

## Kosten der Milchkühlung und Wärmerückgewinnung

Dusan Nosal

Das Schweizerische Milchlieferungsregulativ (MLR) schreibt vor, dass die Milch grundsätzlich täglich zweimal unmittelbar nach dem Melken abzuliefern ist (Art. 48) und während des ganzen Jahres bereits während der Melkzeit mit fließendem Wasser oder mit anderen geeigneten Kühlmitteln zu kühlen (Art. 46) ist.

Wirtschaftliche Überlegungen und betriebstechnische Gründe veranlassen die Milchverarbeiter immer mehr dazu, die Milch bei den Produzenten statt zweimal nur einmal täglich bzw. einmal pro zwei Tage abzuholen. Die nicht tägliche zweimalige Milchablieferung bezeichnet das MLR als Ausnahme (Art. 48). Bei Umstellungsplanungen sind die Probleme eher wirtschaftlicher als technischer Natur. Die Neuanschaffungen (Fahrzeuge, Kühlanlagen usw.) sollen sowohl für den Milchverarbeiter als auch für den Milchproduzenten wirtschaftlich zu verantworten sein. Dem Milchproduzenten stellen sich folgende Fragen:

- Soll die Milch täglich oder alle zwei Tage abgeholt werden?
- Welches Kühlverfahren soll verwendet werden (Kühltank, Kühlwanne, Hofbehälter mit Tauchkühler)?

- Welches Kühlsystem soll man auswählen (mit Direktverdampfung oder indirekt)?
- Wie hoch sind die Kühlkosten?
- Was spart man an Arbeits- und Transportkosten?
- Wer übernimmt die Investitionen bzw. Betriebskosten?
- Lohnt es sich, eine Wärmerückgewinnung anzuschaffen?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen die verschiedenen Kostenelemente (Investitionen, Wasserbedarf, Strombe-

darf usw.) des bisherigen und des neuen Kühlverfahrens bekannt sein.

### 1. Technik der Milchkühlung

Grundsätzlich ist zwischen der **Vorkühlung** der Milch einerseits und der **Tiefkühlung** andererseits zu unterscheiden.

Unter **Vorkühlung** wird die Kühlung der Milch mit fließendem Kaltwasser verstanden (Abb. 2).

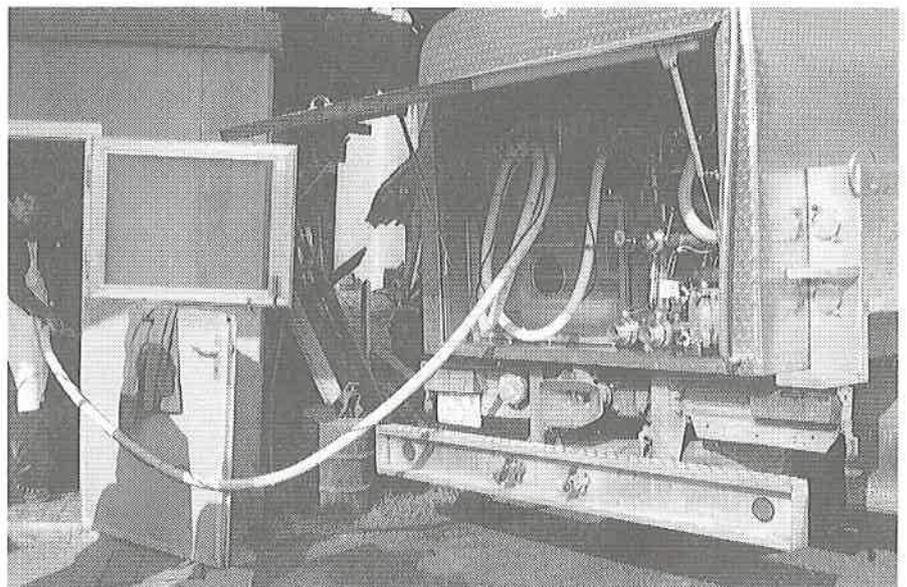
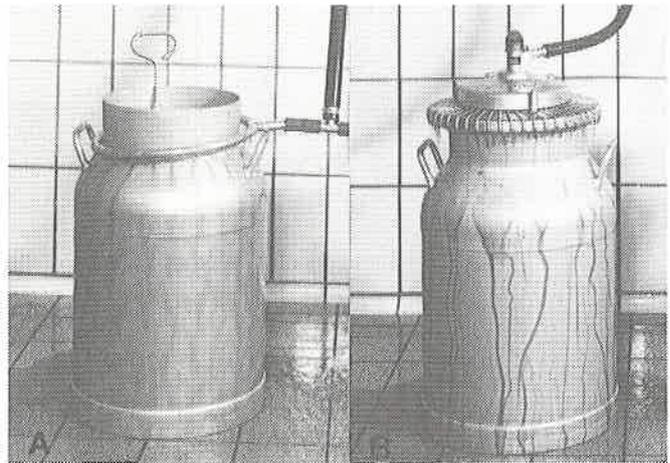


Abb. 1: Die Milchverarbeiter holen die Milch einmal täglich bzw. einmal pro zwei Tage beim Milchproduzenten ab.

Abb. 2: Vorkühlung der Milch mit fließendem Kaltwasser.  
 A = Kannenring mit guter Benetzung der Kannenoberfläche  
 B = Kannenkühler mit schlechter Benetzung



Die Vorkühlung ist hinreichend, wenn die Temperatur der Milch nicht mehr als 3° C über der des Wassers liegt (Beispiel: Milch 15° C bei Wasser von 12° C).

Unter **Tiefkühlung** wird die Kühlung der Milch auf 3° C bis 5° C verstanden. Diese Temperatur soll in zwei Stunden nach dem Melken erreicht sein und bis zur Ablieferung aufrechterhalten werden.

Für die Tiefkühlung der Milch werden angewendet:

- die **indirekte Kühlung**, bei der in der Regel Eis als Kälteverrat und Eiswasser als Kälteüberträger dient (Abb. 3) und
- die **direkte Kühlung**, bei der die Austauschflächen des Verdampfers in direktem thermischem Kontakt mit der Milch oder dem Milchbehälter stehen (Abb. 4).

## 2. Kühlverfahren

### 2.1 Kühlverfahren bei täglich zweimaliger Milchablieferung

Bei täglich zweimaliger Milchablieferung wird die Milch vorwiegend mit natürlicher Kälte, fließendem Kaltwasser, vorgekühlt.

Die wichtigsten Vorkühlverfahren sind:

- Die Kannenkühlung im Brunnentrog (Kühlung im strömenden Wasserbad),
- die Kannenkühlung mit Ring (Berieselungskühlung),
- die Kannenkühlung mit Rührkühler (Berieselungskühlung),
- die Kühlung mit Plattenkühlern (Durchlaufkühlung).

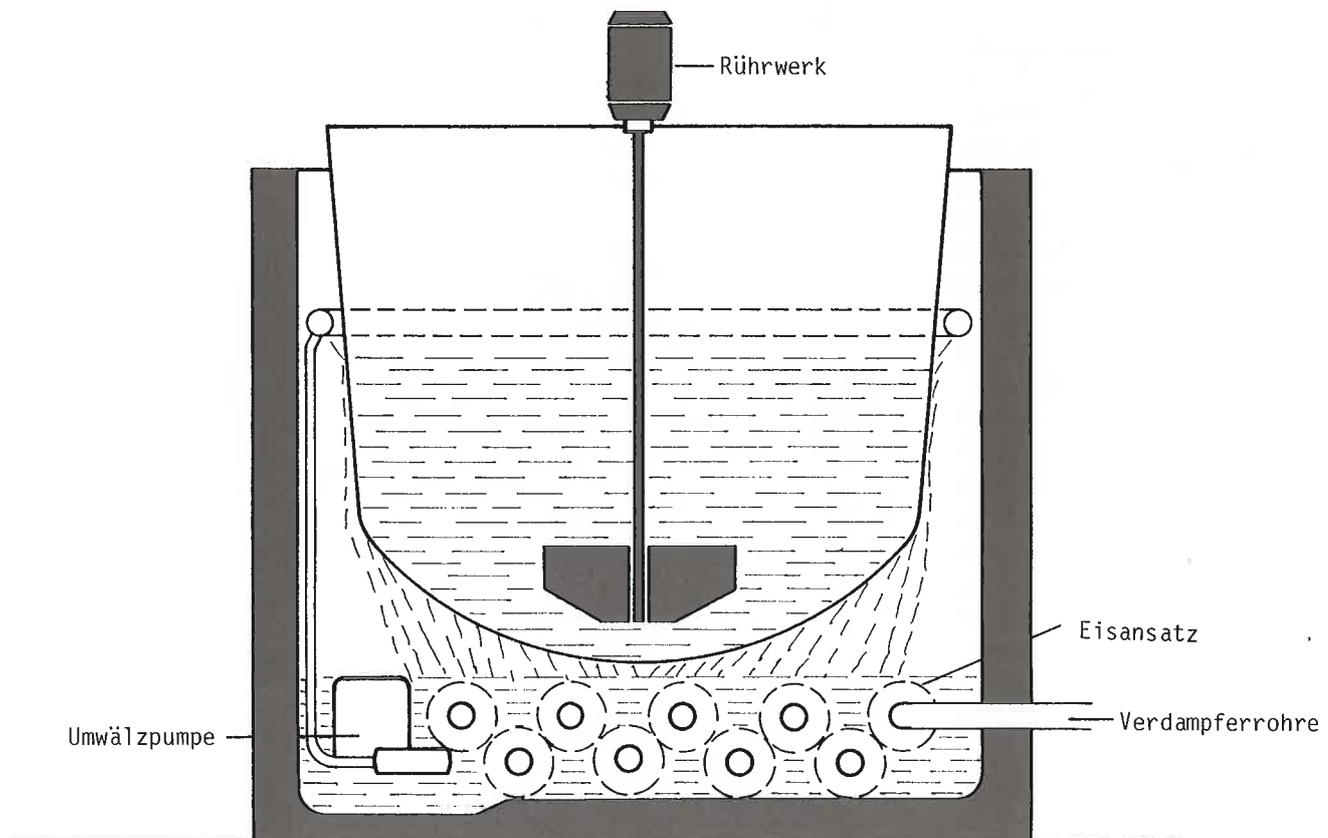


Abb. 3: Schema der Kühlwanne mit indirekter Kühlung.

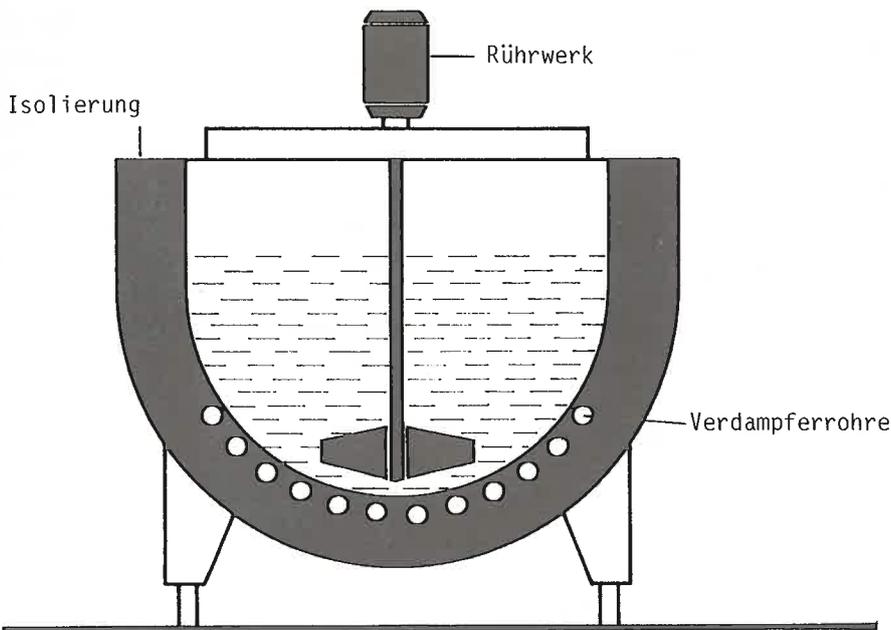


Abb. 4: Schema der Kühlwanne mit direkter Kühlung.

Der Vorkühleffekt wird bei gleicher Wassertemperatur vor allem von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Intensität des Rührens der Milch in den Kannen,
- Strömung des Wassers an der Kannenaussenseite im Brunnenrog (über die die Wärme abgeführt werden muss),
- Benetzung der Kannenoberfläche bei den Berieselungsverfahren,
- gleichmässige Beschickung mit Milch bei den Durchlaufverfahren.

Bei täglich zweimaliger Ablieferung genügt im allgemeinen eine Vorkühlung.

## 2.2 Kühlverfahren bei täglicher Milchablieferung oder Ablieferung alle zwei Tage

Wird die Milch nur einmal täglich oder alle zwei Tage abgeliefert, so muss sie innerhalb von zwei Stunden auf die Temperatur von 3° C bis 5° C gekühlt und diese bis zur Ablieferung aufrechterhalten werden. Diese Temperatur kann nur durch die Tiefkühlung mit Kältemaschinen erreicht werden.

Die wichtigsten Tiefkühlverfahren sind:

- Kannen mit Tauchkühler,
- Kannen im Eiswasserbecken,
- Hofbehälter mit Tauchkühler,
- Kühlwanne, Kühltank.

Die Verfahren **Kannen mit Tauchkühler** und **Kannen im Eiswasserbecken** finden in der letzten Zeit weniger Nachfrage, da der Energiebedarf für die Kühlung und Kühlhaltung sowie der Arbeitsaufwand recht hoch sind. Deshalb wurden diese zwei Verfahren in unseren Berechnungen nicht berücksichtigt.

## 3. Arbeitsbedarf

Bei der **täglich zweimaligen Milchablieferung** zur Sammelstelle müssen folgende Arbeiten ausgeführt werden:

- Kühlung vorbereiten,
- Rühren,
- Kannen zum Transport bereitstellen,
- Fahrzeug bereitstellen,
- Kannen aufladen,
- zur Sammelstelle fahren,
- Kannen in Sammelstelle abladen und leere Kannen aufladen,
- retourfahren und Kannen abladen,
- Fahrzeug versorgen,
- Kannen reinigen und versorgen.

Tab. 1 enthält die erwähnten Arbeiten bei der Kannenkühlung, jedoch ohne den Arbeitsbedarf der Fahrt zur Sammelstelle und zurück, da dieser unabhängig von der Kuhzahl und der Milchmenge ist.

Der Arbeitsbedarf für den Transport zur Sammelstelle ist vom Transportmittel, der Topographie und der Entfernung abhängig (Tab. 2 und 3).

Tabelle 1: Arbeitsbedarf bei Kannenkühlung

Arbeitsbedarf	Anzahl Kannen						
	1	2	3	4	5	6	7
AK min pro Tag	17	25	34	42	51	59	67
AK h pro Jahr	105	153	206	254	307	355	409

Tabelle 2: Arbeitsbedarf für Transport mit Handkarren, täglich zweimal

Gewichtsbereich	200 kg			300 kg	
	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %
Strassenneigung	3,3 km/h			2,8 km/h	
Geschwindigkeit	3,0 km/h			2,5 km/h	
Entfernung zur Sammelstelle	Transport-km/Jahr	AKh/Jahr	AKh/Jahr	AKh/Jahr	AKh/Jahr
50 m	73	22	23	24	23
300 m	438	129	136	147	141
500 m	730	215	226	245	235

**Tabelle 3: Arbeitsbedarf für Transport mit Traktor, täglich zweimal**

Fahrgeschwindigkeit		15 km/h		18 km/h		20 km/h	
Entfernung zur Sammelstelle	Transport-km/Jahr	AKh/Jahr	Th/Jahr	AKh/Jahr	Th/Jahr	AKh/Jahr	Th/Jahr
500 m	730	52	49	43	41	38	37
750 m	1095	77	73	64	61	58	55
1000 m	1460	102	97	85	81	77	73
2000 m	2920	205	195	170	162	153	146

Bei Kühlverfahren **Hofbehälter mit Tauchkühler** setzt sich der Arbeitsbedarf wie folgt zusammen:

- Kühlung vorbereiten,
- zur Abfuhr vorbereiten,
- Hofbehälter und Tauchkühler versorgen.

Die Untersuchungen in der Praxis ergaben, dass der Leistungsgrad der betreffenden Personen den grösseren Einfluss auf den gesamten Zeitbedarf als das Fassungsvermögen des Hofbehälters hat. Der Arbeitsaufwand pro Lieferung beträgt rund acht Minuten.

Bei Kühlverfahren mit **Kühlwanne und Kühltank** besteht der Arbeitsaufwand nur aus der Reinigung der Kühlwanne bzw. des Kühltores. Allenfalls kann ein Reinigungsautomat eingesetzt werden. Wie bei den Hofbehältern, so gilt auch bei den Kühlwannen, dass der Leistungsgrad der betreffenden Person den grösseren Einfluss auf den Zeitbedarf als die Inhaltsgrösse hat.

Bei den Kühlwannen beträgt die Arbeitszeit pro Milchlieferrung durchschnittlich fünf Minuten und 45 Sekunden.

Der jährliche Arbeitsbedarf für die Reinigung der Kannen, Hofbehälter und Kühlwannen ist der Tab. 4 zu entnehmen.

#### 4. Verfahrenskosten-Grundlagen und Kostenelemente

##### 4.1 Investitionen

Die Investitionen betragen für einen Kannenkühler Fr. 120.- und Fr.

247.- für je eine 40 l Kanne (Tab. 5). Die Investitionen für die einzelnen Anlagen der Tiefkühlung sind je nach Fabrikat recht unterschiedlich. Deshalb sind die Werte in Abb. 5 als Richtwerte zu betrachten. Die Kühlwannen mit indirekter Kühlung sind teurer als diejenigen mit direkter Kühlung. Kühlanlagen für zwei Gemelke verlangen höhere Investitionen als Anlagen für vier Gemelke. Der Neuwert der Kühltores ist um einiges höher als derjenige der Kühlwannen.

Bei der Milchablieferung einmal pro Tag oder alle zwei Tage ist die Milch in einer Milchammer oder in einem hygienisch einwandfreien, von anderen Räumen getrennten, verschliessbaren Milchlagerraum frostsicher zu lagern (Abb. 6). Je nach Kühlverfahren, Milchablieferung und Kuhzahl benötigt die Milchammer einen Raumbedarf

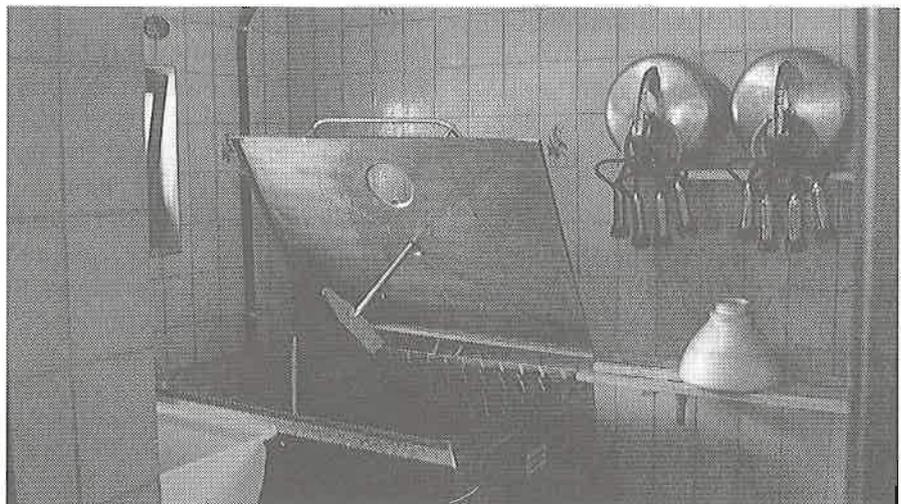


Abb. 6: Milchammer.

**Tabelle 4: Arbeitsbedarf je Jahr für Reinigung der Kannen und übrigen Lagerbehälter**

Anzahl Gemelke je Abgabe		1	2	4
Lagerart	Lagervolumen			
Kannen	40 l	50 h	—	—
	80 l	65 h	—	—
	120 l	90 h	—	—
	160 l	105 h	—	—
	200 l	130 h	—	—
Hofbehälter	100 - 650 l	—	49 h	24 h
Kühlwannen / Kühltank	300 - 2000 l	—	35 h	18 h

von 7 m<sup>2</sup> (Kannen, zweimal pro Tag, 16 Kühe) bis 15 m<sup>2</sup> (Kühlwanne, alle zwei Tage, 48 Kühe). Bei Baukosten von Fr. 400.- pro m<sup>3</sup> können sich damit die Investitionen für eine Milchammer zwischen Fr. 7'000.- und Fr. 15'000.- bewegen.

##### 4.2 Jahreskosten

Die Jahreskosten umfassen einerseits die auf den Neuwert bezoge-

nen fixen Kosten für Abschreibung, Zins, Reparaturen und Versicherung von 16,25% für Kühlanlagen und 8% für die Milchammer, andererseits die vom Einsatz und Verfahren abhängigen variablen Kosten für Strom, Wasser und Reinigungsmittel.

#### 4.2.1 Jährliche fixe Kosten

Je nach Anzahl Kannen bewegen sich die fixen jährlichen Kosten in Betrieben mit Vorkühlung zwischen Fr. 60.- und Fr. 320.- (Tab. 5).

**Tabelle 5: Investitionen und jährliche Kosten (ohne Wasserkosten für Kühlung) bei der Kühlung in Kannen mit Kannenkühler**

Anzahl Kannen à 40 l	Investitionen Fr.	Jährliche Kosten			Total Fr.	Pro 100 l Milch Fr.
		Fixe Fr.	Wasser für Reinigung Fr.	Reinigungsmittel Fr.		
1	367.-	60.-	7.-	150.-	217.-	-.74
2	614.-	84.-	10.-	185.-	279.-	-.48
3	861.-	140.-	13.-	221.-	374.-	-.43
4	1108.-	180.-	16.-	258.-	454.-	-.39
5	1475.-	240.-	19.-	295.-	554.-	-.38
6	1722.-	280.-	22.-	332.-	634.-	-.36
7	1969.-	320.-	25.-	369.-	714.-	-.35

- Legende:
- Kühlwanne mit direkter Kühlung für zwei Gemelke
  - Kühltank für zwei Gemelke
  - Kühlwanne mit direkter Kühlung für vier Gemelke
  - Kühltank für vier Gemelke
  - Kühlwanne mit indirekter Kühlung für zwei Gemelke
  - Hofbehälter mit Taucherkühler
  - Kühlwanne mit indirekter Kühlung für vier Gemelke

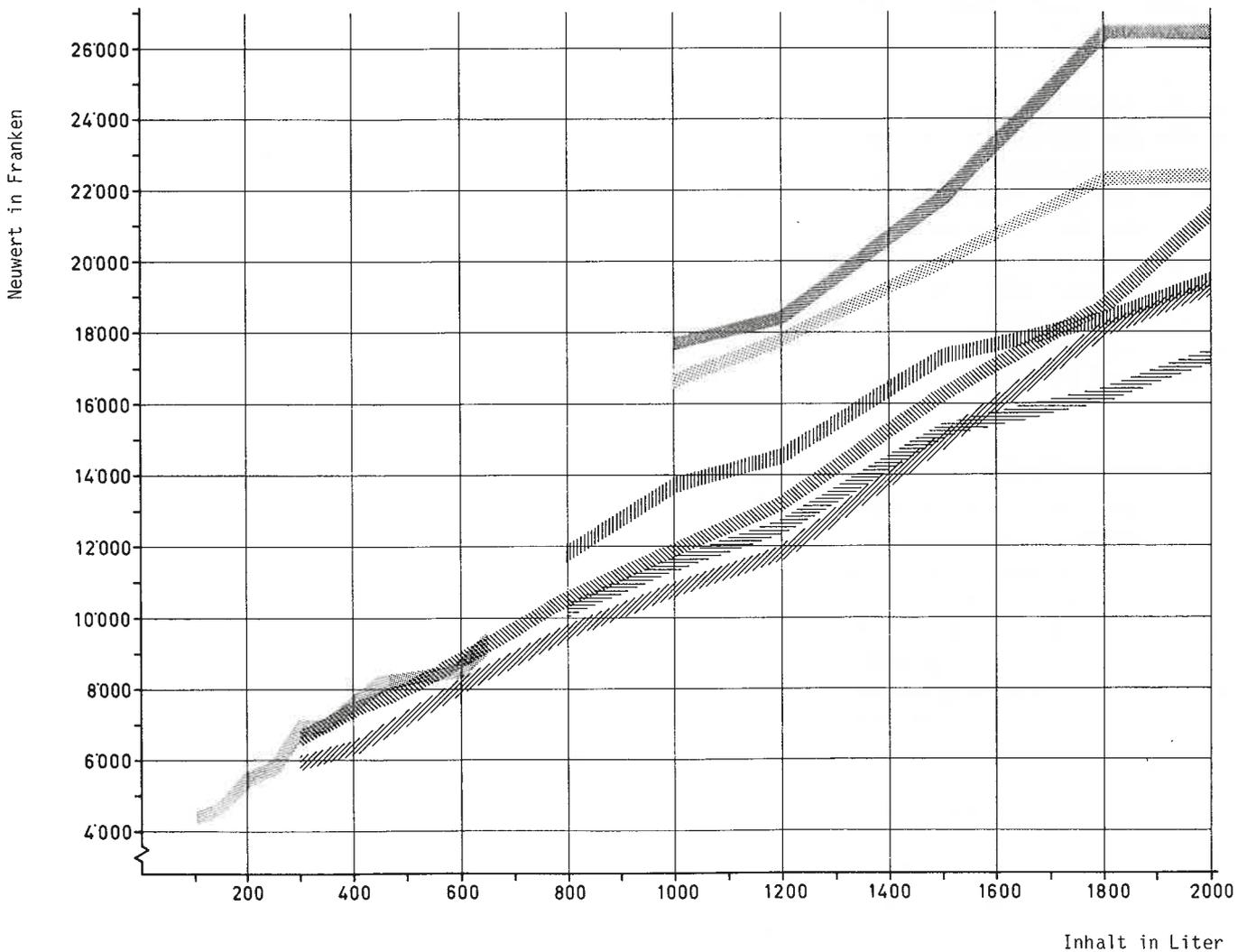


Abb. 5: Richtwerte für Investitionen für Kühlanlagen.

**Tabelle 6: Fixe Kosten der Kühlanlagen in Franken pro Jahr**  
(Abschreibung 10%; Zins 3,6% (entsprechend 6% von durchschnittlich gebundenen Kapital); Reparaturen 2,5%; Versicherung 0,15%; Total: 16,25%)

Inhalt in Liter	Kühlwannen				Kühl tanks		Hofbehälter mit Tauchkühler 2 Gemelke
	Direkt		Indirekt		2 Gemelke	4 Gemelke	
	2 Gemelke	4 Gemelke	2 Gemelke	4 Gemelke			
100	—	—	—	—	—	—	715
150	—	—	—	—	—	—	756
200	—	—	—	—	—	—	886
250	—	—	—	—	—	—	934
300	1073	959	—	—	—	—	1129
350	—	—	—	—	—	—	1138
400	1203	1032	—	—	—	—	1227
450	—	—	—	—	—	—	1333
500	1300	1170	—	—	—	—	1381
600	1430	1316	—	—	—	—	—
650	—	—	—	—	—	—	1519
800	1706	1560	1918	1820	—	—	—
1000	1926	1755	2064	1869	2876	2706	—
1200	2137	1918	2356	2039	2990	2884	—
1500	2624	2429	2811	2478	3534	3226	—
1800	3039	2933	2982	2641	4290	3624	—
2000	3461	3120	3161	2811	4298	3640	—

Bei der Tiefkühlung sind die fixen Kosten der Kühleinrichtung vom Kühlverfahren, Inhalt des Behälters, Art der Kühlung (direkt oder indirekt) und Anzahl Gemelken abhängig (Tab. 6). Rechnet man mit Baukosten von Fr. 400.- pro m<sup>3</sup>, resultieren daraus bei einem Ansatz von 8% fixe Kosten für die Milchkammer von Fr. 24.- pro m<sup>3</sup> und Jahr.

#### 4.2.2 Variable Kosten

Der Wasserbedarf für die Vorkühlung und Reinigung sowie der Reinigungsmittelbedarf bestimmen die variablen Kosten bei den Kühlverfahren der täglich zweimaligen Milchablieferung. Die Wassermenge für die Vorkühlung von einem Liter Milch auf 3° C über die Kühlwassertemperatur kann je nach Kühlverfahren und Betrieb zwischen 3 l/min (Kannenkühler, Plattenkühler) und 15 l/min (Kannenring, Becken, Brunnen) liegen. Am Beispiel des Kannenkühlers und Kannenrings ist der Wasserbedarf für die Kühlung einer 40 l Kanne bzw. 100 l Milch mit zwei un-

terschiedlichen (Mittel- bzw. Maximalwert) Wasserdurchsätzen in Tab. 7 dargestellt. Der Bedarf an Wasser und Reinigungsmitteln für die Reinigung der Milchkannen ist der Tab. 8 zu entnehmen.

Bei den Tiefkühlverfahren mit künstlicher Kälte setzen sich die variablen Kosten aus dem Strombedarf für die Kühlung und Kühlhaltung sowie dem Bedarf für Wasser und Reinigungsmitteln für die Reinigung zusammen. Der Bedarf an Strom für die Kühlung und Kühlhaltung von 100 l Milch liegt je nach Kühlverfahren, Fabrikat, Kühlsystem und Auslastung zwischen 1,23 und 4,95 kW. Tab. 9 enthält die Mittelwerte.

Auf den **Bedarf von Wasser und Reinigungsmitteln** für die Reinigung der Kühlanlage hat die betreffende Person grösseren Einfluss als das Kühlverfahren bzw.

**Tabelle 7: Wasserbedarf für die Vorkühlung**

Kühlsystem	Kannenkühler		Kannenring	
Kühlwasser je l Milch	3,3 l	6,0 l	8,0 l	15,0 l
Bedarf Wasser für 40 l Kanne	132 l	240 l	320 l	600 l
Bedarf Wasser für 100 l Milch	330 l	600 l	800 l	1500 l

**Tabelle 8: Bedarf an Wasser und Reinigungsmittel für die Reinigung der Milchkannen**

Kannen/Abgabe	Milchmenge l/Jahr	Wasser		Reinigungsmittel	
		m <sup>3</sup> je Jahr	l/100 l Milch	kg je Jahr	g/100 l Milch
1	29 200	11	37	36	120
2	58 400	16	27	45	77
3	87 600	21	24	54	62
4	116 800	26	22	63	54
5	146 000	31	21	72	49
6	175 200	36	21	81	46
7	204 400	41	20	90	44

**Tabelle 9: Mittlerer Strombedarf für Kühlung und Kühlhaltung von 100 l Milch**

Ausnützung der Behälter	Hofbehälter mit Tauchkühler		Kühlwanne - Kühl tank	
	1 Gemelk	2 Gemelke	Dir. Kühlung	Indir. Kühlung
Volle Auslastung	2,20 kWh	2,80 kWh	1,80 kWh	2,40 kWh
Halbe Auslastung	2,80 kWh	3,50 kWh	2,20 kWh	2,80 kWh

die Grösse der Kühlanlage. Nach unseren Erhebungen liegt der Wasserbedarf bei zirka 40 l pro Reinigung und macht bei zwei Gemelken 15 m<sup>3</sup> und bei vier Gemelken 7 m<sup>3</sup> pro Jahr aus. Bei einer Dosierung von 0,5% des Reinigungsmittels entspricht der jährliche Bedarf an Reinigungsmitteln zirka 36 kg bei zwei Gemelken bzw. 18 kg bei vier Gemelken.

### 5. Berechnungsbeispiele für die Verfahrenskosten

Den Berechnungen liegen folgende Ansätze zugrunde:  
Abschreibung, Zins, Reparaturen, Versicherung:

16,25% vom Neuwert

Gebäudekosten Milchammer:

8% vom Neuwert

Kosten für Strom:

Fr. -16/kWh

Kosten für Wasser:

Fr. -60/m<sup>3</sup>

Kosten für Reinigungsmittel:

Fr. 4.10/kg

Arbeit:

Fr. 17.50/h

In den folgenden drei Beispielen ist die Berechnungsart mit unseren Unterlagen dargestellt. Es ist damit möglich, dass jedermann «seine» Werte einsetzen und damit «seine» Kosten berechnen kann.

### 6. Wärmerückgewinnung bei der Tiefkühlung

Die Wärme, die bei der Milchkühlung abgegeben wird, kann wieder zurückgewonnen und zur Aufbereitung von Warmwasser verwendet werden. Bei konventionellen Kühlanlagen wird die Wärme über einen luftgekühlten Verflüssiger

ungenutzt an die Umgebungsluft abgegeben. Durch eine entsprechende technische Einrichtung

kann diese freiwerdende Wärme (Energie) zur Warmwasserbereitung genutzt werden.

#### Beispiel 1: Lagerung und Kühlung der Milch in Kannen und Hofbehälter

Tägliche Milchmenge bis 240 l  
Jährliche Milchmenge 70 000 l

Varianten für Lagerung	Kannen	Hofbehälter
Anzahl Milchablieferungen je Tag	2	1
Fassungsvermögen Behälter	3 à 40 l	250 l
Neuwerte	Fr. 861.-	5750.-
<b>Kostenrechnung</b>	Fr.	Fr.
<b>Fixe Kosten je Jahr</b>		
Milchbehälter	140.-	934.-
Gebäude	17 m <sup>3</sup> à Fr. 32.--	— 408.-
<b>Variable Kosten</b>		
<b>für 70 000 l Milch Kühlung</b>		
Wasser für Kannenkühler bei 3,3 l Wasser / 1 l Milch,	231 m <sup>3</sup> à Fr. -60	139.- —
Strom für Tauchkühler bei vollem Gemelk,	1960 kWh à Fr. -16	— 314.-
<b>Reinigung der Behälter</b>		
Wasser	15 m <sup>3</sup> à Fr. -60	— 9.-
Reinigungsmittel	36 kg à Fr. 4.10	— 148.-
<b>Reinigung der Kannen</b>		
Wasser	21 m <sup>3</sup> à Fr. -60	13.- —
Reinigungsmittel	54 kg à Fr. 4.10	221.- —
<b>Zwischentotal</b>	513.-	1813.-
<b>Arbeit</b>		
Reinigung	90 h à Fr. 17.50	1575.- —
	49 h à Fr. 17.50	— 858.-
<b>Total für 70 000 l</b>	2088.-	2671.-
<b>Pro 100 l Milch</b>	2.98	3.82

#### Beispiel 2: Transport von Milch zur Sammelstelle

Distanz zu Abgabestelle: 500 m  
Neigung: 0%  
Fahrgeschwindigkeit mit Traktor: 18 km  
Gewichtsbereich: 200 kg

Transportmittel	Handkarren	Traktor
Milchablieferungen je Tag	2	2
	Fr.	Fr.
<b>Fixe Kosten je Jahr</b>	—	—
<b>Variable Kosten pro Jahr</b>		
Traktor	41 h à Fr. 5.59	— 229.-
<b>Zwischentotal</b>	—	229.-
<b>Arbeitskosten</b>	215 h à Fr. 17.50	3762.- —
	52 h à Fr. 17.50	— 910.-
<b>Total für ein Jahr</b>	3762.-	1139.-

**Beispiel 3: Lagerung und Kühlung der Milch von zwei und vier Gemelken**

Jährliche Milchmenge: 140 000 l  
 Tägliche mittlere Milchmenge: 385 l  
 Vorgesehenes Lagervolumen: bei 2 Gemelken 500 l;  
 bei 4 Gemelken 1000 l

Lagerung von	2 Gemelken		4 Gemelken		
	Hofbehälter mit Tauchkühler	Kühlwanne direkt	Kühlwanne direkt	Kühlwanne indirekt	Kühlank direkt
<b>Neuwerte</b>	Fr. 8500.-	8000.-	10800.-	11500.-	16650.-
<b>Fixe Kosten je Jahr</b>	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Kühleinrichtung	1381.-	1300.-	1755.-	1869.-	2706.-
Gebäude 27,5 m³ à Fr. 32.-	660.-	660.-	—	—	—
30,0 m³ à Fr. 32.-	—	—	720.-	720.-	720.-
<b>Variable Kosten für 140 000 l Milch</b>					
<b>Strom für Kühlung:</b>					
3920 kWh à Fr. -.16	627.-	—	—	—	—
2520 kWh à Fr. -.16	—	403.-	403.-	—	403.-
3360 kWh à Fr. -.16	—	—	—	538.-	—
<b>Wasser für Reinigung:</b>					
15 m³ à Fr. -.60	9.-	9.-	—	—	—
7 m³ à Fr. -.60	—	—	4.-	4.-	4.-
<b>Reinigungsmittel:</b>					
36 kg à Fr. 4.10	148.-	148.-	—	—	—
18 kg à Fr. 4.10	—	—	74.-	74.-	74.-
<b>Zwischentotal</b>	2825.-	2520.-	2956.-	3205.-	3907.-
<b>Arbeit</b>					
<b>Reinigung:</b>					
49,0 h à Fr. 17.50	858.-	—	—	—	—
35,0 h à Fr. 17.50	—	612.-	—	—	—
18,0 h à Fr. 17.50	—	—	315.-	315.-	315.-
<b>Total für 140 000 l Milch</b>	3683.-	3132.-	3271.-	3520.-	4222.-
<b>Pro 100 l Milch</b>	2.63	2.24	2.34	2.51	3.01

wandung oder in einem getrennten Zwischenbehälter angeordnet sein.

**6.2 Menge der Warmwasser-Gewinnung durch Milchkühlung**

Die Wärmemenge, die benötigt wird, um die Temperatur von einem Liter Wasser (oder Milch) um 1° C zu erhöhen, beträgt 4,2 kJ (1 kcal). Folglich setzt Milch, die von 32° C auf 4° C heruntergekühlt wird, 117 kJ Wärme pro Liter frei. Dazu kommt noch die Energie, die vom Kompressor der Kältemaschine verbraucht wird und ebenfalls als Wärme im Kondensator anfällt.

**6.3 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 (Wirkungsgrad des Boi-

**6.1 Systeme der Warmwasserbereitung**

Um die am Verflüssiger freiwerdende Wärmemenge zur Warmwasserbereitung zu nutzen, muss der Verflüssiger als Wasser-Wärmeaustauscher ausgebildet sein, damit die Wärme an das Brauchwasser übertragen werden kann (Abb. 7). 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 Speicher-



Abb. 7: Kühltank mit Reinigungsautomat und Wärmerückgewinnungsanlage.

**Tabelle 10: Jährliche Kosten für die Warmwassergewinnung bei einer Wärmerückgewinnungsanlage und einem Elektroboiler für Warmwasser von 50° C und 65° C, Speicherinhalt 300 l**

	Wärmerückgewinnungsanlage		Elektroboiler	
	50° C	65° C	50° C	65° C
Anschaffungspreis	Fr. 4300.-	4600.-	3000.-	3000.-
Abschreibung,				
15 Jahre	Fr. 290.-	310.-	200.-	200.-
Zinsanspruch	Fr. 155.-	165.-	110.-	110.-
Stromkosten	Fr. —	205.-	515.-	715.-
Übriges*)	Fr. 90.-	90.-	75.-	75.-
<b>Total pro Jahr</b>	<b>Fr. 535.-</b>	<b>770.-</b>	<b>900.-</b>	<b>1100.-</b>

lers = 0,9). Fallen von diesem Energieverbrauch zirka 92% auf den Niedertarif (1 kWh = Fr. -.09) und 8% auf den Hochtarif (1 kWh = Fr. -.16), so ergeben sich Stromkosten von Fr. 515.- im Jahr.

Der Vergleich zwischen der Wärmerückgewinnungsanlage und dem Elektroboiler aufgrund der jährlichen Kosten ist der Tab. 10 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.

sind auch gegenüber dem Hofbehälter mit Tauchkühler günstiger. Trotz aller Attraktivität der Wärmerückgewinnung bei Milchkühlung muss die Funktion der Kühlanlagen absoluten Vorrang haben. Es ist nicht gerechtfertigt, für die Erzielung von wärmerem Gebrauchswasser 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.

## 7. Schluss

Ohne Berücksichtigung der Transportkosten ist es bei täglich zweimaliger Milchablieferung vorteilhaft, die Milch mit natürlicher Kälte (Wasser) zu kühlen. Die Umstellung auf Kühlung und Kühlhaltung von zwei bzw. vier Gemelken verlangt jedoch die Anschaffung einer Kühlanlage. Die Anlagen mit direkter Kühlung weisen einen niedrigeren Energiebedarf pro 100 l Milch als diejenigen mit indirekter Kühlung auf und damit auch niedrigere jährliche Kosten. Die Kühlwannen mit direkter Kühlung

**Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8356 Tänikon) angefordert werden (Tel. 052 - 47 20 25).**

<b>ZH</b>	Schwarzer Otto, Landw. Schule Weinland, 8408 Wülflingen	Tel. 052 - 25 31 24
<b>BE</b>	Brunner Samuel, Bergbauernschule Hondrich, 3702 Hondrich	Tel. 033 - 54 11 67
	Hügi Kurt, Landw. Schule Seeland, 3232 Ins	Tel. 032 - 83 32 32
	Hofmann Hans Ueli, Landw. Schule Waldhof, 4900 Langenthal	Tel. 063 - 22 30 33
	Marthaler Hansueli, Landw. Schule Langnau, 3552 Bärau	Tel. 035 - 2 42 66
	Marti Fritz, Landw. Schule Rütli, 3052 Zollikofen	Tel. 031 - 57 31 41
	Mumenthaler Rudolf, 3752 Wimmis	Tel. 033 - 57 11 16
<b>LU</b>	Moser Anton, Landw. Schule Schüpfheim, 6170 Schüpfheim	Tel. 041 - 76 15 91
	Daepf Hans, Landw. Schule Willisau, 6130 Willisau	Tel. 045 - 81 39 73
	Wandeler Erwin, Bühlstrasse, 6207 Nottwil	Tel. 045 - 54 14 03
	Widmer Norbert, Landw. Schule Hohenrain, 6276 Hohenrain	Tel. 041 - 88 20 22
	Zurfluh Hans, Hochweg, 6468 Attinghausen	Tel. 044 - 2 15 36
<b>UR</b>	Föhn Josef, Landw. Schule Pfäffikon, 8808 Pfäffikon	Tel. 055 - 47 33 44
<b>SZ</b>	Müller Erwin, Landw. Schule Obwalden, 6074 Giswil	Tel. 041 - 68 16 16
<b>OW</b>	Isaak Franz, Breitenhaus, 6370 Stans	Tel. 041 - 63 11 22
<b>NW</b>	Müller Alfons, Landw. Schule Schluechthof, 6330 Cham	Tel. 042 - 36 46 46
<b>ZG</b>	Krebs Hans, Landw. Schule Grangeneuve, 1725 Posieux	Tel. 037 - 82 11 61
<b>FR</b>	Tschumi Fredi, Landw. Schule Wallierhof, 4533 Riedholz	Tel. 065 - 22 93 42
<b>SO</b>	Ziörjen Fritz, Landw. Schule Ebenrain, 4450 Sissach	Tel. 061 - 98 21 21
<b>BL</b>	Kant. landw. Bildungszentrum Charlottenfels, 8212 Neuhausen	Tel. 053 - 2 33 21
<b>SH</b>	Pavlovic Vojslav, Marktgasse 10, 9050 Appenzell	Tel. 071 - 87 13 73
<b>AI</b>	Berger Daniel, Werdeweg 10, 9053 Teufen	Tel. 071 - 33 26 33
<b>AR</b>	Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof, 9465 Salez	Tel. 085 - 7 58 88
<b>SG</b>	Pfister Theophil, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 51 31
	Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 51 31
<b>GR</b>	Stoffel Werner, Grabenstrasse 1, 7000 Chur	Tel. 081 - 21 33 48
<b>AG</b>	Müri Paul, Landw. Schule Liebegg, 5722 Gränichen	Tel. 064 - 31 52 52
<b>TG</b>	Monhart Viktor, Landw. Schule Arenenberg, 8268 Mannenbach	Tel. 072 - 64 22 44
<b>TI</b>	Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola, 6501 Bellinzona,	Tel. 092 - 24 35 53

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, 8307 Lindau Tel. 052 - 33 19 21  
 FAT-Berichte erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 35.-, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8356 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520.