Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75 (1957)
Heft: 20

Artikel: Wärmetechnische Untersuchungen in Emmentaler-Käsereien
Autor: Ostertag, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-63355

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: 01.07.2025

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

die gleichen Schluchten lenken dürfe, erweist sich als ein verhängnisvoller Kurzschluss.

Auch das beliebte Argument, Umfahrungsautobahnen vermöchten nur einen bescheidenen Prozentsatz des anfallenden Verkehrs an sich zu ziehen (es war die Rede von 10 %) und seien deshalb unwirtschaftlich, kann nicht in jedem Fall verfangen. Das «Saugvermögen» einer Umfahrungsbahn wird sehr verschieden sein, je nachdem wo und wie man sie hinlegt. Und in bezug auf Wirtschaftlichkeit könnte die Frage auch ganz anders gestellt werden: man könnte nach dem Mehraufwand für den Ausbau des städtischen Hauptstrassennetzes fragen, das zusätzlich noch den reinen Durchgangsverkehr schlucken sollte, und diesen Betrag in Vergleich setzen zu den Kosten einer schlicht und gut gezogenen Umfahrungsbahn.

Es wäre sehr zu wünschen, dass die zuständigen Instanzen die Führung der schweizerischen Autobahn in der Region Zürich von Grund auf sich neu überlegen würden.

Und ein Nachwort

Als meine Studie abgeschlossen war, ist mir ein Zeitungsblatt zugeflogen und darauf ein Bild, wie folgt bezeichnet: «Plan der zum Ausbau genehmigten Strassen des Hauptstrassennetzes der Schweiz». Der Reporter dürfte da dem Geschehen etwas vorgegriffen haben, denn diesen Strassen ist vorerst nur von seiten der eidg. Kommission der Segen erteilt worden. Dieser Plan veranlasst mich, einen Entschluss umzustossen: ich wollte in meiner Studie nicht davon sprechen, dass bei dem Entwurf des Hauptstrassennetzes möglicherweise ausser rein technischen und wirtschaftlichen Ueberlegungen auch noch finanzielle Ueberlegungen ganz besonderer Art mit im Spiele gewesen sein könnten, auf deren Präsenz in gesamtschweizerischen Angelegenheiten man gerne verzichtet hätte. Gewisse Indizien lassen vermuten, dass sie leider, und nicht unmassgeblich, beteiligt waren.

Das Bild, das vor mir liegt, ist derart sprechend, dass ich mich verpflichtet fühle, in aller Form der Oeffentlichkeit einen Vorschlag zu unterbreiten. Bekanntlich sind die rechtlichen und die finanziellen Grundlagen für den Bau des Hauptstrassennetzes noch in Bearbeitung; wie wäre es, wenn die eidgenössischen und die kantonalen Instanzen möglichst bald folgendes erklären könnten: «Hauptstrassen auf Gemeindegebiet, die den Anschluss an eine im Weichbild der Gemeinde durchziehende Autobahn herstellen, werden in bezug auf Subvention grundsätzlich gleich behandelt wie sog. Schnellverkehrstrassen. Ueber Zahl und Ort solcher Anschlüsse entscheiden die zuständigen eidgenössischen und kantonalen Instanzen».

Ein entsprechendes Begehren seitens der Gemeinden erscheint durchaus berechtigt; es werden ihnen infolge des anschwellenden Verkehrs — gleichgültig, ob es sich um durchzuschleusenden oder nur einfallenden Ausserortverkehr handelt — enorme Lasten aufgebürdet, denen aus Steuereinnahmen kein hinreichender Gegenwert gegenübersteht.

Die Erfüllung eines derartigen Begehrens würde für Projektierung und definitive Gestalt des schweizerischen Hauptstrassennetzes von durchschlagender Wirkung sein und, gesamtwirtschaftlich betrachtet, respektable Einsparungen zeitigen. Bei den heute bestehenden Verhältnissen ist die Versuchung sehr gross, mittels «Autobahnen mitten durch die Stadt hindurch» anderes miteinzusaugen als nur Verkehr.

Die Projektierung des schweizerischen Hauptstrassennetzes ist streckenweise offensichtlich Opfer örtlicher Interessen geworden. Es ist höchste Zeit, dass die Fäden wieder straff gespannt werden.

Adresse: Arch. E. Roth, Regensdorferstr. 43, Zürich 49

Wärmetechnische Untersuchungen in Emmentaler-Käsereien

DK 662.6:637.331

Von Dipl. Ing. **A. Ostertag**, Zürich

Schluss von Seite 288

IV. Der Vergleich der verschiedenen Systeme

1. Der Vergleichsbetrieb

Um ein richtiges Urteil über die eingangs aufgezählten Heizsysteme (a bis h) abgeben zu können, müssen vor allem deren Jahreskosten ermittelt werden. Diese setzen sich aus folgenden Teilbeträgen zusammen:

a) Jährliche Kosten für die Betriebsmittel (Brennstoffe, elektrische Energie),
b) Verzinsung und Amortisation der wärmetechnischen Anlagen,
c) Unterhalt dieser Anlagen,
d) Personalkostenanteil für Bedienung usw.

Die Kostenelemente b) und c) hängen von den Erstellungskosten ab, die sich aus den Abrechnungen ausgeführter Anlagen für Betriebe gleicher Grösse ermitteln lassen. Der Personalkostenanteil muss auf Grund des tatsächlichen Zeitbedarfs geschätzt werden. Einer eingehenden Untersuchung bedarf die Ermittlung der jährlichen Betriebsmittelkosten. Diese lassen sich nämlich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht ohne weiteres ableiten. Denn jeder Betrieb weist seine Eigenarten auf, die von der Milchmenge und ihrer Veränderung im Laufe der Jahreszeiten, von der Arbeitsweise (Temperaturen, Wasserzusätze, Nebenprozesse, Warmwasserverbrauch, Gärraumheizung), von der Konstruktion der einzelnen Apparate, von deren Grössen und Leistungen, von der Bauweise und der Anordnung der Räume und nicht zuletzt von den Leistungen des Betriebsleiters abhängig sind. Diese Eigenarten beeinflussen in mannigfacher Weise die Versuchsergebnisse. Um einen sachgemässen Vergleich zu ermöglichen, müssen die Ergebnisse auf eine vergleichbare Grundlage umgerechnet werden. Als solche eignet sich ein angenommener Vergleichsbetrieb. Dieser soll mittleren Verhältnissen entsprechen, von Nebensächlichkeiten frei sein und so aufgestellt werden, dass die Auswirkung wichtiger Einflussgrössen, wie z. B. das Verhältnis der Wintermilchmenge zur Sommermilchmenge, die Kesselwirkungsgrade oder die Dauer der Unterbrechung der Vorgärraumheizung auf den Betriebsmittelverbrauch untersucht werden kann.

Als Vergleichsbetrieb wurde eine moderne Käserei mit dreifachem Emmentalermulchen und zwei normal isolierten Gärräumen von je 4 × 10 m² Grundfläche, 3 m lichter Höhe und einer konstanten Innentemperatur von 24° C bzw. 21° C angenommen. In Tabelle 2 sind die Arbeitstemperaturen,

Tabelle 2. Betriebsbedingungen und Wärmebedarf pro Halbjahr für Käsefabrikation und Molkenerhitzen im Vergleichsbetrieb

Saison, Milchverhältnis			Sommer	Winter, 0,60	Winter, 0,75
Abendmilch	Menge	kg	300 000	180 000	225 000
	Temperatur	° C	17	13	13
Morgenmilch	Menge	kg	300 000	180 000	225 000
	Temperatur	° C	32,5	30	30
Gesamte Milchmenge		kg	600 000	360 000	450 000
Wasserzusätze in % der ges. Milchmenge		%	3,6/2,4/1,8	3,6/2,5/2,5	3,6/2,5/2,5
Kaltwassertempertur		° C	14	8	8
Einlabungstemperatur		° C	32,5	32,5	32,5
Temperatur vor/nach Brennen		° C	32/52,5	32/52,5	32/52,5
Temperatur vor/nach Molkenerwärmen		° C	47/64	47/64	47/64
Nutz-Wärmebedarf	Erwärmen	Mio kcal	4,72	4,01	5,01
	Brennen	Mio kcal	12,20	7,29	9,12
	Molkenerwärmen	Mio kcal	10,20	5,76	7,20
	Ges. Nutzwärme	Mio kcal	27,12	17,06	21,33
Wirkungsgrade [1])	bei Dampfbetrieb	%	76,5	67	67
	bei elektrischem Betrieb	%	75	65	65
Bruttowärmebedarf	bei Dampfbetrieb	Mio kcal	35,50	25,45	31,80
	bei elektr. Betrieb	Mio kcal	36,10	26,25	32,80

[1]) angenommene Wirkungsgrade der Käsereiprozesse

Tabelle 3. Berechneter Wärmebedarf von zwei Gärräumen in Mio kcal pro Jahr

	Sommer	Winter voll	Jahr voll	Winter red.	Jahr red.
ohne Boiler	3,21	10,06	13,27	7,62	10,83
mit Speicher	2,84	9,70	12,54	7,40	10,24
mit Boiler	2,48	9,33	11,81	7,17	9,65

Die Zahlen beziehen sich auf einen Gärraum mit 24° C und einen Vorgärraum mit 21° C, jeder von 4×10 m² Grundfläche und 3 m l. Höhe im Keller eingebaut und sachgemäss isoliert. In den zwei letzten Kolonnen wurde ein Unterbruch der Vorgärraumheizung während den Monaten Dezember, Januar und Februar angenommen

Tabelle 4. Gemessener und für den Vergleichsbetrieb angenommener spezifischer Wärmeverbrauch für die Erwärmung des in der Käserei benötigten Warmwassers in kcal pro 1 kg Milch

Dampfkäsereien	Sommer	Winter	Elektrokäsereien	Sommer	Winter
I	7	12	V	17	26
II	7	15	VI	15	30
III	6	8			
IV	7	8			
Vergleichsbetr.	8	12	Vergleichsbetr.	10	15
0,6 [1]) Mio kcal	4,8	4,32	0,6 [1]) Mio kcal	6,0	5,4
0,75 Mio kcal	4,8	5,40	0,75 Mio kcal	6,0	6,75

[1]) Wärmeverbrauch zur Warmwasserbereitung pro Halbjahr beim Milchverhältnis 0,6 bzw. 0,75 des Vergleichbetriebes

Tabelle 5. Vergleichsbetrieb mit Dampf; jährlicher Bruttowärmeverbrauch und jährliche Betriebsmittelkosten

			Käserei allein		Käserei u. Wohnung	
Milchverhältnis			0,6	0,75	0,6	0,75
Wärmebedarf in Mio kcal pro Jahr	Käserei (aus Tabelle 2)		60,95	67,30	60,95	67,30
	Gärraumheizung (aus Tab. 3) [1])		13,27	13,27	12,54	12,54
	Warmwasser (aus Tabelle 4) [5])		9,12	10,20	11,92	13,00
	Wohnungsheizung		—	—	24,00	24,00
	Speicherverlust		—	—	1,48	1,48
	Restwärmen		9,20	9,20	9,20	9,20
	ges. Wärmebedarf		**92,54**	**99,97**	**120,09**	**127,52**
Handbed. Steinkohlenfeuerung	Wirkungsgrad [2])	%	60/60	60/60	—	—
	Kohlenbedarf	t	20,30	21,92		
	Kosten [3])	Fr.	**3250**	**3505**		
Unterschubfeuerung mit Flammkohlen	Wirkungsgrad [2])	%	55/55	55/55	53/55	53/56
	Kohlenbedarf	t	23,1	25,0	30,4	32,0
	Kosten [3])	Fr.	**2778**	**3060**	**3660**	**3840**
Oelfeuerung mit Heizöl leicht	Wirkungsgrad [2])	%	60/60	60/60	58/60	58/61
	Oelbedarf	t	15,25	16,50	20,05	21,07
	Kosten [4])		**2920**	**3163**	**3844**	**4046**

[1]) Der Speicher für die Wohnungsheizung verringert den Wärmebedarf der Gärräume; durchgehende Vorgärraumheizung
[2]) angenommene Wirkungsgrade der Kesselanlage im Sommer bzw. Winter
[3]) einschliesslich 110 Fr. pro Jahr für Anfeuerholz
[4]) einschliesslich Hilfsbetriebe
[5]) Zusätzlich 2,8 Mio kcal pro Jahr für die Wohnung

Tabelle 6. Vollelektrischer Vergleichsbetrieb. Bruttowärmeverbrauch, Stromverbrauch und Stromkosten pro Halbjahr

Halbjahr			Sommer	Winter	Winter
Milchverhältnis			—	0,6	0,75
Wärmebedarf	Käserei (aus Tab. 2)	Mio kcal	36,10	26,25	32,80
	Gärraumhzg. (aus Tab. 3)	Mio kcal	2,48	9,33	9,33
	Käseküchenheizung	Mio kcal	—	2,00	2,00
	Boilerverlust	Mio kcal	1,70	1,90	1,90
	Warmwasser [1])	Mio kcal	6,70	6,10	7,45
	Total	Mio kcal	**46,98**	**45,58**	**53,48**
Energiebedarf [2])		kWh	55 450	53 830	63 080
Energiekosten		Fr.	1385	1885	2205
Warmwasser für Wohnung	Wärme	Mio kcal	1,0	1,4	1,4
	Kosten	Fr.	**29**	**57**	**57**

[1]) aus Tab. 4, dazu Boilerverlust von 0,7 Mio kcal pro Halbjahr
[2]) einschliesslich Umwälzpumpe 800 kWh im Sommer, 780 bzw. 910 kWh im Winter

die Milch- und Zusatzwassermengen sowie der Wärmebedarf für die Käsefabrikation und die Molkenerhitzung zusammengestellt. Die Zahlen entstammen den von uns geprüften Käsereien und beziehen sich jeweilen auf ein Sommerhalbjahr und ein Winterhalbjahr. Diese Unterscheidung musste wegen den unterschiedlichen Strompreisen (2,5 Rp./kWh im Sommer, 3,5 Rp./kWh im Winter) vorgenommen werden. Den Berechnungen sind zwei verschiedene Verhältnisse der Wintermilchmenge zur Sommermilchmenge zugrunde gelegt worden, nämlich im einen Fall 0,60 und im andern 0,75.

Es ist ohne weiteres verständlich, dass bei diesen Strompreisverhältnissen reine Elektrokäsereien mit kleinen Wintermilchmengen kostenmässig und versorgungstechnisch günstiger abschneiden als solche mit grossen Wintermilchmengen. Einfachheitshalber blieben Nebenprozesse (Rahmpasteurisation, Joghurtherstellung usw.) im Vergleichsbetrieb unberücksichtigt, ebenso die Wärmerückgewinnung aus der warmen Molke, da sie grundsätzlich sowohl bei Dampfkäsereien wie bei Elektrokäsereien angewendet werden kann. Die kleinen, zum Sterilisieren der Gefässe benötigten Dampfmengen konnten nicht gemessen werden. Sie sind in den Anlage- und Kesselwirkungsgraden inbegriffen.

Tabelle 3 orientiert über den berechneten Wärmebedarf der Gärraumheizung bei voller Heizung beider Räume und bei reduzierter Heizung (Unterbruch der Vorgärraumheizung während der Monate Dezember, Januar und Februar). Durch Einbau eines Speichers (von 3,5 m³) bei der Dampfkäserei mit Wohnungsheizung vom Dampfkessel aus bzw. eines Schichtenboilers (von 8 m³) bei den Elektrokäsereien kommen je rd. die Hälfte der Verluste dieser Apparate den Gärräumen zugute; die entsprechenden Zahlen sind in Tabelle 3 angegeben. Die Einstellung der Vorgärraumheizung während einiger Wintermonate wirkt sich bei reinen Elektrokäsereien in einer gegenüber Dampfkäsereien etwas stärkeren Senkung der Jahreskosten aus. Der Unterschied ist nicht so bedeutend, dass er die Schlussfolgerungen merklich beeinflussen würde, weshalb er hier nicht weiter verfolgt wird.

2. Der Betriebsmittelverbrauch

Die Wärmeverbrauchszahlen aus den Tabellen 2 (für die Käsereiprozesse), 3 (für die Gärraumheizung) und 4 (für das Warmwasser) ergeben den Bruttowärmeverbrauch, der in Tabelle 5 für die beiden Milchverhältnisse 0,60 und 0,75 zusammengestellt ist. Hinzu kommen die Restwärmen in Kessel und Vorwärmer, d. h. die Unterschiede der Wärmeinhalte dieser Apparate vor und nach einem Tagesbetrieb. Diese Wärmemengen, die bei den Einzelversuchen genau gemessen wurden, sind als Verluste zu werten. Sie fallen um so kleiner aus, je sorgfältiger die Kesselbedienung sich den Wärmebedürfnissen anpasst. Hier wären auch die Verlustwärmen zu erwähnen, die dadurch entstehen, dass das Speisewasser kälter ist als der Mittelwert der Kondensattemperatur beim Austritt aus den Kessi bzw. aus der Raumheizung. Dieser Verlust ist in der Bruttowärme der Käsereiprozesse bzw. in der Raumheizwärme inbegriffen.

Mit den in Tabelle 5 angegebenen Wirkungsgraden der Kesselanlage erhält man die erforderlichen Brennstoffwärmen und aus diesen den Brennstoffverbrauch. Weiter findet man auf Tabelle 5 die Betriebsmittelkosten. Sie wurden auf Grund der in Tabelle 7 angegebenen Preise berechnet. Beim Handbetrieb sind zu den Kohlenkosten noch 110 Fr. pro Jahr für Anfeuerholz hinzugezählt worden. Bei automatischen Oelfeuerungen wurde ein mittlerer Stromverbrauch für die Oelpumpe und den Ventilator von 1,4 kWh pro 1 Mio kcal Brennstoffwärme festgestellt, bei der automatischen Unterschubfeuerung betrug der

entsprechende Stromverbrauch 2,6 kWh. Zur Ermittlung der Stromkosten für die Hilfsbetriebe bei Dampfkäsereien wurde ein Strompreis von 12 Rp./kWh angenommen. Die handgefeuerte Dampfkäserei ergibt die höchsten Jahreskosten, daher wurde nur die Wärmeversorgung der Käserei allein durchgerechnet. Eine kombinierte Wärmeversorgung von Käserei und Wohnung vom handgefeuerten Dampfkessel aus dürfte auch aus betrieblichen Gründen nicht in Frage kommen.

Für den elektrischen Vergleichsbetrieb gelten die Zahlen der Tabelle 6. Wie ersichtlich, ist der Energiebedarf im Winter bei einem Milchverhältnis von 0,6 nur wenig kleiner als im Sommer; bei einem Verhältnis von 0,75 übersteigt er diesen bereits um rd. 15 %. Um einen Vergleich mit kombinierter Wärmeversorgung von Käserei und Wohnung zu ermöglichen, sind in Tabelle 6 auch die zusätzlichen Kosten für die Warmwasserversorgung der Wohnung angegeben. Dabei wurden vier Personen und ein spezifischer Verbrauch pro Person von 25 l/Tag im Sommer und 30 l/Tag im Winter angenommen (Erwärmung im Sommer von 15 auf 70° C, im Winter von 8 auf 70° C). Ausserdem sind in Tabelle 7 Heizwert, Preis und äquivalenter Strompreis der verfeuerten Brennstoffe und in Tabelle 8 die Heizkosten für die Wohnung bei automatischer Oelfeuerung, bei handbedienter Koksfeuerung sowie bei einer kombinierten Wärmeversorgung mit Elektrizität im Sommer und Oelfeuerung im Winter zusammengestellt. Wie ersichtlich, stellt sich der Koksbetrieb wegen den hohen Kokspreisen sehr teuer. Er wird daher nicht mehr weiter verfolgt.

3. *Erstellungskosten und jährliche Zusatzkosten*

Die Erstellungskosten der wärmetechnischen Einrichtungen umfassen bei Dampfkäsereien den Dampfkessel mit Vorwärmer, Feuerung und Zubehör, die Dampfleitungen mit Isolierung, die Gärkellerheizung mit Anschlussleitungen und Automatik, die isolierten Warmwasserleitungen, die Kaltwasserleitungsanschlüsse, die elektrischen Installationen sowie die Baukosten (Kamin, Sockel, Speisewasserbehälter, Kohlenbunker, Oeltankgrube). Bei den Elektrokäsereien treten an Stelle des Dampfkessels ein Schichtenboiler mit Pumpe und an Stelle eines Vorwärmers ein Warmwasserboiler.

Bei kombinierter Wärmeversorgung von Käserei und Wohnung kommen die Wohnungsheizung mit dampfgeheiztem Speicher (bei Dampfkäsereien) bzw. Zentralheizungskessel mit Feuerung (bei Elektrokäsereien), ferner Pumpen und Automatik hinzu. Die Kosten dieser Anlagen sind in den Tabellen 9a für Dampfkäsereien und 9b für Elektrokäsereien auf Grund der Abrechnungen ausgeführter Anlagen und ergänzender Angaben zusammengestellt, Preisstand Sommer 1954. Selbstverständlich können diese Zahlen nur orientierenden Charakter haben.

Im untern Teil der Tabellen 9a und 9b findet man Angaben über die jährlichen Zusatzkosten. Für den Kapitaldienst wurde eine Verzinsung von 3½ % und eine Amortisation bei den technischen Installationen von 25 Jahren (Annuität 6,1 %) und bei den Bauten von 40 Jahren (Annuität 4,7 Prozent) angenommen.

Die Zusatzkosten und die Betriebsmittelkosten geben zusammen die Jahreskosten; diese findet man auf Tabelle 10 für die Gruppen A (Käserei allein) und B (Käserei mit Wohnung) sowie auf Tabelle 11 für Elektrokäsereien mit kombinierter Versorgung nach den Bildern 3 und 4. Hier kann im Winter die Feuerung durchgehend und mit weitgehend ausgeglichener Belastung betrieben werden, so dass die mittleren Kes-

Tabelle 7. Brennstoffdaten und äquivalente Strompreise

		Heizöl leicht	Flamm-kohle	Stein-kohle	Koks
Feuerung		aut.	aut.	Hand	Hand
Heizwert	kcal/kg	10 120	7275	7600	7000
Preis (Sommer 1956)	Fr./t	190	118	155	180
Wirkungsgrad	%	70	65	60	65
äquival. Strompreis	Rp./kWh	2,44	2,14	2,92	3,4

Tabelle 8. Betriebsmittelkosten der Wohnungsheizung

		Heizöl leicht	Koks	Sommer elektr.	Winter Heizöl
Wärmebedarf pro Jahr	Mio kcal	24	24	2	22
Kessel-Wirkungsgrad	%	70	65	—	70
Verbrauch	t bzw. kWh	3,4	5,27	2330 [2])	3,11
Hilfsbetriebe	kWh	58 [1])	—	40 [2])	53 [3])
Kosten pro Jahr	Fr.	654	948	657	

[1]) Strompreis 15 Rp./kWh; [2]) Strompreis 2,5 Rp./kWh; [3]) Strompreis 12 Rp./kWh

Tabelle 9b. Erstellungskosten und jährliche Zusatzkosten der wärmetechnischen Installationen des Vergleichsbetriebes mit elektrischer und kombinierter Wärmeversorgung durch zusätzliche ölgefeuerte Zentralheizung

	Käserei allein	Käserei u. Wohnung getrennt	Käserei u. Wohnung nach Bild 3	Käserei u. Wohnung nach Bild 4
Elektroboiler	10 100	10 100	10 100	11 000
Gärraumheizung	2 800	2 800	2 800	2 800
Heizkessel mit Zubehör	—	5 900	7 200	8 800
Wohnungsheizung	—	5 500	5 500	5 500
Heisswasserleitungen	7 400	7 400	7 800	7 800
Uebrige Leitungen	1 600	1 600	1 600	1 600
elektrische Installationen	4 000	4 200	4 400	4 600
ges. Installationen	25 900	37 500	39 400	42 100
zusätzliche Baukosten	1 100	2 500	2 600	2 800
ges. Erstellungskosten	**27 000**	**40 000**	**42 000**	**44 900**
Kapitaldienst	1 630	2 410	2 520	2 690
Unterhalt	270	460	490	510
Personalkostenanteil	—	**80**	**90**	**90**
Jährliche Zusatzkosten	**1 900**	**2 950**	**3 080**	**3 290**

Die gesamten Erstellungskosten bei kombinierter Wärmeversorgung nach Bild 4 und Unterschubfeuerung sind um rd. 1000 Fr. kleiner als bei Oelfeuerung, was einen um 56 Fr. geringeren Kapitaldienst ergibt. Demgegenüber ist der Personalkostenanteil um 90 Fr. höher. Die jährlichen Zusatzkosten betragen demnach 3325 Fr.

Tabelle 9a. Erstellungskosten in Fr. und jährliche Zusatzkosten in Fr./J der wärmetechnischen Installationen des Vergleichsbetriebes mit Dampfkessel

Feuerung		Käserei allein			Käserei u. Wohnung	
		Hand	U'schub	Oel	U'schub	Oel
Kesselanlage		12 800	17 500	18 200	18 150	18 850
Gärraumheizung		2 600	3 000	3 000	3 000	3 000
Wohnungsheizung mit Speicher		—	—	—	7 600	7 600
Dampfleitungen		1 850	1 850	1 850	2 000	2 000
Uebrige Leitungen		1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
elektr. Installationen		250	3 350	3 350	3 550	3 550
ges. Installationen		**19 000**	**27 200**	**27 900**	**35 800**	**36 500**
zusätzliche Baukosten		2 600	3 000	3 300	3 000	3 300
ges. Anlagekosten		**21 600**	**30 200**	**31 200**	**38 800**	**39 800**
Kapitaldienst		1 280	1 800	1 855	2 340	2 395
Unterhalt		460	540	545	540	545
Personalkostenanteil		600	200	100	200	100
Jährl. Zusatzkosten		**2 340**	**2 540**	**2 500**	**3 080**	**3 040**
Zusatzkosten in	0,6 [1])	2,44	2,65	2,6	3,21	3,17
Fr. pro t Milch	0,75 [1])	2,23	2,42	2,38	2,94	2,90

[1]) beim Milchverhältnis 0,6 bzw. 0,75

selwirkungsgrade wesentlich höher liegen als beim Dampfkesselbetrieb. Sie wurden zu 70 Prozent bei Oelfeuerung und zu 65 % bei Unterschubfeuerung angenommen [3]). In Tabelle 10 sind sämtliche Zahlen auf 1000 kg verarbeiteter Milch umgerechnet worden, um Vergleiche zu erleichtern. Dasselbe gilt auch für die Kostenbeträge der Tabelle 11. Die stärkere Auslastung der Anlagen bei höherem Milchverhältnis ergibt naturgemäss niedrigere spezifische Kostenbeträge beim Verhältnis 0,75 als bei dem von 0,60.

4. Bemerkungen zum Kostenvergleich

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Systeme sind die Jahreskosten massgebend. Diese sollen in den Schlussfolgerungen miteinander verglichen werden. Von sekundärer Bedeutung sind die Erstellungskosten und die jährlichen Betriebsmittelkosten. Hierzu sei folgendes bemerkt:

Die *Erstellungskosten* der Wärmeversorgungsanlagen spielen namentlich bei der Finanzierung von Neu- oder Umbauten eine Rolle. Man sucht sie so klein wie möglich zu halten. Es wäre aber falsch, sie allein als massgebend zu betrachten. Bei Käsereien ohne Wohnungsheizung ist naturgemäss eine Anlage mit handgefeuertem Dampfkessel am billigsten (21 600 Fr. Tabellen 9a und 9b). Die Elektrokäserei ist mit rd. 27 000 Franken etwa 10 % billiger als eine Dampfkäserei mit automatischer Unterschub-Feuerung (30 200 Fr.). Am teuersten ist die Dampfkäserei mit automatischer Oelfeuerung (31 200 Fr.). Bei Käsereien mit Wohnungsheizung bestehen keine nennenswerten Unterschiede zwischen elektrischen und Dampfbetrieben, wenn bei den erstgenannten für die Zentralheizung die selbe Feuerungsart angewendet wird wie beim Dampfkessel. Zusätzliche Erstellungskosten ergeben die Kombinationen nach den Bildern 3 und 4. Diese sind aber sehr wohl gerechtfertigt, besonders bei der Letztgenannten.

Die *Betriebsmittelkosten* sind vor allem für den Betriebsleiter von Interesse. Hier sind vor allem die Zahlen der Tabelle 10 für die Käserei *und* Wohnung bei automatisch gefeuerten Dampfanlagen (Heizölkosten bzw. Kohlenkosten) mit denen von Tabelle 11 (drittunterste Zeile) zu vergleichen. Wie ersichtlich, weist eine Elektrokäserei mit Schaltung nach Bild 3 bei gleichem Brennstoff (Heizöl leicht) praktisch gleiche Betriebsmittelkosten auf wie eine Dampfkäserei, während bei Elektrokäsereien mit Schaltung nach Bild 4, bei der im Winter Käserei, Gärräume und Wohnung vom Zentralheizungskessel aus mit Wärme versorgt werden, mit *wesentlich geringeren Betriebsmittelkosten* gerechnet werden kann als bei Dampfkäsereien. Die Zahlen für vollelektrische Käsereibetriebe mit getrennter Wohnungsheizung gemäss Tabelle 10 sind nur von sekundärer Bedeutung. Sie zeigen lediglich, dass diese Systeme weniger vorteilhaft sind und daher bei Neuanlagen nicht mehr angewendet werden sollten.

Die für einen sachlichen Vergleich massgebenden Kenngrössen sind die *Jahreskosten,* die sich als Summe der Betriebsmittel- und der Zusatzkosten ergeben und in den Tabellen 10 und 11 jeweilen unten angegeben sind. Auf sie soll im Abschnitt «Schlussfolgerungen» näher eingegangen werden.

[3]) Vgl. z. B. die Messungen von *W. Widmer* in «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung» 1956, Nr. 4, wo für Wohnblöcke im Mittel der Heizperiode Wirkungsgrade von 68 bis 70 % bei Oelfeuerungen und 65 % für Kokshandfeuerungen gefunden wurden.

Tabelle 10. Betriebsmittel- und Jahreskosten des Vergleichsbetriebes bez. auf 1000 kg Milch

Art der Wärmeversorgung	Variante		Käserei allein		Käserei u. Wohn.	
	Milchverhältnis		0,6	0,75	0,6	0,75
	Nutzwärmebedarf	kcal/t	69,4	68,5	96,0	93,0
automat. Oelfeuerung	Oelverbrauch	kg/t	15,9	15,72	20,9	20,07
	Heizölkosten [2])	Fr./t	3,04	3,01	4,01	3,85
	Jahreskosten	Fr./t	**5,64**	**5,39**	**7,18**	**6,75**
Unterschub Flammkohlenfeuerung	Kohlenverbrauch	kg/t	24,1	23,8	31,7	30,5
	Kohlenkosten [2])	Fr./t	2,89	2,86	3,81	3,66
	Jahreskosten	Fr./t	**5,54**	**5,28**	**7,02**	**6,60**
Handfeuerung 60 Prozent [1])	Kohlenverbrauch	kg/t	21,1	20,9		
	Kohlenkosten [2])	Fr./t	3,38	3,34		
	Jahreskosten	Fr./t	**5,82**	**5,57**		
Handfeuerung 50 Prozent [1])	Kohlenverbrauch	kg/t	25,4	25,0		
	Kohlenkosten [2])	Fr./t	4,05	3,98		
	Jahreskosten	Fr./t	**6,49**	**6,21**		
Vollelektrische Käserei, getrennte Wohnungsheizung mit Oel	Strombedarf Sommer	kWh/t	92,4	92,4	94,3	94,3
	Strombedarf Winter	kWh/t	149,5	140,0	154,0	143,7
	Oelbedarf	kg/t	—	—	3,54	3,54
	Stromkosten	Fr/t	3,40	3,42	3,49	3,50
	Oel- und Stromkosten	Fr./t	3,40	3,42	4,17	4,13
	Zusatzkosten	Fr./t	2,00	1,90	3,07	2,81
	Jahreskosten	Fr./t	**5,40**	**5,32**	**7,24**	**6,94**

[1]) Wirkungsgrad der Kesselanlage
[2]) einschliesslich Hilfsbetriebe bzw. Anfeuerungsholz

Tabelle 11. Betriebsmittel- und Jahreskosten des Vergleichsbetriebes bei kombinierter Wärmeversorgung nach Bild 3 bzw. Bild 4

Heizungssystem [1])		n. Bild 3, Oel		n. Bild 4, Oel		n. Bild 4, Kohle	
Milchverhältnis		0,6	0,75	0,6	0,75	0,6	0,75
Winter: Boiler	kWh	41 430	50 700	8730	10 300	8730	10 300
Hilfsantriebe	kWh	596	746	673	836	805	980
Kesselwärme	Mio kcal	33,33	33,33	61,48	68,03	61,48	68,03
Brennstoffverbrauch [2])	kg	4710	4710	8670	9600	13 040	14 400
Stromkosten [3])	Fr.	1473	1803	387	460	403	478
Brennstoffkosten	Fr.	895	895	1647	1825	1537	1702
Jahr: Betriebsmittel [4])	Fr.	3843	4172	3509	3760	3415	3645
pro Tonne Milch	Fr./t	4,00	3,97	3,66	3,58	3,56	3,47
Zusatzkosten	Fr./t	3,21	2,94	3,43	3,13	3,46	3,16
Jahreskosten	Fr./t	**7,21**	**6,91**	**7,09**	**6,71**	**7,02**	**6,63**

[1]) Bei beiden Systemen ist die Wärmeversorgung im Sommer vollelektrisch. Im Winter werden beim System nach Bild 3 Käserei und Warmwasserboiler elektrisch versorgt, Wohnung und Gärräume mit Brennstoffen; beim System nach Bild 4 wird im Winter nur der Warmwasserboiler elektrisch versorgt

[2]) Angenommene Wirkungsgrade der Kesselanlage bei Oel 70 %, bei Kohle (Unterschubfeuerung) 65 %

[3]) Strompreise für WW-Boiler 3,5 Rp./kWh, für Hilfsbetriebe beim System nach Bild 4 12 Rp./kWh

[4]) Stromverbrauch im Sommer für alle hier aufgeführten Fälle 59 020 kWh, Preis 2,5 Rp./kWh, Kosten 1475 Fr.

V. Schlussfolgerungen

In den Jahren 1955/56 wurden in sechs Emmentaler - Käsereien des Kantons Luzern während zwölf und mehr Monaten die verschiedenen Heizsysteme anhand exakter Einzelmessungen und durchlaufender Erhebungen hinsichtlich Eignung und Wirtschaftlichkeit untersucht. Diese Systeme sind: Dampfkessel mit handbedienter Steinkohlen - Feuerung, Dampfkessel mit automatischer Unterschubfeuerung für Flammkohlen, Dampfkessel mit automatischer Oelfeuerung, elektrisch geheizte Boiler für Käsereiprozesse und Warmwasser. Bei Dampfkäsereien kann die Wohnung des Betriebsleiters vom Dampfkessel aus unter Zwischenschaltung eines Speichers geheizt werden. Zweckmässigerweise wird dann auch die Gärraumheizung an den Speicher angeschlossen. Bild 2 zeigt das Schema einer solchen Anlage. Man hat dann nur *eine* Feuerstelle zu bedienen, und es verringern sich die Verluste. Bei Elektrokäsereien wird die Wohnung meist mittels einer normalen Zentralheizung

mit ölgefeuertem Heizkessel oder mit Kokshandfeuerung ausgerüstet. Man kann aber auch die Zentralheizung zur teilweisen oder vollständigen Wärmeversorgung der Käserei im Winter heranziehen; die Bilder 3 und 4 zeigen entsprechende Schaltmöglichkeiten.

Um einen gültigen Vergleich dieser Systeme zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse der Auswertungen auf einen angenommenen Vergleichsbetrieb übertragen. Die wesentlichen Schlussfolgerungen sind:

1. Vom rein käsereitechnischen Standpunkt aus dürfen Dampfheizung und Heisswasserheizung praktisch als gleichwertig betrachtet werden. Beim Dampfbetrieb sind die Wärmeverluste infolge Auskühlung der Kessi und der Leitungen um etwa 2 % geringer als bei Heisswasserheizung. Dafür ist die Wärmeabstrahlung der Kesselanlage beträchtlich. Bedienung und Wartung erfordern Verständnis, Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit. Das Betriebsergebnis ist insbesondere bei den handgefeuerten Anlagen nicht unbeträchtlich von den persönlichen Fähigkeiten des Käsers abhängig.

Der elektrische Betrieb mit Heisswasserumwälzung ist hinsichtlich Reinlichkeit und Einfachheit der Bedienung dem Dampfbetrieb überlegen, obschon die heutigen automatischen Feuerungssysteme ebenfalls einfach in der Bedienung und hygienisch sind. Zugleich ist aber festzuhalten, dass die Elektrokäsereien nur Heisswasser und keinen Dampf für die Sterilisation von Gefässen und Gerätschaften zur Verfügung haben, was aber in der Regel nicht als Nachteil empfunden wird.

2. Die Jahreskosten der auf gleicher Grundlage untersuchten Heizsysteme bewegen sich in der selben Grössenordnung. Wesentliche Kostendifferenzen bestehen somit nicht. Immerhin soll folgendes festgehalten werden (Tabellen 10 und 11): Bei Käsereibetrieben, deren Wärmeversorgung nicht auch noch zur Wohnungsheizung benützt werden kann, stellt sich bei den im Sommer 1956 gültigen Preisen für Brennstoffe und elektrische Energie und bei normalem Verhältnis der Winter- zur Sommermilchmenge (0,6 und weniger) der Elektrobetrieb am günstigsten. Werden dagegen Käserei und Wohnung gemeinsam geheizt, so ergibt der Dampfbetrieb etwas niedrigere Jahreskosten als der elektrische Betrieb mit getrennter Zentralheizung für die Wohnung. Diese Ausführungsart, die auch aus energiewirtschaftlichen Gründen nachteilig ist, sollte vermieden werden.

Der handgefeuerte Dampfkessel ist trotz niedrigen Anlagekosten und selbst bei allerbester Betriebsführung am teuersten. Für Neuanlagen ist er daher nicht mehr zu empfehlen. Die Oelfeuerung ist rd. 2 % teurer als die Unterschubfeuerung. Das Kostenverhältnis dieser beiden Heizsysteme hängt stark vom Verhältnis der jeweiligen Brennstoffpreise ab, die wenig stabil sind. Der Elektrobetrieb, bei dem im Winter die Heizung der Gärkeller durch die ölgefeuerte Zentralheizung der Wohnung übernommen wird (Schaltung nach Bild 3), ergibt gegenüber ölgefeuerter Dampfkäserei mit Wohnungsheizung zwar noch etwas höhere Jahreskosten, aber eine sehr erwünschte Verringerung im Verbrauch von teurem Winterstrom.

Vorteilhaft ist die nachstehende Kombination der Heizsysteme (Bild 4): Elektrische Wärmeversorgung mit Schichtenboiler der Käserei und der Gärräume im Sommer. Der Zentralheizungskessel für die Wohnung heizt im Winter gleichzeitig den Schichtenboiler während der Nacht auf, so dass die Käserei weder für die Fabrikation noch für die Gärräume teuren Winterstrom benötigt. Für die Warmwasserversorgung von Käserei und Wohnung dient ein ganzjährlich betriebener Elektroboiler. Dieser kann im Winter auch vom Zentralheizungskessel aus aufgeladen werden.

Diese Kombination weist nur *eine* Feuerstelle auf, die nur im Winter zu bedienen ist und automatisiert werden kann. Sie ergibt bei Unterschubfeuerung (Flammkohlen) für den Zentralheizungskessel die selben Jahreskosten wie ein Dampfbetrieb mit Unterschubfeuerung; bei Oelfeuerung sind die Jahreskosten der kombinierten Elektrokäserei etwas geringer als bei ölgefeuertem Dampfbetrieb; bei handbedienter Koksfeuerung der Zentralheizung sind sie höher. Günstig sind hier der sehr geringe Winterstrombedarf, der durch Aufladen des Warmwasserboilers von der Zentralheizung aus ganz zum Verschwinden gebracht werden kann, sowie die grosse Betriebssicherheit, da zwei unabhängige Wärmebezugsquellen bestehen. Das ist denn auch die Lösung, die bei Neuanlagen vor allen andern in Betracht zu ziehen ist.

3. Bei Neubauten und Umbauten von Käsereien ist vom wärmewirtschaftlichen Standpunkt aus folgendes zu beachten:

a) Der Isolation der Gärräume ist grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Man trifft in der Praxis in dieser Beziehung noch sehr schlechte Zustände. Unsere Messungen bestätigen, dass dabei beträchtliche jährliche Kosten zur Dekkung vermeidbarer Wärmeverluste entstehen.

b) Schichtboiler, Warmwasserboiler und Zentralheizungskessel sind so anzuordnen, dass ihre Abstrahlungswärmen möglichst weitgehend den Gärkellern zufliessen.

c) Die Verwertung der Wärme aus der erhitzten Molke zur Gärraumheizung sollte nicht nur in Elektrokäsereien, sondern auch in Dampfbetrieben angewendet werden.

d) In Elektrokäsereien besteht die Möglichkeit, Käseküche und Milchkeller in einem Raum zu vereinigen und so an Gebäudekosten und Arbeit zu sparen.

e) Das Unterteilen des Käsereiprozesses auf Morgen und Abend ist unwirtschaftlich. Wenn es im Sommer regelmässig vorgenommen werden muss, ist eine Vergrösserung der Zahl der Kessi zu empfehlen.

4. Für die Wahl des Heizsystems sind ausser den Jahreskosten noch folgende Gesichtspunkte massgebend:

a) Die Versorgungssicherheit in politisch bewegten Zeiten ist erfahrungsgemäss bei der Elektrizität am grössten, beim Heizöl am kleinsten. Die grösste Sicherheit bietet das kombinierte System nach Bild 4, bei dem im Sommer mit elektrischer Energie, im Winter mit Brennstoffen geheizt wird.

b) Die zukünftige Entwicklung sämtlicher Brennstoff- und Elektrizitätspreise ist auf lange Sicht durch eine ständige Steigerung infolge höherer Gestehungskosten gekennzeichnet. Es ist zu erwarten, dass diese Steigerung auf dem Brennstoffsektor sich stärker fühlbar macht als bei der elektrischen Energie. Zu berücksichtigen sind zudem die sehr hohen Brennstoffpreise sowie die Schwierigkeiten der Beschaffung bei gestörter Versorgungslage (Kriegszeiten).

c) Das volkswirtschaftliche Interesse an der Verwendung elektrischer Energie aus einheimischen Wasserkräften ist gross. Da aber die Nachfrage das Angebot wesentlich übersteigt, muss unter den Konsumenten eine Auswahl getroffen werden. Energiewirtschaftlich sind jene Verbraucher zu bevorzugen, die hauptsächlich Nachtenergie und womöglich mehr Sommer- als Winterenergie konsumieren. Dazu gehören Elektrokäsereien, die im Verhältnis zur Sommermilch ein kleines Wintermilchquantum verarbeiten. Am geeignetsten sind jene Betriebe, die dank eines kombinierten Heizsystems auf Strombezüge im Winter ganz oder teilweise verzichten können.

d) Die hier genannten Gesichtspunkte sprechen zu Gunsten der elektrischen Wärmeversorgung mit Aufladung des Elektroboilers durch den Zentralheizungskessel im Winter. Dieses Heizsystem kann im allgemeinen als das günstigste empfohlen werden. Jedoch ist bei der Wahl eines neuen Heizsystems von Fall zu Fall zu prüfen, ob die Voraussetzungen hierfür tatsächlich erfüllt sind.

Gestaltungsfragen des Konstrukteurs zur schönen technischen Form

DK 621.002.2

Welche Bedeutung man in Deutschland der Frage der technischen Formgebung beimisst, geht schon daraus hervor, dass an der Jahrhundertfeier des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) ein Vortrag über die schöne technische Form angesetzt war. Dipl. Ing. *K. Bobek* [1]) versuchte dabei erstmals, einige Richtlinien oder Empfehlungen aufzustellen, welche dem praktisch arbeitenden Konstrukteur ein Mittel in die Hand geben sollten, schönere Maschinen zu bauen oder wenigstens grobe Fehler in der Formgebung zu vermeiden. Diese Bestrebungen werden in Deutschland durch die höchsten

[1]) Die schöne technische Form, *K. Bobek*, «Z. VDI», Bd. 98 (1956), Nr. 23, S. 1380/1388.