

- [ 16 ] *Pischinger, F. u. C. Havenith*: The suitability of different alcohol-fuels for diesel engines by using the direct-injection method. Proceedings of the IV International Symposium on alcohol fuels technology. Vol. II, Paper B-57, Guarujá-SP-Brasil, 5–8 Oct. 1980.
- [ 17 ] • Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1979. Hrsg.: Bundesmin. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 23. Jg. (1979) Münster-Hiltrup: Landwirtschafts-Verlag 1979.
- [ 18 ] *Steinkampf, H.*: Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion – Bereich Agrartechnik. Berichte über Landwirtschaft 195. Sonderheft, S. 157/67, Hamburg u. Berlin: Paul Parey 1979.
- [ 19 ] *Steinkampf, H.*: Energieverbrauch und Möglichkeiten zur Einsparung am Beispiel der Zuckerrübenproduktion. Die Zuckerrübe 28. Jg. (1979) Nr. 6 (Nov.), S. 18/23.
- [ 20 ] • Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 9. Aufl. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag 1980.
- [ 21 ] *Hollmann, P.*: Struktur des Energieeinsatzes und der Energiekosten in Betriebsgrößen und Betriebsformen. Berichte über Landwirtschaft 195. Sonderheft, S. 114/34. Hamburg u. Berlin: Paul Parey 1979.
- [ 22 ] *Heyland, K.-U. u. S. Solansky*: Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. Berichte über Landwirtschaft 195. Sonderheft, S. 15/30. Hamburg u. Berlin: Paul Paery 1979.
- [ 23 ] *Diercks, R.*: Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion im Bereich Pflanzenschutz. Berichte über Landwirtschaft 195. Sonderheft, S. 142/56. Hamburg u. Berlin: Paul Parey 1979.
- [ 24 ] • *Richter, K.*: Futterwerttabellen der DLG – Schweine. Arbeiten der DLG Bd. 50. Frankfurt: DLG-Verlag 1961.
- [ 25 ] • *Schiemann, R., K. Nehring, L. Hofmann, W. Jentsch u. A. Chudy*: Energetische Futterbewertung und Energienormen. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1971.
- [ 26 ] *Hofstetter, E.M.*: Feuerungstechn. Kenngrößen von Getreidestroh. Diss. TU München 1978.
- [ 27 ] *Misselhorn, K.*: Äthanolherstellung unter energiewirtschaftlichem Aspekt – Stand der Technik. Die Branntweinwirtschaft Jg. 120 (1980) S. 91/94.
- [ 28 ] *Misselhorn, K.*: Ethanol als biotechnologische Energiequelle. Chemie-Ing.-Techn. Bd. 53 (1981) Nr. 1, S. 47/50.
- [ 29 ] *Misselhorn, K.*: Supramyl – ein Verfahren zur Herstellung von Energiealkohol. Chem. Rundschau 33. Jg. (1980) Nr. 38, S. 1, 5 u. 8.
- [ 30 ] *Kolbusch, P. u. W. Schäfer*: Biologisch-technische Systeme zur Energiegewinnung. Studie der Dormier-System GmbH. Hrsg. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn 19.
- [ 31 ] *Reinefeld, E., F. Wagner u. C. Winner*: Die Zuckerrübe als Energiepflanze? Zuckerindustrie Bd. 105 (1980) Nr. 1, S. 25/35.
- [ 32 ] *Houben, H.*: Motortreibstoff (Ethanol) aus Ein- und Zweijahrespflanzen wie Zuckerrüben, Manioka, Zuckerrohr. Zuckerindustrie Bd. 105 (1980) Nr. 1, S. 37/44.
- [ 33 ] *Stegemann, J.*: Energiesparende Äthanol-Destillieranlagen. Vortrag im Rahmen des Informationstages "Agrotechnik" der Buckau R. Wolf AG anlässlich der Messe Hannover 1980.
- [ 34 ] *Rudolph, K.*: Energiealkohol aus Biomasse. VDI-Nachrichten Jg. 34 (1980) Nr. 41, S. 36.
- [ 35 ] *Baehr, H.D.*: Energie, Exergie, Anergie. In: Energie und Exergie. Hrsg.: VDI-Fachgruppe Energietechnik, Düsseldorf: VDI-Verlag 1965.
- [ 36 ] • *Paul, J.K. (Hrsg.)*: Ethyl alcohol production and use as a motor fuel. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation, 1979.
- [ 37 ] *Meinhold, K., P. Hollmann u. H. Kögl*: Anlagenkonfiguration, technische und ökonomische Daten sowie Annahmen zur verbesserten Absicherung von Wirtschaftlichkeitsanalysen für die Ethanolproduktion. Arbeitsbericht 4/81 des Instituts für Betriebswirtschaft der FAL, 1981.
- [ 38 ] *Meekhof, R., M. Gill u. W. Tyner*: Gasohol: prospects and implications. Agric. Economic Rep. No. 458, U.S. Department of Agriculture. Washington 1980.

## Die erreichbare Energieeinsparung bei der Warmwasserbereitung durch Milchwärmerückgewinnung

Von Mjongsu Pak und Willi Petry, Köln\*)

DK 620.97:637.133:644.62:683.97

Rückgewinnung von Wärme bei der Kühlung von Milch und deren Einsatz zur Warmwasserbereitung ist ein aussichtsreiches Verfahren bei der Energieeinsparung im landwirtschaftlichen Betrieb. Diese Arbeit untersucht bei

Annahme eines einfachen Kaltdampfprozesses mit Frigen 22, in welchem Maß sich verschiedene Parameter auf die Energieeinsparung bei der Warmwasserbereitung auswirken. Die erreichbare jährliche Energieeinsparung wird unter Zugrundelegen des durch die Statistik gegebenen Jahresganges der täglichen Milchleistung berechnet und in Form von Diagrammen und mit einer einfachen Gerdengleichung dargestellt, mit deren Hilfe der Anwender eine individuelle Wirtschaftlichkeitsrechnung mühelos durchführen kann.

\*) Prof. Dr.-Ing. M. Pak vertritt das Fachgebiet Mechanik und Thermodynamik, Ing. (grad.) W. Petry ist Laboringenieur im Fachbereich Landmaschinentechnik der Fachhochschule Köln.

## 1. Einleitung

Brauchwasserbereitung über Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung ist bereits Stand der Technik. Namhafte Hersteller liefern ihre Milchkühlaggregate mit der Ausrüstung zur Wärmerückgewinnung. Für den Einsatz solcher Anlagen wünscht sich der Landwirt genaue Unterlagen über die erreichbare wirtschaftliche Ersparnis. Obwohl hierzu in einigen Veröffentlichungen [1, 2] qualitative Aussagen gemacht und Faustformeln angegeben werden, ist eine genaue quantitative Erfassung der Daten erforderlich, um zum einen eine Systematisierung des bisher Erreichten zu erhalten und zum anderen den Anwendern Zahlenwerte in die Hand zu geben, mit denen sie individuell eine Wirtschaftlichkeitsrechnung einfach, aber trotzdem hinreichend genau durchführen können. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit die Milchwärmerückgewinnung aufgrund energetischer Betrachtung quantifiziert und der Einfluß verschiedener Parameter untersucht.

## 2. Voraussetzungen

Bekanntlich ist die Höhe der rückgewinnbaren Milchwärme von der Milchmenge und von der Milcht Temperatur vor und nach dem Kühlvorgang abhängig. Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung andererseits ist, bei vorgegebenen Werten der Warmwassermenge und -temperatur, eine Funktion der Kaltwassertemperatur. Daher sind sowohl die Mittelwerte als auch die Jahresschwankungen dieser Variablen (Beispiel zum Jahresgang der Milchleistung in [3]) für die Energieeinsparung von großer Bedeutung.

In Bild 1 ist der Jahresgang der Außenluft- und der Kaltwassertemperatur sowie der durch die Außenlufttemperatur bedingte Jahresgang der Milcht Temperatur vor dem Kühlen dargestellt; diese Kurven sind als Durchschnittswerte für Mitteleuropa anzusehen [1, 4].

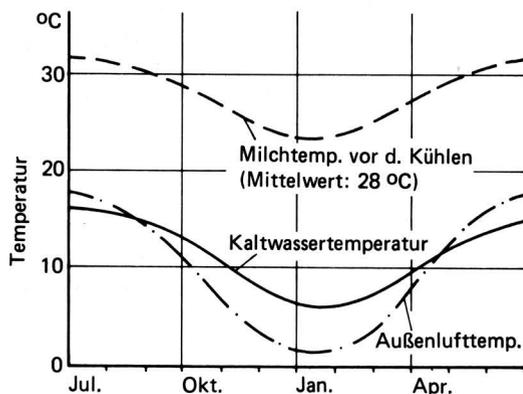


Bild 1. Außenluft-, Kaltwasser- und Milcht Temperatur über der Jahreszeit.

Für eine jährliche Milchleistung von 4 500 kg/Kuh ist in Bild 2 über der Jahreszeit der über die Statistik zu ermittelnde tägliche Milchfluß angegeben [1, 4, 9], der für die Abhängigkeit der rückgewinnbaren Milchwärme von der Jahreszeit maßgebend ist. Aus der täglichen Milchleistung, der Milcht Temperatur vor dem Kühlen und der Kaltwassertemperatur lassen sich nun, wenn die Warmwassertemperatur und die Milchkühltemperatur gegeben sind, die rückgewinnbare Milchwärme und die aus dieser Wärme aufbereitete Warmwassermenge pro Kuh berechnen. Auch die Abhängigkeit dieser Größen von der Jahreszeit ist in Bild 2 dargestellt, wobei hier eine Milchkühltemperatur von 4 °C und eine Warmwassertemperatur von 55 °C angenommen wurden.

Es wird vorausgesetzt, daß sowohl der Warmwasserbedarf des Haushaltes als auch der zur Reinigung der Melkanlage zu decken ist. Hierbei wurde ein Warmwasserbedarf von 50 Liter pro Tag und Person für den Haushalt angenommen. Für die Ermittlung des

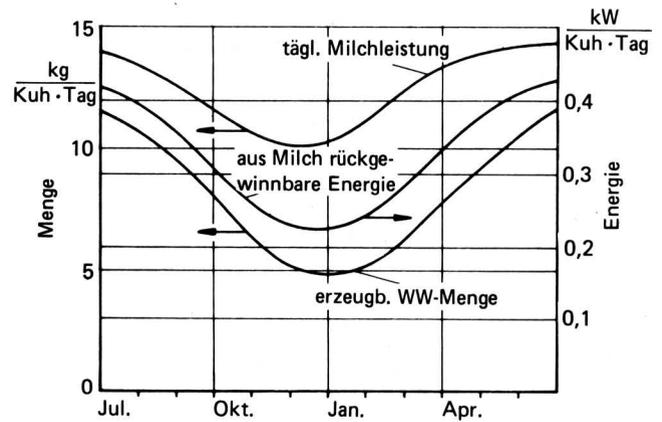


Bild 2. Tägl. Milchmenge, rückgewinnbare Milchwärme und erzeugbare Warmwassermenge pro Kuh über der Jahreszeit.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Kühltemperatur 4 °C  
Mittl. Milcht Temperatur 28 °C      Warmw.-Temperatur 55 °C

Warmwasserbedarfs zur Reinigung der Melkanlage wurde bis zu einem Bestand von 40 Kühen eine Rohmelkanlage und darüber hinaus ein Melkstand vorgesehen. Aufgrund der Bauart und der Größe kann nun der Warmwasserbedarf der Melkanlage in Abhängigkeit vom Kuhbestand ermittelt werden [5 bis 8]. In Bild 3 sind der jährliche Warmwasserbedarf und das über die Milchkühlung verfügbare Warmwasserangebot, das sich aus dem unten folgenden Bild 5 berechnen läßt, über dem Kuhbestand dargestellt.

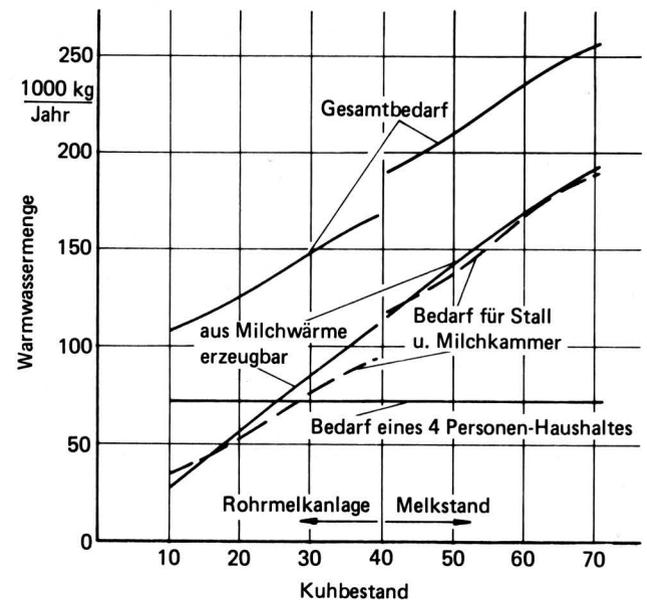


Bild 3. Bedarf an Warmwasser (WW) und Angebot an Warmwasser über Milchwärmerückgewinn in Abhängigkeit vom Kuhbestand.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Kühltemperatur 4 °C  
Mittl. Milcht Temperatur 28 °C      Warmw.-Temperatur 55 °C

## 3. Vorgehensweise bei der Berechnung der Energieeinsparung

Für die Untersuchung wurden die Milchkühlprozesse ohne und mit Wärmerückgewinnung berechnet. Dabei wurde der einfache, in der Praxis übliche Kaldampfprozess mit Frigen 22 gewählt, Bild 4. Mit den so getroffenen Annahmen kann die Warmwassermenge berechnet werden, die aus der rückgewinnbaren Milchwärme erzeugt werden kann. Bild 5 zeigt beispielhaft die über Rückgewinnung der Milchwärme aufbereitete Warmwassermenge und den Warmwasserbedarf für Bestände von 30 und 70 Kühen über der Jahreszeit.

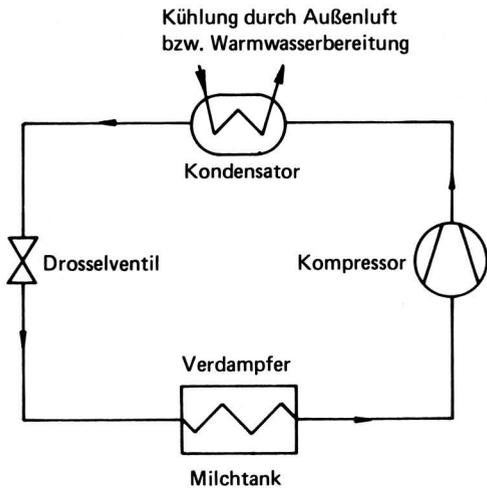


Bild 4. Einfacher Kaltampfprozess für die Milchkühlung.

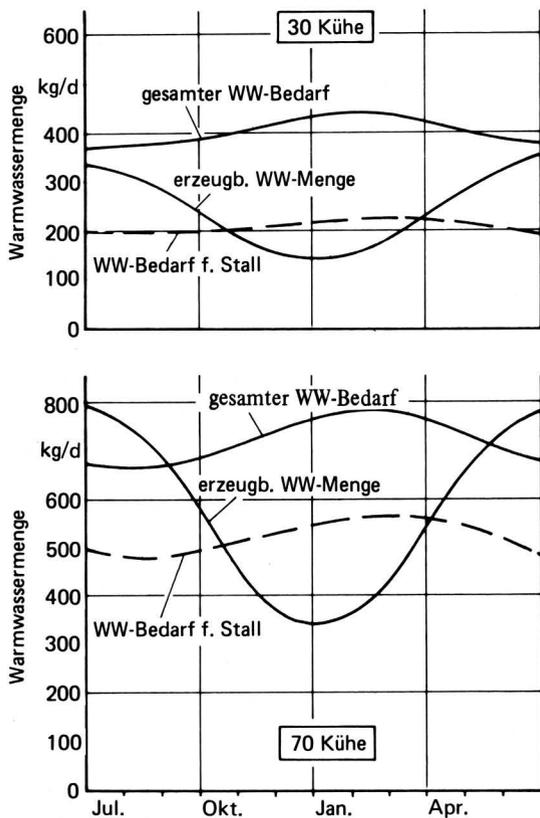


Bild 5. Bedarf an Warmwasser und Angebot an Warmwasser über Wärmerückgewinn in Abhängigkeit von der Jahreszeit für 2 Betriebe mit 30 bzw. 70 Kühen.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Mittl. Milchttemp. 28 °C  
 Warmw.-Bedarf des Haush. 200 kg/Tag      Kühltemp. 4 °C  
 Warmw.-Temperatur 55 °C

Diese Darstellungen verdeutlichen die gegenläufige Tendenz der Kurven für das Energieangebot aus Wärmerückgewinn und für den Energiebedarf zur Warmwasserbereitung. Während im Sommer ein Überschuss an Energieangebot vorliegt, bedarf es im Winter eines zusätzlichen Aufwandes an Fremdenergie zur Deckung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung.

Wird auch der Warmwasserbedarf des Haushaltes berücksichtigt, so wird die Differenz zwischen dem Bedarf und dem Angebot an Energie im Winter noch größer, während der Anteil der Über-

schußenergie im Sommer zurückgeht. Das macht deutlich, daß der Energiebedarf und der Energierückgewinn nicht aus einem Mittelwert für das ganze Jahr berechnet werden darf. Vielmehr muß die tatsächlich nutzbare Wärmemenge aus Rückgewinn (abzüglich des Überschusses im Sommer) dem Energiebedarf des gesamten Jahres gegenübergestellt werden. Eine Integration der beiden Größen über der Jahreszeit ist deshalb notwendig. Der Energiefehlbedarf muß nun durch konventionelle Methoden, z.B. durch die elektrische Heizung, zugeführt werden.

Bei der Installation einer Wärmerückgewinnungsanlage ist für den Landwirt von Bedeutung, wie groß die Energieeinsparung durch diese Maßnahme gegenüber der konventionellen Warmwasserbereitung ist. Hierbei muß beachtet werden, daß die Rückgewinnung von Milchwärme nicht zum Nulltarif erfolgt, sondern einen höheren Energieaufwand als bei der reinen Milchkühlung erfordert, weil der Kompressionsdruck des Verdichters in diesem Fall höher ist. Dies ist bedingt durch die geforderte Warmwassertemperatur, die höher ist als die Lufttemperatur am Verdampferaustritt einer reinen Milchkühlanlage. Der hiermit verbundene Mehraufwand ist jedoch wesentlich geringer als der Aufwand für die Warmwasserbereitung durch elektrische Heizung.

Im Bild 6 sind Beispiele des Energiebedarfs für Warmwasserbereitung und für Milchkühlung mit und ohne Wärmerückgewinnung dargestellt. Die Fläche zwischen den beiden oberen Kurven stellt jeweils die jährliche Energieeinsparung des im Beispiel angenommenen landwirtschaftlichen Betriebes dar. Die Energieeinsparung kann damit unter Berücksichtigung der vorliegenden Betriebsbedingungen und Randbedingungen ermittelt werden.

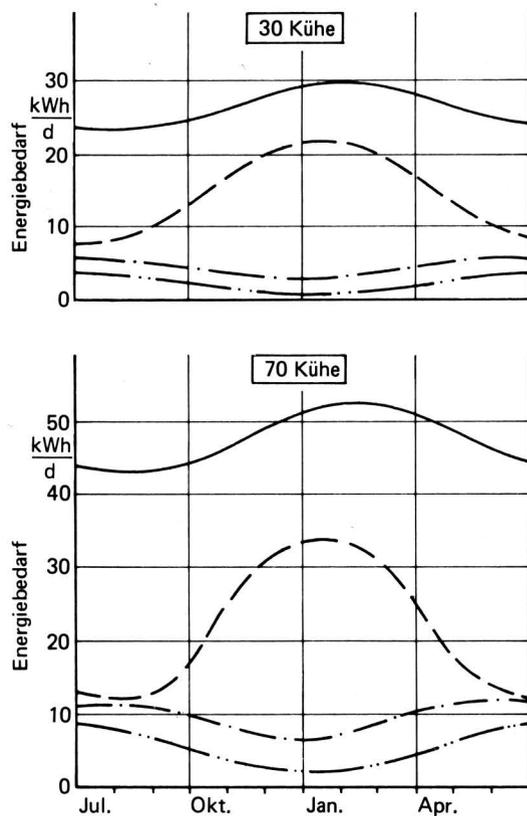


Bild 6. Energiebedarf und Energieangebot für Warmwasser aus der Milchkühlung über der Jahreszeit.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Mittl. Milchttemp. 28 °C  
 Warmw.-Bedarf des Haush. 200 kg/Tag      Kühltemp. 4 °C  
 Warmw.-Temperatur 55 °C

- Gesamtenergiebedarf für Warmwasserbereitung und Milchkühlung ohne Wärmerückgewinnung
- - Gesamtenergiebedarf für Warmwasserbereitung und Milchkühlung mit Wärmerückgewinnung
- · - Energiebedarf für Milchkühlung mit Wärmerückgewinnung
- · · Energiebedarf für Milchkühlung ohne Wärmerückgewinnung

#### 4. Rechenergebnisse und Diskussion

Im folgenden wird der Einfluß von verschiedenen Parametern auf die Energieeinsparung bei der Warmwasserbereitung durch Rückgewinnung von Milchwärme untersucht. Die jährliche Energieeinsparung wird dabei stets über dem Kuhbestand aufgetragen, weil dieser der wichtigste Parameter für die Betrachtung ist.

##### 4.1 Milchleistung

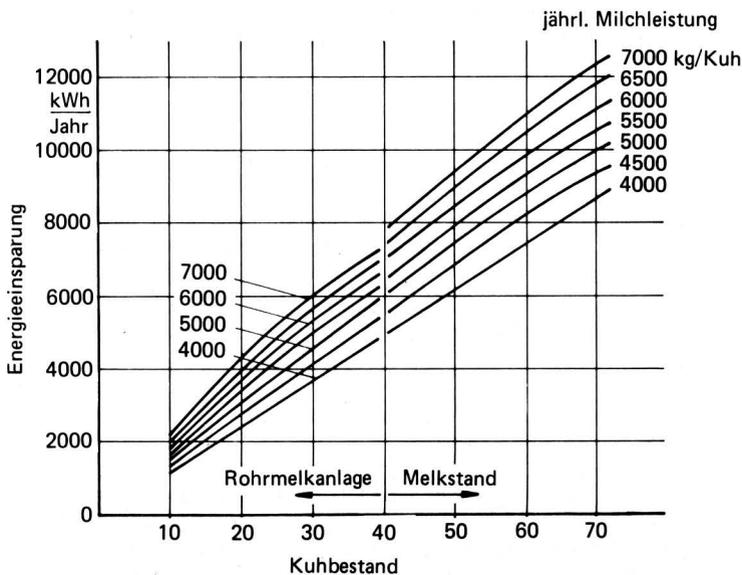
In **Bild 7** ist der Einfluß der jährlichen Milchleistung bei einem Warmwasserbedarf des Haushaltes von 200 l/d (Verbrauch eines 4-Personen-Haushaltes) dargestellt. Wie man sieht, ist der Einfluß der Milchleistung sehr groß. Die Unstetigkeit der Kurven bei einem Kuhbestand von 40 Kühen ist durch den Einsatz von zwei verschiedenen Melkssystemen bedingt. Bei einer mittleren jährlichen Milchleistung von 4 500 kg/Kuh ergibt sich für einen landwirtschaftlichen Betrieb mit einem Bestand von 40 Kühen bereits eine Energieeinsparung von etwa 5 500 kWh/Jahr. Bei einem Energiepreis von 0,11 DM/kWh entspricht sie einer Einsparung von etwa 600 DM/Jahr. Das Diagramm zeigt auch, daß die Energieeinsparung für Betriebe mit einem kleineren Kuhbestand relativ gering ist, so daß wirklich zu fragen ist, ob dort eine zusätzliche Investition für die Milchwärmerückgewinnungsanlage vorteilhaft ist. Die Kurven des Bildes 7 können angenähert durch eine Geradengleichung dargestellt werden. Mit der Energieeinsparung  $E$  in kWh, der Anzahl der Kühe im Bestand  $n$  und der jährlichen Milchleistung  $m$  in kg pro Kuh lautet sie für  $n < 40$ :

$$E = - 865 + 0,204 m + (59,427 + 0,017 m) n$$

und für  $n > 40$ :

$$E = - 2255 + 0,613 m + (86,770 + 0,009 m) n.$$

Diese Gleichungen geben die Werte der Kurven mit einem mittleren Fehler von etwa 3 % wieder. Auf die Approximation durch ein Polynom höheren Grades wurde hier bewusst verzichtet, um den Anwendern eine einfache Formel bereitzustellen.



**Bild 7.** Energieeinsparung in Abhängigkeit vom Kuhbestand; jährliche Milchleistung als Parameter.

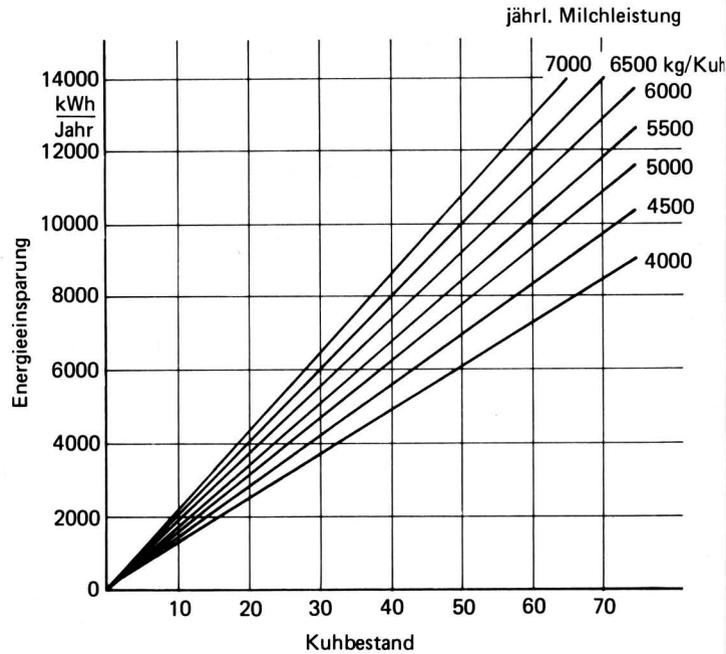
Warmw.-Bedarf des Haush. 200 kg/Tag Mittl. Milcht. 28 °C  
Warmw.-Temperatur 55 °C Kühltemperatur 4 °C

**Bild 8** zeigt ebenfalls die Abhängigkeit der Energieeinsparung von der Milchleistung, jedoch für den Fall der vollständigen Ausnutzung der rückgewinnbaren Milchwärme. Die Kurven des Bildes 8 können mit hoher Genauigkeit durch die einfache Geradengleichung

$$E = 0,031 m n$$

wiedergegeben werden.

Es ist zu beachten, daß in **Bild 8** keine Unstetigkeit der Kurven beim Wechsel von der Rohrmelkanlage zum Melkstand (bei einem Bestand von 40 Kühen) entsteht.



**Bild 8.** Energieeinsparung bei vollständiger Ausnutzung der rückgewinnbaren Milchwärme in Abhängigkeit vom Kuhbestand; jährliche Milchleistung als Parameter.

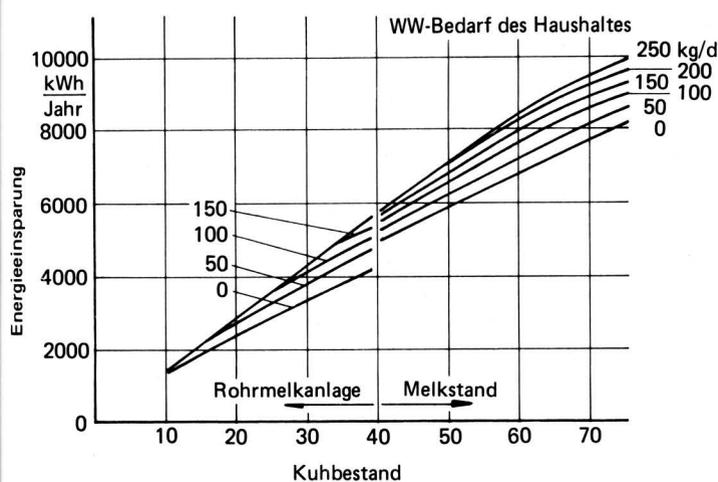
Warmw.-Temperatur 55 °C Kühltemperatur 4 °C  
Mittl. Milcht. 28 °C

##### 4.2 Warmwasserbedarf des Haushaltes

Da der Warmwasserbedarf des Haushaltes auf den Nutzungsgrad der rückgewinnbaren Milchwärme und die Energieeinsparung einen großen Einfluß ausübt, ist diese Abhängigkeit in **Bild 9** dargestellt. Je größer der Kuhbestand ist, um so größer ist die Energieeinsparung bei einer Erhöhung des Warmwasserbedarfs des Haushaltes. Bei kleinem Kuhbestand – beispielsweise bei 20 Kühen – wird die maximale Energieeinsparung bereits bei einem Warmwasserbedarf des Haushaltes von 100 l/d erreicht. Eine weitere Steigerung des Warmwasserbedarfs ist ohne Einfluß, weil die rückgewinnbare Energiemenge gering und bereits ausgeschöpft ist. Ist die Milchleistung höher, so verschieben sich die Kurven nach oben, ohne daß die obengenannte Tendenz sich ändert.

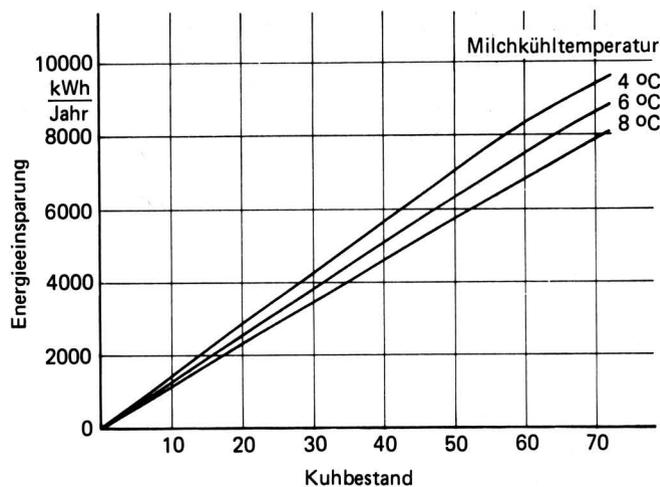
##### 4.3 Milcht. Temperatur vor und nach dem Kühlen

Naturgemäß übt die Milcht. Temperatur vor und nach dem Kühlen einen großen Einfluß aus, **Bild 10 und 11**. Eine Temperaturänderung um 1 °C macht bei einem mittleren Kuhbestand eine Energieeinsparung von etwa 300 kWh/Jahr aus. Es ist zu überlegen, ob angesichts dieser Tatsache eine tiefere Milchlagerungstemperatur zu empfehlen ist, vorausgesetzt, daß auch andere, biologische Gründe dafür sprechen.



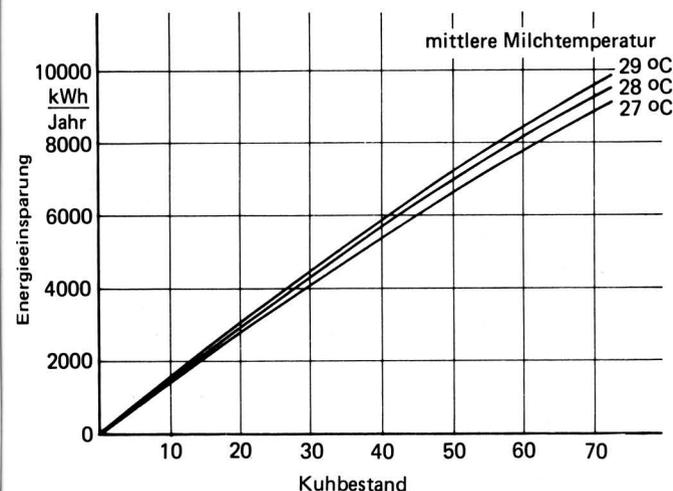
**Bild 9.** Energieeinsparung in Abhängigkeit vom Kuhbestand; Warmwasserbedarf des Haushaltes als Parameter.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Kühltemperatur 4 °C  
 Mittl. Milchttemperatur 28 °C      Warmw.-Temperatur 55 °C



**Bild 11.** Energieeinsparung in Abhängigkeit vom Kuhbestand; Kühltemperatur der Milch als Parameter.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh      Mittl. Milchttemperatur 28 °C  
 Warmw.-Bedarf des Haush. 200 kg/Tag      Warmw.-Temperatur 55 °C



**Bild 10.** Energieeinsparung in Abhängigkeit vom Kuhbestand; mittl. Milchttemperatur als Parameter.

Jährl. Milchleistung 4 500 kg/Kuh	Mittl. Milchttemp.	Schwankung
Warmw.-Bedarf des Haush. 200 kg/Tag	27 °C	23–31 °C
Warmw.-Temperatur 55 °C	28 °C	24–32 °C
Kühltemperatur 4 °C	29 °C	25–33 °C

#### Kaltwassertemperatur

In Mitteleuropa herrscht etwa die gleiche mittlere Jahreskaltwassertemperatur. Unterschiede bestehen lediglich in den Temperaturschwankungen um den Mittelwert. Daher wurde der Einfluß dieser Temperaturschwankungen untersucht. Das Untersuchungsergebnis zeigt, daß dieser Einfluß sich nur bei sehr großem Kuhbestand (etwa  $n > 60$ ) auswirkt und außerdem nur geringfügig ist.

Der geringfügige Einfluß von Schwankungen der Kaltwassertemperatur ist verständlich, weil sie den Energieverbrauch der konventionellen Warmwasserbereitung gleichermaßen verändern wie denjenigen bei der Milchwärmerückgewinnung.

#### Lagerdauer der Milch

Die Untersuchung der 2täglichen und der täglichen Abholung hat nur einen geringen Unterschied ergeben. Die 2tägliche Abholung ermöglicht eine geringfügig höhere Energieeinsparung, weil auch während der Lagerung eine Kühlung der Milch für die Aufrechterhaltung der Lagertemperatur notwendig ist.

#### Kälberaufzucht

Je größer der Anteil der aufgezogenen Kälber ist, um so größer ist die Energieeinsparung. Dieses ist durch die Erhöhung des Warmwasserbedarfs im Stall und durch den damit verbundenen höheren Nutzungsgrad der rückgewinnbaren Wärme zu erklären. Allerdings macht sich dieser Einfluß erst ab einem Bestand von etwa 50 Kühen bemerkbar. In den vorangegangenen Diagrammen wurde nur der Warmwasserbedarf für die Aufzucht von weiblichen Kälbern berücksichtigt.

### 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß von verschiedenen Parametern auf die Energieeinsparung bei der Warmwasserbereitung durch Rückgewinnung von Milchwärme untersucht.

Für die Berechnung wurde ein einfacher Kaltdampfprozeß mit Frigen 22 gewählt und ein Rechenprogramm in FORTRAN erstellt.

Das Ergebnis zeigt, daß die Haupteinflußgrößen die jährliche Milchleistung der Kühe und der Haushaltsbedarf an Warmwasser sind. Die Milchttemperatur vor und nach dem Kühlen übt zwar

#### 4.4 Weitere Einflußgrößen

Außer den obengenannten Parametern gibt es noch weitere Einflußgrößen, die auf die Energieeinsparung jedoch nur einen geringen Einfluß ausüben, so daß auf die graphische Darstellung verzichtet wird. Im folgenden wird auf diese einzelnen Größen nur kurz eingegangen:

##### Außenlufttemperatur

Der Mittelwert und die Schwankung der Außenlufttemperatur beeinflussen indirekt die Energieeinsparung. Je niedriger die Lufttemperatur ist, um so niedriger ist der Leistungsbedarf des Verdichters für den reinen Kühlbetrieb, so daß der relative Mehraufwand an Verdichterleistung im Betrieb mit Milchwärmerückgewinnung größer wird. Deshalb sinkt die Energieeinsparung mit fallender Außenlufttemperatur. Jedoch ist diese Änderung nur geringfügig.

auch einen großen Einfluß aus, aber sie ist entweder durch die Außenlufttemperatur oder aus anderen Gründen bereits festgelegt, so daß sich hier kaum ein Spielraum für die Veränderung ergibt. Die weiteren Größen, wie z.B. die Außenlufttemperatur, die Schwankung der Kaltwassertemperatur und die Lagerdauer der Milch haben keinen nennenswerten Einfluß.

In den meisten Fällen stellt sich das Problem, die Energieeinsparung unter Berücksichtigung der Milchleistung, des Kuhbestandes und des Warmwasserbedarfs zu ermitteln. Das ist anhand der hier gewonnenen Diagramme bzw. Gleichungen einfach, aber recht genau möglich.

### Schrifttum

- [ 1 ] *Kessel, H.W.*: Milchkühlung und Wärmerückgewinnung. Agrartechnik International Bd. 58 (1979) Nr. 8, S. 44/47.
- [ 2 ] *Achler, B.*: Warmes Wasser zum Nulltarif. Top Agrar, (1980) Nr. 2, S. 21/24.
- [ 3 ] *Kleinhanß, W. u. H.W. Orth*: Technische und wirtschaftliche Aspekte der Wärmerückgewinnung aus Milchkühlung. Landbauforschung Völkenrode Bd. 29 (1979) H. 1, S. 19/31.

- [ 4 ] *Goll, W.*: Technische Lösungen zur Energieeinsparung in der Landwirtschaft. Technisches Mitteilungsblatt der AEL\*) Essen, 1979.
- [ 5 ] *Heyl, L. v., M. Ayik u. J. Boxberger*: Elektrischer Leistungsbedarf und Energieverbrauch verschiedener Arbeitsverfahren der landwirtschaftlichen tierischen Produktion und energiewirtschaftliche Folgerungen. Forschungsbericht des Instituts und der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik der TU München, Freising-Weihenstephan, VDEW, Frankfurt/M. 1975.
- [ 6 ] AEL\*): Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. AEL-Bericht 1/1975.
- [ 7 ] AEL\*): Reinigungsanlagen für Melk- und Kühleinrichtungen. Merkblatt 9/1975.
- [ 8 ] AEL\*): Milchkühlung mit Wärmerückgewinnung zur Warmwasserbereitung. Merkblatt 15/1978.
- [ 9 ] Mündliche Mitteilung von der Milchversorgung Rheinland e.G., Köln.

\*) Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V. 43 Essen 1, Beethovenstr. 32.

---

## Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

---

### Theodor Stroppe†

Kurz vor Vollendung seines 80. Lebensjahres verstarb am 9. Mai 1981 Obering.i.R. *Theodor Stroppe*, der erste langjährige Schriftleiter der "Grundlagen der Landtechnik".

*Theodor Stroppe* wurde am 13. Juli 1901 in Stuttgart als Sohn eines Kaufmanns geboren. Er verließ das Gymnasium, um bei verschiedenen Firmen als Maschinenbaupraktikant zu arbeiten. Von 1919 bis 1924 studierte er als Gasthörer Maschinenbau an der Technischen Hochschule Stuttgart und war 1924 bis 1928 als Betriebsingenieur im Dampfbackofenbaubetrieb seines Vaters tätig. 1928/29 absolvierte er ein Praktikum in der Landwirtschaft.

Auf Grund seiner technischen und landwirtschaftlichen Ausbildung kam er zu Dr.-Ing. *Willi Kloth*, der damals noch Assistent von Geheimrat *Fischer* war und das dem Institut für Landmaschinenkunde der Landwirtschaftlichen Hochschule, Berlin, angegliederte Werkstoffprüffeld des RKTl leitete. Als erster wissenschaftlicher Mitarbeiter von *Kloth* unterstützte er diesen bei seinen Untersuchungen der Werkstoffe und ihrer Wärmebehandlung, der Lebensdauer und Schadenursachen von Landmaschinen. Der Titel der ersten gemeinsamen Veröffentlichung lautet: Die Haltbarkeit von Befestigungsschrauben unter 5/8 Zoll. In Verbindung mit der Untersuchung der Haltbarkeit waren seine besonderen Aufgaben die Messung von Kräften, Drehmomenten, Leistungen sowie die Prüfung von Landmaschinen. Hierfür mußten neue Meßverfahren und neue Meßgeräte für Felduntersuchungen entwickelt werden. Bekanntlich hatte *Kloth* die statistischen Methoden in die Auswertung der Ergebnisse von Feldversuchen eingeführt. Die gemeinsame Arbeit über "Kräfte, Beanspruchungen und Sicherheiten in den Landmaschinen" (VDI-Z. 80 (1936)), in der gemessene und statistisch dargestellte Meßwerte an Landmaschinen wiedergegeben werden, sind die Vorläufer der späteren Lastkollektive im Landmaschinen- und Fahrzeugbau. Sie waren im damaligen Maschinenbau einzigartig. Das Ziel jener Arbeiten war in gleicher Weise eine Verbesserung der Haltbarkeit, eine gute Werkstoffausnutzung und der Leichtbau. Die in der Vorkriegszeit und in den ersten beiden Kriegsjahren erschienenen Arbeiten *Stroppe*s beschäftigten sich mit dem Energiefluß in Zapfwellenbindern, Messungen des Fahrwiderstandes, des Drehmomentes und des Schlupfes von Stahlrädern; ferner mit Beanspruchungen und Sicherheiten in den Landmaschinen, Aufgaben des Stahlleichtbaus bei Gabelheuwendern, Schneidwerkuntersuchungen sowie Kräften, Beanspruchung und Federung luftbereifter Ackerwagen.

Während des Krieges war *Stroppe* von 1940 bis 1945 Leiter der Werkstoffabteilung der Pflugfabrik Rud. Sack in Leipzig. 1946 kehrte er wieder zu Professor *Kloth* zu dessen damaligem KTL-Institut in Helmstedt zurück. Dort begann seine zweite wissenschaftliche Periode, insbesondere nach Gründung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode. Das Institut für landtechnische Grundlagenforschung nahm dort im Dezember 1947 seine Arbeit auf. Als Abteilungsleiter beschäftigte sich *Stroppe* zunächst wiederum mit Fragen der Werkstoffkunde und Haltbarkeit. Themen waren u.a.: Scharstahlanalysen, Bruch-sicherheit gehärterter Bodenbearbeitungswerkzeuge, Verschleiß von Stahl in sandhaltigen Böden, Untersuchungen an Reifen für Ackerwagen und 1946 noch "Die Zugleistung von Ackerpferden". Schon 1947 berichtete er über Stoßfaktoren für luftbereifte Ackerwagen und stellte ein umfangreiches Schrifttum des damaligen Standes der Landtechnik zusammen.

1950/51 führte er die erste Vergleichsprüfung luftbereifter Ackerwagen durch und machte entsprechende Normvorschläge über Spurweiten, Ausrüstung, Anschlußmaße und Radfreiheit. Durch umfangreiche Untersuchungen der Wagenverwindungen auf ländlichen Fahrbahnen und Simulation in einem Verwindungsprüfstand trug er wesentlich dazu bei, die Lebensdauer verwindungsfähiger Fahrgestelle zu erhöhen. Hieraus entwickelte sich eine besondere Gestaltungslehre verwindungsweicher Konstruktionen. Er nahm ferner seine Untersuchungen über den Verschleiß von Schneiden und die Erforschung des Schneidevorganges wieder auf.

Liest man die Titel seiner damaligen Arbeiten, so fällt einem wieder die große Vielseitigkeit seiner Forschungsthemen auf, die herausragt aus den streng auf einen besonderen Bereich bezogenen Themenkreisen der anderen wissenschaftlichen Mitarbeiter *Kloths* in jenen Jahren. Natürlich hängt das damit zusammen, daß er als erfahrener Landtechniker — seine neuen Kollegen kamen zum Teil aus der Luftfahrttechnik — mit dem Schrifttum der Landtechnik besonders vertraut war. Zu seinen Arbeiten gehört z.B. "Die Kennzeichnung der Ackerböden nach der Textur", aber auch die "Klassifikation für die Dokumentation landtechnischen Schrifttums". Immer wieder gilt Fragen des Verschleißes von Schneidwerkzeugen und Bodenbearbeitungswerkzeugen seine besondere Aufmerksamkeit. Kritisch beschäftigte er sich mit den Problemen einer Instandsetzung gebrauchter Schare im Schmiedefeuer mit ungenügender Härtung. In jenen Jahren wur-