

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 40 (1978)
Heft: 11

Artikel: Energieeinsparung und Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung
Autor: Nosal, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081973>

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

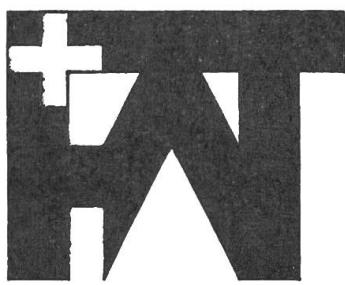
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 03.02.2026

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



Energieeinsparung und Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung

D. Nosal

1. Einleitung

Für die Einsparung von Energie und die Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung sind in der letzten Zeit eine Anzahl von Ideen und Vorschlägen entwickelt, beschrieben und auch schon verwirklicht worden. Es sind damit offensichtlich noch längst nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Dabei muss auch gesagt werden, dass für grössere landwirtschaftliche Betriebe mehrere Möglichkeiten bestehen, die allerdings auch mit höheren Investitionen verbunden sind. Natürlich bestehen auch Möglichkeiten, Energie ohne grosse Investitionen einzusparen. Dies betrifft vor allem die Betriebe, die bei der Milchkühlung mit natürlicher Kälte arbeiten. Für

die Milchkühlung bestehen Möglichkeiten der Energieeinsparung bei folgenden Verfahren:

- konventionelle Milchkühlung mit natürlicher Kälte (Wasser),
- kombinierte Milchkühlung (vorkühlen mit Wasser, tiefkühlen mit künstlicher Kälte),
- Kühlung mit künstlicher Kälte,
- Kühlung mit Wärmerückgewinnung.

2. Kühlung mit natürlicher Kälte

Bei den Kühlverfahren mit natürlicher Kälte (Wasser als Energiequelle) bestehen wenig Möglichkeiten, Energie einzusparen. Die Einsparungsmöglichkeiten beschränken sich sowohl bei den Kühlverfahren mit

Tabelle 1: Wasserverbrauch und -Kosten für die Milchkühlung mit natürlicher Kälte

Anzahl 40-l-Kannen pro Gemelk	mit Kannenring				mit Kannenkühler			
	Wasserverbrauch m ³ pro Jahr		Wasser-Kosten Fr. pro Jahr		Wasserverbrauch m ³ pro Jahr		Wasser-Kosten Fr. pro Jahr	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	
1	230	440	140	260	100	180	60	110
2	470	880	280	530	190	350	120	210
4	930	1750	560	1050	390	700	230	420
6	1400	2630	840	1580	580	1050	350	630

1) mit guter Benetzbartkeit

2) mit schlechter Benetzbartkeit

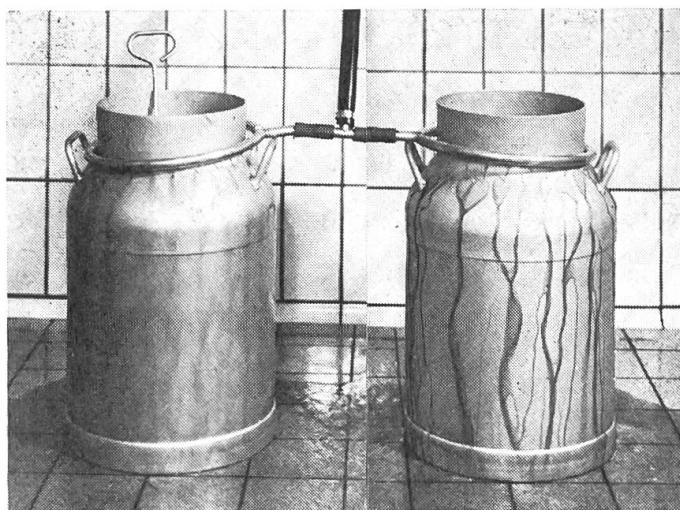


Abb. 1: Gute und schlechte Benetzbarkeit von Milchkannen (bei der Milchkühlung mit Wasser in Kanne).

dem Kannenring als auch beim Kannenkühler auf die Benetzbarkeit der Kannen. Bei der Milchkühlung mit Wasser soll die Milch auf eine Temperatur abgekühlt werden, die 3°C über dem Kühlwasser liegt. Schlecht benetzbare Kannen (Abb. 1) erfordern einen höheren Wasserverbrauch. Für die Kühlung von 1 l Milch wird beim Kannenring 8,0 l Wasser bei guter und 15,0 l Wasser bei schlechter Benetzbarkeit benötigt. Beim Kannenkühler sind es 3,3 l bzw. 6,0 l Wasser. Die schlechte Benetzbarkeit deutet darauf hin, dass die Oberfläche der Milchkanne fettig und verschmutzt ist. Der Einfluss der schlechten Benetzbarkeit ist aus Tab. 1 zu entnehmen (beim Tarif von Fr. 0,60 m³ Wasser).

Wie aus Tab. 1 zu entnehmen ist, können die finanziellen Verluste durch die schlechte Benetzbarkeit bei einem Betrieb mit vier Kannen (zirka 22 Kühe) Fr. 491.– pro Jahr bei der Kühlung mit dem Kannenring ausmachen. Bei der Kühlung mit dem Kannenkühler betragen die Mehrkosten Fr. 188.– pro Jahr.

3. Kombinierte Milchkühlung

Bei diesem Kühlverfahren wird die Milch mit der natürlichen Kälte vorgekühlt und mit der künstlichen Kälte auf $3-7^{\circ}\text{C}$ tiefgekühlt. Durch die Vorkühlung der Milch mit der natürlichen Kälte wird der Stromverbrauch des Kühlaggregates kleiner und somit kann elektrische Energie gespart werden. Bei der

Milchgewinnung mit der Eimermelkanlage besteht die Möglichkeit der kombinierten Kühlung dann, wenn die Milch in einem doppel- oder dreiwandigen Hofbehälter gesammelt und gekühlt wird. Durch den Anschluss des Hofbehälters an die Wasserleitung wird die Vorkühlung der Milch ermöglicht, indem das Wasser zwischen den Wänden des Behälters hindurchfliesst. Anschliessend kann die Milch mit einem Tauchkühler auf die gewünschte Temperatur gekühlt werden. Bei der Milchgewinnung mit Rohrmelkanlagen wird die Vorkühlung der Milch mit einem Plattenkühler erreicht. Der Plattenkühler besteht aus Plattenpaketen. Zwischen den Platten fliessen Milch und Wasser im Gegenstrom. Die Kühlleistung kann durch Änderung der Plattenzahl und -anordnung wechselnden Anforderungen angepasst werden.

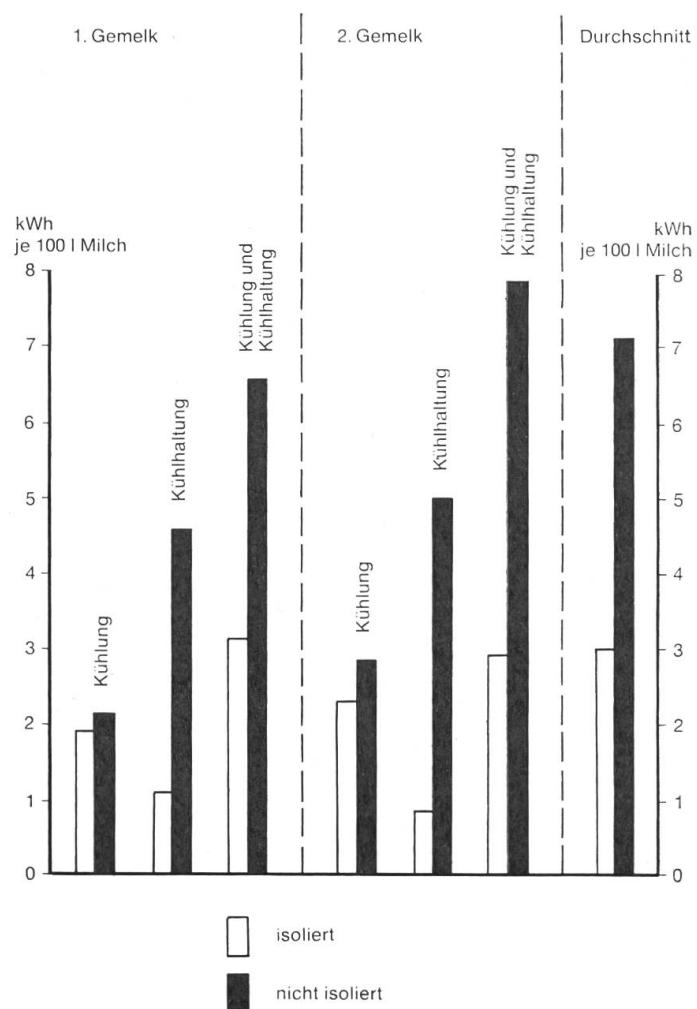


Abb. 2: Energieverbrauch für Kühlung und Kühlhaltung der Milch in isolierten und nicht isolierten Eiswasserbecken (nach E. Flückiger und F. Walser).

4. Kühlung mit künstlicher Kälte

Bei dieser Kühlung kann man elektrische Energie vor allem durch gute Isolierung einsparen. Die Eiszimmerbecken und die Kühlwanne mit indirekter Verdampfung bieten zudem die Möglichkeit, den Nachtstrom auszunützen.

Kannen in Eiszimmerbecken

Bei diesem Kühlverfahren ist der Energieverbrauch (Abb. 2) für die Kühlhaltung in nicht isolierten Behältern mehr als doppelt so gross wie derjenige für die Kühlung. Der durchschnittliche Stromverbrauch für die Kühlung und Kühlhaltung von 100 l Milch liegt bei den isolierten Behältern bei 7,2 kWh. In einem Betrieb mit vier Kannen pro Tag (160 l Milch) ergibt sich daraus ein unterschiedlicher Energieverbrauch von 2450 kWh im Jahr, oder Fr. 368.— bei einem Stromtarif von 0,12 Fr./kWh.

Kannen mit Tauchkühler

Wird die Milch nach der Kühlung länger als 1 Stunde in der Kanne gelagert, ist es notwendig, diese mit einer Isolierhaube und einem Bodendeckel auszurüsten. Nach 12-stündiger Lagerung wird nämlich die auf 4° C abgekühlte Milch folgende Temperatur erreichen (siehe auch Abb. 3):

- ohne Isolierhaube zirka 20° C,
- mit Isolierhaube, aber ohne Bodendeckel zirka 13° C,
- mit Isolierhaube und Bodendeckel zirka 7° C.

Wie diese Zahlen zeigen, ist bei höheren Umgebungstemperaturen die Lagerung der Milch bei Temperaturen von 3–7° C in Kannen ohne Isolierung unmöglich.

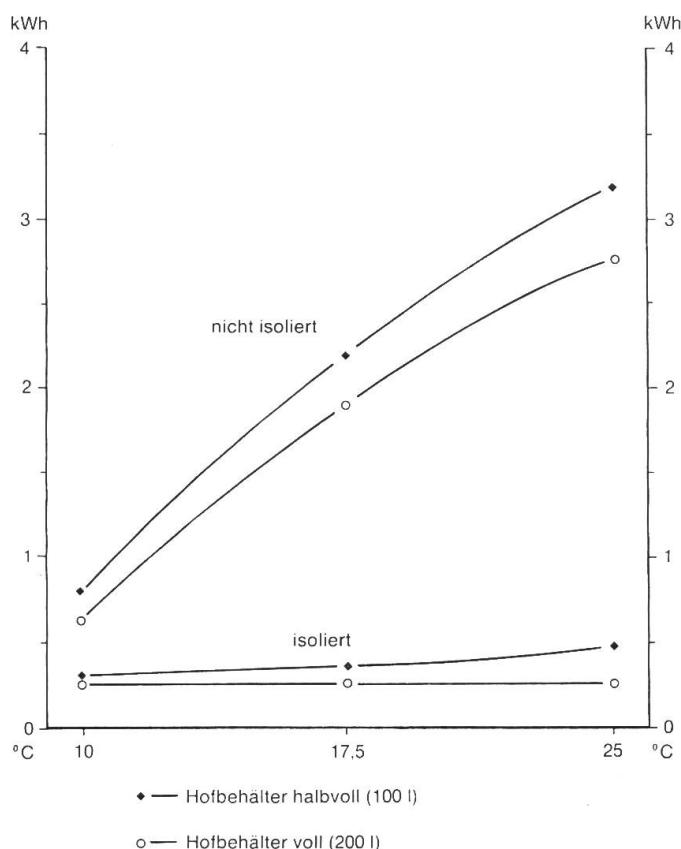
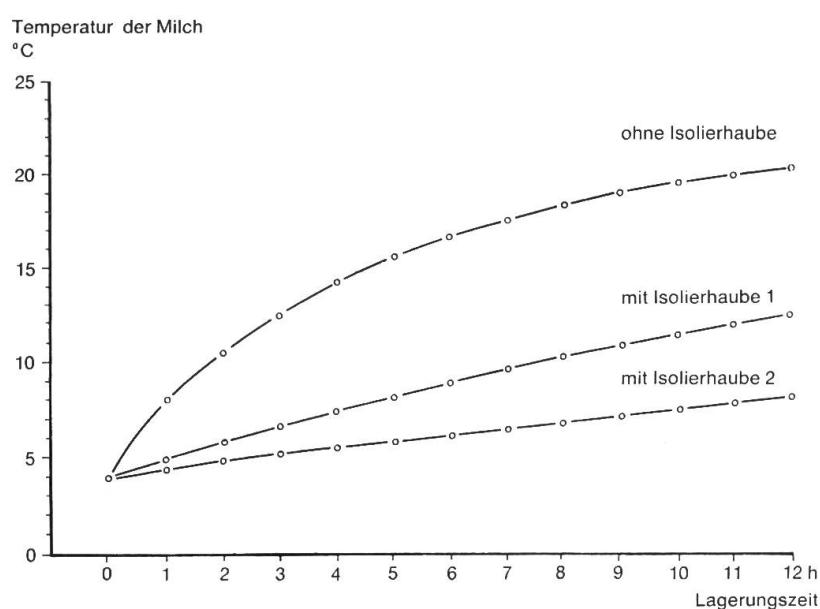


Abb. 4: Einfluss der Isolation auf den Energieverbrauch bei den Kühlverfahren mit Hofbehältern (nach E. Flückiger und F. Walser).

Abb. 3:
Erwärmung der Milch in der Milchkanne nach 12 Stunden Lagerung (Isolierhaube 1 ohne Bodendeckel, Isolierhaube 2 mit Bodendeckel), (nach E. Flückiger und F. Walser).



Hofbehälter (oder Sammelwanne) mit Tauchkühler

Die Isolation hat auch bei den Hofbehältern eine grosse Bedeutung bezüglich Stromverbrauch (Abb. 4). Bei einer Milchtemperatur von 10° C beträgt der Stromverbrauch bei isolierten Hofbehältern 0,25 kWh und bei nicht isolierten 0,8 kWh. Viel grösser ist der Unterschied bei der Temperatur von 25° C. Hier beträgt der Stromverbrauch bei isolierten Hofbehältern 0,5 kWh und bei nicht isolierten 3,15 kWh.

Kühlwanne und Kühltank

Einerseits benötigen die Kühlanlagen mit indirekter Verdampfung (der Verdampfer befindet sich in einem Eisswasserbad) um etwa die Hälfte kleinere Anschlusswerte für das Kühlaggregat als diejenigen mit direkter Verdampfung (die Austauschflächen des Verdampfers sind in unmittelbarem thermischen Kontakt mit der Milch oder dem Milchbehälter). Anderseits müssen die Kältemaschinen bei indirekter Verdampfung längere Zeit laufen. Dadurch beträgt der spezifische Stromverbrauch pro 100 l Milch 4,4 bis

5,0 kWh bei Anlagen mit indirekter Verdampfung gegenüber 1,4–2,5 kWh bei Anlagen mit direkter Verdampfung. Die hohen Stromkosten bei Kühlanlagen mit indirekter Verdampfung können teilweise durch die Ausnutzung des Nachstromes gesenkt werden.

5. Wärmerückgewinnung bei der Milch- kühlung mit der künstlichen Kälte

Die Wärme, die bei der Milchkühlung abgegeben wird, kann man wieder zurückgewinnen und zur Aufbereitung von Warmwasser verwenden. Bei konventionellen Kühlanlagen werden die Wärmemengen über einen luftgekühlten Verflüssiger ungenutzt an die Umgebungsluft abgegeben. Durch eine entsprechende technische Verfahrensweise kann diese freiwerdende Wärme (Energie) zur Warmwasserbereitung genutzt werden.

Systeme der Warmwasserbereitung

Um die am Verflüssiger freiwerdende Wärmemenge zur Warmwasserbereitung zu nutzen, muss der Ver-

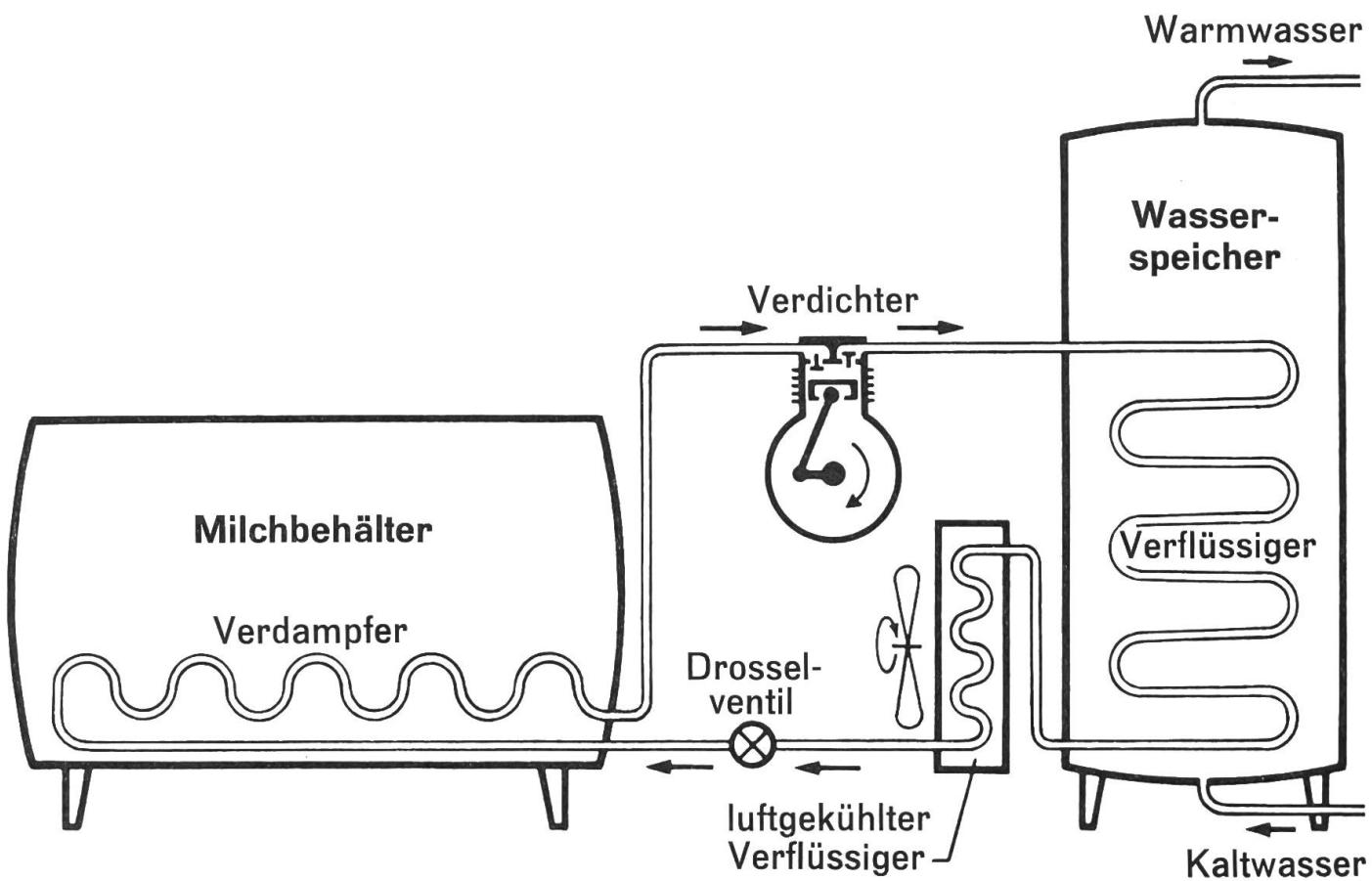


Abb. 5: Schema der Milchkühlung mit Wärmerückgewinnung im geschlossenen System.

FAT-MITTEILUNGEN

flüssiger als Wasser-Wärmeaustauscher ausgebildet sein, damit die Wärme an das Brauchwasser übertragen werden kann (Abb. 5). Da die Milchkühlung nicht kontinuierlich, sondern nur zweimal täglich innerhalb von jeweils zirka drei Stunden erfolgt und somit auch nur in dieser Zeit Wärme anfällt, muss das warme Wasser gespeichert werden. Der Verflüssiger muss deshalb in einem Wasserspeicher, an dessen Speicherwandung oder in einem getrennten Zwischenbehälter angeordnet sein.

Heute werden auf dem Markt zwei Systeme angeboten: geschlossenes System (Ein-Behälter-Anlage) und offenes System (mit je einem Behälter für den Wärmeaustauscher und den Wasserspeicher). Das geschlossene System hat den Vorteil, dass es sich ohne grossen Aufwand leicht mit bereits vorhandenen Kompressor-Milchkühlanlagen kombinieren lässt.

Anwendungsmöglichkeiten

Die Einrichtung für die Wärmerückgewinnung kann auch als Vorschaltgerät in Milchkammern eingesetzt werden, in denen bereits ein Elektroboiler installiert ist. Der Elektroboiler wird dann statt mit Kaltwasser bereits mit Warmwasser gespeist; je nach gewünschter Endtemperatur kann eine Stromkostensparnis von zirka 75% erreicht werden. Man erhält eine selbständige Warmwasseraufbereitung, indem die Wärmerückgewinnungsanlage mit einer elektrischen Zusatzheizung von zirka 2,0 kW ausgerüstet wird. Die Zusatzheizung soll:

- eine zu geringe Milchmenge ausgleichen,
- bei Bedarf das Warmwasser auf höhere Temperaturen hochheizen,

- bei vorübergehenden Funktionsstörungen der Kühl-anlage die Warmwasser-Versorgung sicherstellen,
- den erhöhten Warmwasserbedarf bei überdurch-schnittlichem Verbrauch decken.

Die 2,0-kW-Heizung kann in einer Stunde 90 l Wasser um zirka 15° C aufwärmen.

Höhe der Wassertemperatur

Einige Firmen werben mit hohen Wassertemperaturen von 65 oder gar 80° C. Diese Temperaturen können erreicht werden. Sie bringen aber neben Vorteilen auch erhebliche Nachteile mit sich:

- Sie erfordern hohe Drücke im Kompressor und Verflüssiger, wodurch die Aggregate stärker beansprucht werden. Der Stromverbrauch ist höher.
- Die Wärme-Abstrahlungsverluste sind höher.
- Eventuell können chemische Reinigungsmittel zer-setzt werden.
- Lebensdauer und Wirkungsgrad des Druckspeichers können durch Kesselsteinbildung beeinträchtigt werden.

Menge der Warmwasser-Gewinnung durch Milch-kühlung

Die Wärmemenge, die benötigt wird, um die Temperatur von 1 Liter Wasser (oder Milch) um 1° C zu erhöhen, beträgt 4,2 kJ (1 kcal). Folglich setzt Milch, die von 32° auf 4° heruntergekühlt wird, 117 kJ Wärme pro Liter frei. Ein Elektromotor des Kühlaggregates mit 1,2 kW Anschlusswert und einer Laufzeit von 6 Stunden am Tag braucht 7,2 kWh (theoretisch angenommen) elektrische Energie. Das ergibt eine Wärme von 26000 kJ (1 kWh = 3611 kJ).

Tabelle 2: Gewonnene Menge Warmwasser von 50° C in drei Betriebsgrößen

Anzahl Kühe	Milchmenge pro Tag l	Gewonnene Wärme		Gewonnene Menge Warmwasser von 50° C			
		ohne el. Motor kJ	mit el. Motor kJ	Theoretisch		bei γ^* von 0,66	
				mit el. Motor l	ohne el. Motor l	mit el. Motor l	ohne el. Motor l
27	400	46'900	73'000	460	295	300	195
33	500	58'660	84'700	530	370	350	240
40	600	70'400	96'400	605	440	400	290

γ^* = Wirkungsgrad

Beispiel:

Durch die Kühlung von 400 l Milch von 32° C auf 4° C werden 46'900 kJ (117 x 400) gewonnen. Von der Kältemaschine wird an elektrischer Energie 7,2 kWh (6 h x 1,2 kWh) umgewandelt. Das gibt ein Total von zirka 73'000 kJ. Anderseits benötigt man eine Energie von 159 kJ, um einen Liter Leitungswasser von 12° C auf 50° C zu erwärmen. Somit könnte man mit diesen 73'000 kJ vergleichsweise 460 Liter von 12° C auf 50° C erwärmen ($73'000 : 159 = 460$). Nimmt man an, dass bei der gesamten Anlage 34% an Wärme verloren gehen, so lassen sich netto 300 l Warmwasser von 50° C gewinnen.

Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Die Grenze des wirtschaftlichen Einsatzes einer Wärmerückgewinnungsanlage ist nur sehr schwierig festzustellen, da die spezifischen Gegebenheiten des einzelnen Betriebes in der Berechnung berücksichtigt werden müssen (Installationsmöglichkeit, Wasserbedarf usw.). Will man die im Beispiel berechneten 300 l warmen Wassers mit einem Elektroboiler gewinnen, so benötigt man 13,3 kWh pro Tag an elektrischer Energie (beim Wirkungsgrad des Boilers $\eta = 0,9$). Fallen von diesem Energieverbrauch zirka 92% auf den Niedertarif (1 kWh = 0,06 Fr.) und 8% auf den Hochtarif (1 kWh = 0,15 Fr.), so ergeben sich Stromkosten von Fr. 362.– im Jahr.

Tabelle 3: Jährliche Kosten für die Warmwassergewinnung bei einer Wärmerückgewinnungsanlage und einem Elektroboiler für Warmwasser von 50° C und 65° C

	Wärmerückgewinnungsanlage		Elektroboiler	
	50° C	65° C	50° C	65° C
Anschaffungspreis	5000.–	5300.–	3000.–	3000.–
Abschreibung, 15 J.	330.–	350.–	200.–	200.–
Zinsanspruch	150.–	160.–	90.–	90.–
Stromkosten	–	140.–	360.–	530.–
übriges *)	90.–	90.–	60.–	60.–
Total Fr. pro Jahr	570.–	740.–	710.–	880.–

*) Gebäude miete, Feuerversicherung, Reparaturen, Wartung

Der Vergleich zwischen der Wärmerückgewinnungsanlage und dem Elektroboiler aufgrund der jährlichen Kosten ist der Tab. 3 zu entnehmen. Die Berechnung erfolgte für 50° C und 65° C warmes Wasser. Für die Gewinnung von 65° C Warmwasser benötigt die Wärmerückgewinnungsanlage eine zusätzliche Heizung.

6. Schluss

Bei den Kühlverfahren mit Milchkannen und Hofbehältern ist in bezug auf die Energieeinsparung vor allem auf die Benetzbarkeit der Kannen sowie auf die Isolierung der Kannen und Hofbehälter zu achten. Trotz aller Aktualität des Themas «Wärmerückgewinnung aus Kühlanlagen» muss – insbesondere im vorliegenden Fall – die Funktion der Milchkühlung absolut Vorrang haben. Es ist nicht gerechtfertigt, für die Erzielung von ein paar Grad wärmerem Gebrauchswassers beispielsweise eine längere Abkühlzeit der Milch hinzunehmen. Es sollte nicht vergessen werden, dass im Endeffekt das Warmwasser nur ein willkommenes Nebenprodukt ist. Die Gewinnung dieses Nebenproduktes sollte nicht zu Lasten einer Verschlechterung der Milchkühlung, zu einer geringeren Lebensdauer des Kompressors oder zu einem höheren Energieverbrauch führen.

Wie die Berechnung der jährlichen Kosten zeigt, ist der Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage in Betrieben mit mehr als 300–400 l Milch pro Tag als verantwortbar zu bezeichnen.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

FAT-Mitteilungen können als Separatdrucke in deutscher Sprache unter dem Titel «Blätter für Landtechnik» und in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 27.–. Einzahlungen an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheck 30 - 520. In beschränkter Anzahl können auch Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.