Käsekessi enthaltenen Luft in einfacher Weise auf jede gewünschte Temperatur regulieren. Diese Temperatur ist über die ganze Heizfläche gleich. Das Kondensat läuft unten unter natürlichem Gefälle in den Speisewasserbehälter aus. Ein Kondensatopf ist unnötig, und damit entfällt der wichtigste Einwand gegen direkte Dampfheizung. Die Molke wird wiederum in einfacher Weise durch direktes Einleiten von Dampf erwärmt. Der Dampfkessel dient in der in Käsereien üblichen Bauweise zugleich als Wärmespeicher. Die Kombination des Kessels mit Heizwasser-Speicheröfen für die Gärraumheizung schafft die Möglichkeit, Lasttälern in Kesselbetrieb auszufüllen und damit den Kesselwirkungsgrad zu verbessern. Die Kombination mit der Wohnungszheizung ist betriebstechnisch und hinsichtlich Jahreskosten vorteilhaft.

b) Heizen mit Heisswasser

Bei allen besichtigten Elektrokäsereien sind die Heizschlangen der Käsekessi unmittelbar an den Vorlauf der Speicher angeschlossen und erhalten daher Wasser von Speichertemperatur. Diese darf nicht höher gewählt werden, als es die Milch zulässt. Die Regelung der Wärmemenge wird durch Drosseln der zugeführten Heizwassermenge vorgenommen. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Temperaturen an der Heizfläche. Die Käser haben keinerlei Nachteile dieses Systems gegenüber direkter Dampfheizung festgestellt. Bei richtiger Handhabung der Heizventile tritt auch kein Nachwärmen auf. Sollten sich irgendwelche Schwierigkeiten ergeben, so wäre eine wesentliche Verbesserung durch Rücklaufbeimischung möglich, wie sie für die Raumheizung vom Schichtenboiler aus meist angewendet wird. Der besondere Vorteil des Boiler-Systems liegt darin, dass der ganze Wärmebedarf pro Tag bereitgestellt werden kann und sich der Käser während seiner Arbeit um die Wärmeerzeugung nicht kümmern muss.

Wird die Wärme von einem Zentralheizungskessel mit Brennstofffeuerung geliefert, so kann dieser Kessel mit konstanter Belastung und daher mit hohem Wirkungsgrad betrieben werden, und es ergibt sich so eine sehr wirtschaftliche Anlage. Als einzigen Nachteil der Heisswasseranlage wird gelegentlich geltend gemacht, dass zum Sterilisieren der Gefässe kein Dampf zur Verfügung steht und daher die Gefässe mit heissem Wasser behandelt werden müssten, was einen höheren Warmwasserverbrauch verursache. Da über Nacht die Lufttemperatur in der Käseküche wegen Fehlen des Kessels nicht mehr höher ist als im Milchlagerraum, ist es bei Neubauten unter Umständen möglich, Milchlager und Käseküche zu vereinigen, um so Gebäudekosten, Arbeit und Heizkosten zu sparen.

2. Die gemessenen Wirkungsgrade

a) Vorbemerkung

Sowohl die Einzelmessungen als auch die monatsweise abgeschlossenen Aufzeichnungen der Käser sind bei völlig normaler Betriebsweise vorgenommen worden. Irgendwelche Vorkehrungen zur Verbesserung der Ergebnisse wurden nicht getroffen. Bei besonders sorgfältig durchgeführten Einzelversuchen könnten wohl höhere Wirkungsgrade erzielt werden. Es würde aber dem Untersuchungszweck widersprechen, wollte man auf solche Messergebnisse abstellen.

Es ist unter Käsereifachleuten vielfach üblich, den Brennstoffverbrauch oder den Stromverbrauch pro 1000 l Milch als Vergleichsmass zu verwenden. Diese einfache Methode nimmt auf die beträchtlichen Unterschiede in der Betriebsweise und in den Wärmebedürfnissen für Raumheizung und Warmwasserbereitung keine Rücksicht. Auf sie wurde daher verzichtet und die Anstrengungen auf das möglichst zuverlässige Ermitteln der einzelnen Wärmeverbrauchszahlen und der oben definierten Wirkungsgrade konzentriert.

Ein grundsätzlicher Unterschied in der Verarbeitung der Messungen musste zwischen Dampf- und Elektrokäsereien insofern gemacht werden, als beim Dampfbetrieb jeder einzelne Tag für sich abgeschlossen werden konnte, während bei Elektrokäsereien wegen dem nicht feststellbaren Ladezustand der Boiler nur Abschlüsse über längere Zeit (meist über einen

Monat) zuverlässige Resultate ergaben. Von Interesse ist hier vor allem der Wirkungsgrad der Käsereiprozesse und der Wärmebedarf der Gärraumheizung, während den Begriffen Boilerwirkungsgrad und Anlagewirkungsgrad weniger Bedeutung zukommt.

b) Der Wirkungsgrad der Käsereiprozesse

Die genauesten Messungen liegen aus der Käserei VI vor, wo der Bruttowärmebedarf am Zähler des Schichtenboilers (unter Abzug der berechneten Boilerverluste) über zehn Monate gemessen wurde. Dieser Wirkungsgrad hängt vor allem von der Raumtemperatur in der Käseküche ab. Er betrug in den Sommermonaten 75 %, in den Wintermonaten im Mittel 66,5 % mit Ausnahme des sehr kalten Monats Februar, wo er auf 58,3 % absank.

Bei den Dampfkäsereien sind diese Wirkungsgrade, wie erwähnt, aus den Einzelmessungen ermittelt worden. Naturgemäß streuen auch hier die Einzelwerte etwas; ihre Mittelwerte betragen bei den Käsereien I, II und III je rd. 72 %. Dieser Wert stimmt auch mit dem überein, der im Betrieb IV aus direkten Kondensatmessungen an den Käsekessi bei Einzelversuchen im Mittel gefunden wurde.

Genauere Werte liegen aus Betrieb IV vor, wo das Kessel-speisewasser während 5½ Monaten gemessen wurde und entsprechende Wärmebilanzen aufgestellt werden konnten. Aus ihnen ergeben sich Wirkungsgrade von 76,5 % im Sommer und von 67 % im Winter. Sie liegen etwas höher als diejenigen bei Elektrokäsereien, was einerseits durch die höhere Raumtemperatur und andererseits durch die geringeren Wärmeverluste infolge Auskühlen nach Fabrikationsende bedingt ist.

In der Käserei IV wurde auch der Wärmebedarf zum Erwärmen des Rahms (Pasteurisieren) durch Kondensatmessungen bestimmt. Der entsprechende Wirkungsgrad betrug im Mittel, einschliesslich Leitungsverluste, nur rd. 30 %. Es ist klar, dass bei den verhältnismässig kleinen Mengen (40 bis 70 l Rahm) trotz moderner Einrichtung (doppelwandiger Kippkessel aus rostfreiem Stahl, dessen Heizmantel auch zum Kühlen verwendet wird) grosse Verluste auftreten.

c) Wirkungsgrade der Kesselanlagen bei Dampfkäsereien

Das reichste Versuchsmaterial bilden die fortlaufenden Erhebungen der Käser, die monatsweise abgeschlossen wurden. Aus ihnen ergaben sich sehr zuverlässige Werte für die Anlagewirkungsgrade. Diese betrugen im Betrieb I mit Handfeuerung 35,2 %, im Betrieb II mit Handfeuerung 43,4 %, im Betrieb III mit Oelfeuerung für die Periode mit Morgen- und Abendkäsen 35,3 %, für die übrige Zeit (Winter) 42 %, und im Betrieb IV mit Unterschubfeuerung schwankten sie je nach der Kesselbelastung zwischen 35 % und 45 %. Da nur im Betrieb IV Nebenprozesse in nennenswertem Masse durchgeführt wurden, sind die da erhaltenen Anlagewirkungsgrade auf einen Betrieb ohne Nebenprozesse umgerechnet worden. Nur so sind sie mit den Zahlen der andern Betriebe vergleichbar.

Weniger zuverlässig sind die Wirkungsgrade der Kesselanlagen, die nur aus den Einzelmessungen ermittelt werden konnten. Die arithmetischen Mittel lagen im Betrieb I bei 53 %, im Betrieb II bei 61 %, im Betrieb III bei 62,5 % und im Betrieb IV bei 53,8 %. Die letzte Zahl stimmt auch mit dem Mittelwert der monatsweise abgeschlossenen Messungen für die Zeit überein, da die Speisewassermenge gemessen wurde. Sie ist durch die schwache Kesselbelastung beeinflusst, die sich im Winter infolge geringerer Milchmenge und vorübergehendem Abschalten der Wohnungsheizung ergab. Sie liegt bei normalen Kesselbelastungen ohne Zweifel höher. Dagegen liegen die Wirkungsgrade der andern drei Käsereien eher etwas niedriger, wenn man die Umstände berücksichtigt, die bei den einzelnen Messungen herrschten.

Bei der weitem Verwertung dieser Zahlen war eine gewisse Vorsicht geboten. Man hat die Kesselanlage-Wirkungsgrade so festgesetzt, dass die aus ihnen berechneten Anlagewirkungsgrade den oben mitgeteilten Werten aus den laufenden Erhebungen entsprechen. Dies war der Fall, wenn man bei Dampfkäsereien mit Wirkungsgraden der Kesselanlage von 50 % bzw. 60 % bei Handfeuerung, mit 60 % bei Oelfeuerungen und mit 55 % bei Unterschubfeuerungen rechnete. Ferner war bei der Gruppe B mit kombinierter Wärme-

versorgung von Käserei und Wohnung vom Dampfkessel aus eine gewisse Abstufung dieser Wirkungsgrade in Abhängigkeit der Belastung angezeigt.

Die Kesselanlage-Wirkungsgrade bei automatischen Feuerungen von 60 % bzw. 55 % erscheinen verhältnismässig niedrig, um so mehr, wenn man bedenkt, dass beide Feuerungen zu Beginn der Versuche von Fachleuten der Lieferfirmen revidiert und auf günstige Werte eingestellt worden waren. Werte von mindestens 65 bzw. 60 % wären bei der wirtschaftlichen Belastung zu erwarten, auf die die Feuerungen eingestellt werden können. Wenn die sehr umfangreichen Messungen im Jahresmittel kleinere Werte ergaben, so liegt das an einer Reihe von Nebenumständen, die in solchen Betrieben nicht zu vermeiden sind. Diese kamen u. a. auch in den verhältnismässig starken Streuungen der Wirkungsgrade der Einzelmessungen zum Ausdruck. So ergaben z. B. im Betrieb III mit Oelfeuerung von sieben Einzelmessungen zwei Messungen Kesselanlage-Wirkungsgrade von 66,1 %, und im Betrieb IV mit Unterschubfeuerung stellte man unter sechs Einzelmessungen ebenfalls zwei mit Wirkungsgraden der Kesselanlage von rd. 61,5 % fest.

Einer dieser Nebenumstände besteht in der Anpassung der Heizleistung der Feuerung an den tatsächlichen Bedarf. Bekanntlich arbeiten diese Feuerungen periodisch mit einer bestimmten, fest einstellbaren Leistung, die grösser ist als der Wärmebedarf zur Erzeugung der Nenndampfmenge. Zwischen den Betriebsperioden liegen Pausen, bei denen der Ventilator und die Brennstoffzufuhr abgestellt sind. Meist ist auch eine Luftklappe in der Verbrennungsluftleitung vorhanden, die in den Pausen schliesst. Da aber der Kamin-schieber offen bleibt, findet eine gewisse Luftzirkulation im Kamin statt, durch die während den Pausen Wärme weggetragen wird. Je grösser die Heizleistung der Feuerung, desto länger sind die Pausen, desto grösser sind damit auch diese Verluste.

Bei Unterschubfeuerung verursacht jeder Wechsel aus folgenden Gründen zusätzliche Verluste: Beim Einsetzen des Feuerungsbetriebs sind nur kleine Glutresten vorhanden. Der Luftüberschuss und die Kohlenzufuhr sind dann zu gross und es vergeht einige Zeit, bis sich die Glut normal ausgebildet hat. Bei Abstellen der Feuerung findet Vergasung infolge Luftmangel statt. Ist die eingestellte Leistung der Feuerung zu gross, so folgen sich die Wechsel häufiger; es ergeben sich so grössere Verluste.

3. Der Wärmebedarf der Gärräume

Die durch tägliche Kondensatmessungen genau ermittelten Wärmeverbrauchszahlen lassen einerseits den sehr beträchtlichen Anteil der Gärraumheizung am gesamten Wärmeverbrauch und andererseits den starken Einfluss der Bauweise dieser Gärräume erkennen. So war z. B. in der Käserei I der Wärmeverbrauch für den einzigen nicht isolierten Raum, der auf einer Längsseite an die Käseküche angrenzt, auf den übrigen Seiten dicke Aussenwände in Bruchsteinmauerwerk aufweist, mit 19,4 Mio kcal in zwölf Monaten fast gleich hoch, wie derjenige in der Käserei VI, wo zwei im Kellergeschoss eingebaute, isolierte Gärräume durchgehend geheizt wurden (Verbrauch 20,2 Mio kcal). Im Betrieb IV genügten dagegen nur 10,7 Mio kcal, da von den beiden gut isolierten Räumen der Vorgärraum während fast sechs Monaten ungeheizt blieb.

Bei den modernen Anlagen der Käsereien IV und VI wurden die Messungen mit Wärmebedarfsberechnungen verglichen, woraus sich wertvolle Zahlen für den Wärmeabfluss durch den Boden und die Grundmauern an das Erdreich ergaben. Diese sind bei den späteren Vergleichsberechnungen verwertet worden.

Es ist eine grosse Selbstverständlichkeit, dass die Gärräume, die fast das ganze Jahr geheizt werden müssen, sehr gut zu isolieren sind. Der Wärmebedarf lässt sich weiter durch zweckmässige Anordnung der Gärräume wesentlich verringern. Eine weitere Entlastung erzielt man durch Einbau der Boiler bzw. Speicher in die Gärräume hinein. Schliesslich ist die Beschränkung der Lufterneuerung auf das unbedingt Notwendige und die zweckmässige Wahl der Lüftungszeiten von nicht zu unterschätzendem Einfluss.

Auch die Käseküche und der Milchlageraum müssen wärmetechnisch gut disponiert werden. Sie sollen im Som-

mer kühl sein, sind also gegen Sonnenbestrahlung zu schützen. Im strengen Winter können sie zu kalt werden, besonders in Elektrokäsereien oder Anlagen mit Heizkessel ausserhalb der Käseküche. Als dann ist eine besondere Heizung erforderlich. Angemessene Wärmeisolierung und mässige Fensterflächen mit gut abgedichteten Fensterrahmen sind auch hier nötig.

Bei Dampfkäsereien muss der Dampfkessel mit Rücksicht auf die Bedienung und die Betriebskontrolle in der Käseküche aufgestellt und mit einem Rauchgas-Wasservorwärmer ausgerüstet werden. Diese Anordnung ist in der kalten Jahreszeit vorteilhaft: Sie erspart eine besondere Heizung. In der warmen Jahreszeit kann aber die Temperatur leicht zu hoch ausfallen, was die Arbeit erschwert und die Milch stärker reifen lässt. Insofern sind Elektrokäsereien oder kombinierte Anordnungen mit elektrischer Wärmeversorgung im Sommer und teilweiser oder voller Wärmeversorgung durch die Zentralheizung im Winter im Vorteil.

Die Gäräume können über den Sommer und teilweise auch im Winter durch Wärmerückgewinnung aus der warmen Molke geheizt werden. Es lassen sich auf diese Weise sehr bedeutende Wärmemengen einsparen, besonders in Betrieben, bei denen aus molkereitechnischen Gründen die Molke stark erwärmt werden muss. Entsprechende Einrichtungen bestehen nur bei Elektrokäsereien; die Rückgewinnung ist aber auch bei Dampfkäsereien grundsätzlich möglich und dürfte sich in den meisten Fällen bezahlt machen.

4. Die Warmwasserbereitung

In der Käserei wird Warmwasser zum Reinigen der Geschirre und Apparaturen benötigt. Meist muss auch noch

Warmwasser an die Wohnung abgegeben werden. In Dampfkäsereien entnimmt man das Wasser dem Vorwärmer. Zur Erwärmung dient die sonst verlorene Rauchgaswärme. Meist reicht die Warmwassertemperatur für die Reinigung der Geben am frühen Morgen nicht aus, so dass mit Dampf nachgeheizt werden muss. Abgekühltes Wasser wird gelegentlich ebenfalls durch Einleiten von Dampf nachgeheizt. Bei Elektrokäsereien versorgt ein Boiler Käseküche und Wohnung mit Warmwasser. Dieser wird häufig so ausgerüstet, dass er auch mit Heisswasser aus dem Schichtenboiler nachgeladen werden kann, um z. B. an Wäschtage genügend Wasser verfügen zu können. Hier ist das Wasser immer warm genug; dagegen ist ein Nachwärmen mit Dampf nicht möglich.

Die Erhebungen über den Warmwasserverbrauch beschränkten sich auf die Messungen an den Versuchstagen und ergänzende Mitteilungen der Käser. Dazu kamen bei den Elektrokäsereien die Ablesungen am kWh-Zähler des Warmwasserboilers. Die Ergebnisse dieser Messungen sind auf Tabelle 4*) zusammengestellt. Der Unterschied zwischen Sommer und Winter ergibt sich aus der geringeren Wintermilchmenge, dem kälteren Brunnenwasser und dem rascheren Abkühlen im Waschtrog. Auffallend ist der sehr viel grössere Wärmeverbrauch bei den Elektrokäsereien. Er rührt nur zum Teil davon her, dass abgekühltes Warmwasser nicht durch Einleiten von Dampf nachgewärmt werden kann, sondern durch neues ersetzt werden muss. Hierfür ergaben sich nach eingehenden Untersuchungen nur rd. 7 % Mehrbedarf. Der grösste Unterschied liegt in der nicht haushälterischen Verwendung des Warmwassers.

Schluss folgt.

*) folgt im zweiten Teil.

Wohnhäuser «in der Zelg», Zürich-Witikon

Hierzu Tafeln 13/16

DK 728.31

Bauherr: Familie Karl Ochsner-Krämers Erben, Zürich
Architekt: Eberhard Eidenbenz, dipl. Arch. S. I. A., Zürich
Ingenieurbüro: H. Schoch, vorm. A. Wickart, Ing., Zürich

1. Ausgangslage

Das alte Bauerndörflein Witikon, bekannt durch seine hübsch gelegene kleine Kirche, das, zwischen zwei bewaldeten

Kuppen, durch einen tiefen Tobeleinschnitt von der Stadt getrennt, an einem sanft abfallenden Südhang liegt, hat in jüngster Zeit eine rasch zunehmende Ueberbauung erfahren. Die ausgreifende Stadt schiebt sich immer mehr an dieses in seinem Kern noch ganz bäuerliche Dorf heran. Infolge seiner privilegierten Aussichts- und Sonnenlage wurde das dem Dorfe vorgelagerte Plateau im Zonenplan von 1946 grösstenteils den

Zonen 2 1/2 und 2 1/2 17 % zugeteilt. Es ist naheliegend, dass zuerst die besser ausnützbarsten Gebiete überbaut wurden, und die Zone W 2 1/2 17 % zurückblieb. Dabei mochten nicht nur Renditegründe seitens der Landkäufer, sondern auch die Hoffnungen auf eine baldige Revision der Bauordnung durch die Landesbesitzer im Sinne einer besseren Ausnutzung massgebend gewesen sein. Es zeigte sich auch, dass auf den Plateaux, im Gegensatz zu den steil abfallenden Hängen der Eierbrecht, die Zonenbestimmungen der Zone W 2 1/2 17 % den Bau des Einfamilienhauses in keiner Weise fördern konnten. Die Rechnung wurde hier insofern ohne den «Wirt» gemacht, als die Landverkäufer relativ sehr grosse Parzellen als Ganzes an Unternehmer und Genossenschaften verkauften und nicht, wie es in den zwanziger Jahren am Zürichberg der Fall war, ihr



Wohnhäuser in der Zelg in Zürich-Witikon, Lageplan 1:2000