

Ergebnisse einer vergleichenden Prüfung von Tauchkühlern für die Kühlung nicht vorgekühlter, frisch ermolkener Milch in Kannen

von E. Flückiger und F. Walser

1. Einleitung

Der vorliegende Bericht orientiert über die Ergebnisse einer vergleichenden Prüfung von 8 Tauchkühlern. Zwei die Milchkühlung betreffende Vorschriften des neuen Milchlieferungsregulativs gaben im wesentlichen den Anstoss zu der Arbeit: Art. 48 verlangt die Tiefkühlung der Milch bei einmaliger Ablieferung und Art. 49 schreibt vor, dass die dazu notwendigen Kühlgeräte durch die Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Liebefeld zugelassen sein müssen.

2. Beschreibung der Tauchkühler

Für die Vergleichsprüfung wurden aufgrund der Verbreitung in der Praxis vier Fabrikate und pro Fabrikat zwei Grössen (0,5 und 1 PS) ausgewählt. Anstelle einer Einzelbeschreibung sind in der Tabelle 1 die wichtigsten technischen Daten der 8 Kühler zusammengestellt. Der Aufbau, die Arbeitsweise und die Einsatzmöglichkeit der Tauchkühler (Abb. 1, 2 und 3) werden als bekannt vorausgesetzt.

Alle Maschinen arbeiten nach dem Prinzip der direkten Kühlung, alle sind luftgekühlt und alle verwenden das Kältemittel R 12. Die Alfa-Laval-Geräte verfügen über ein 2-stufiges Rührwerk (langsam: 1100 U/min, schnell: 1360 U/min) und die Etscheid-Geräte als einzige über eingebaute Thermometer. SEV-geprüft sind die Alfa-Laval- und die Miele-Geräte.

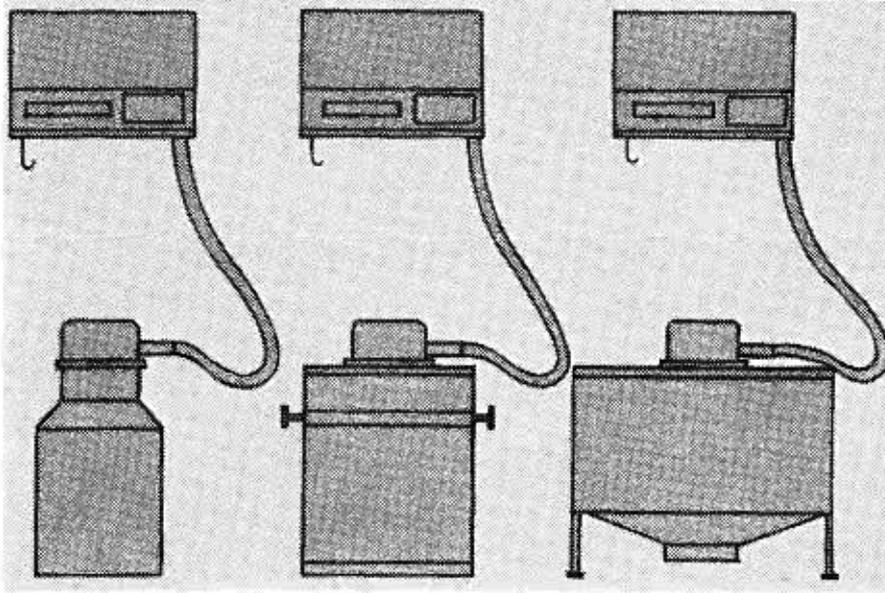
Tabelle 1

Technische Daten der 8 Tauchkühler (Firmenangaben)

Merkmal	Alfa-Laval	Etscheid	Linde	Miele
Typ	UK 120 P2	TZ 0	TKU 050	MTK 05
Anschlusswert, kW	0,9	1,05	1,0	1,1
Nennspannung, V	220	220	220	220
Absicherung, A	10, träge	10	10, träge	10, träge
Kältemaschine, PS	0,5	0,7	0,5	0,5
Kühlleistung, kcal/h	1560	1550	1500	1485
Rührerdrehzahl, U/min	1360	1350	1200	1300
Umfangsgeschw., m/s	3,9	4,0	5,8	6,6
Gesamtgewicht, kg	50	52	51	49
Platzbedarf, montiert,				
cm Höhe	188	170	197	170
Breite	142	143	166	45
Tiefe	39	51	43	40
Typ	UK 200 P2	TZ 23	TKU 110	MKT 1
Anschlusswert, kW	1,7	1,9	1,7	1,9
Nennspannung, V	380	380	380	380
Absicherung, A	10, träge	10	10, träge	10, träge
Kältemaschine, PS	1,0	1,0	1,0	1,0
Kühlleistung, kcal/h	2530	2600	2600	2500
Rührerdrehzahl, U/min	1360	1350	1200	1300
Umfangsgeschw., m/s	3,9	4,0	5,8	6,6
Gesamtgewicht, kg	79	74	58	59
Platzbedarf, montiert,				
cm Höhe	209	170	197	170
Breite	165	143	166	45
Tiefe	48	51	43	40

Abb. 1

Einsatzvarianten für Tauchkühler



3. Durchführung der Prüfung

Die Prüfung kann in Anlehnung an DIN 8968 als vergleichende Typprüfung gelten. Ein Vorbehalt ist nö-

tig, da die Prüfungsergebnisse zum Teil nur bei optimaler Einstellung der Geräte reproduzierbar sind. Die Prüfungsbedingungen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2
Prüfungsbedingungen

Kriterium	Bedingung
Umgebungstemperatur	25°C (± 0,5°C)
Kühlgut	Wasser
Ausgangstemperatur	35°C (± 0,5°C)
Kühltemperatur	4°C (± 0,5°C)
Kühlbehälter (unisoliert)	40 l-Anticor.-Kanne
Prüfdauer je Gerät	2 Prüfabschnitte*

* 1 Prüfabschnitt besteht aus Kühlung und 12 Stunden Kühlhaltung. Die Prüfung erstreckte sich im we-

sentlichen auf die in Tabelle 3 zusammengestellten Leistungen und Funktionen der Geräte.

Tabelle 3
Prüfungsinhalt

Leistung oder Funktion	Hilfsmittel
Kühlzeit	Temp.-schreiber
Energieverbrauch	Stromzähler
Leistungsaufnahme	Strom-Spannungsschreiber
Nutzkälteleistung	Berechnung
Rührwirkung	Milch
Eisbildung	Visuelle Kontrollen
Schaltdifferenz	Temp.-schreiber
Reinigungsmöglichkeit	Keimzahlbestimmung
Therm. Belastbarkeit	Heisswasser
Kühlkosten	Berechnung

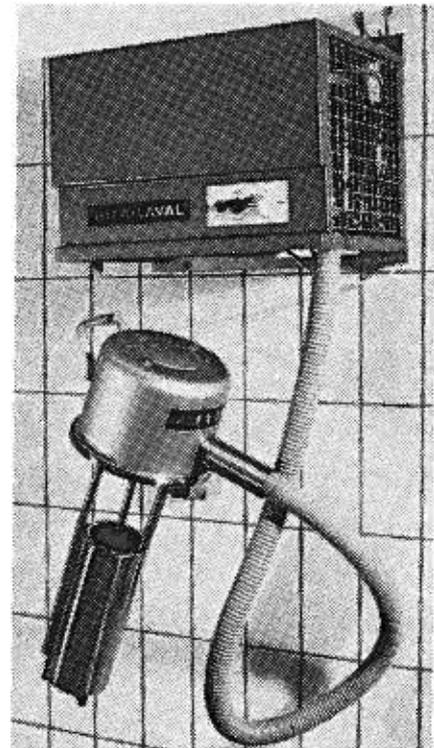
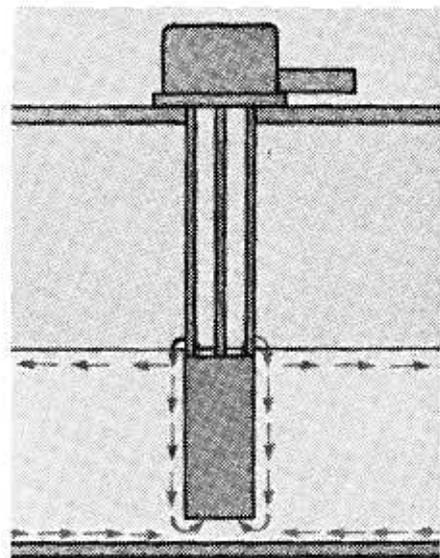


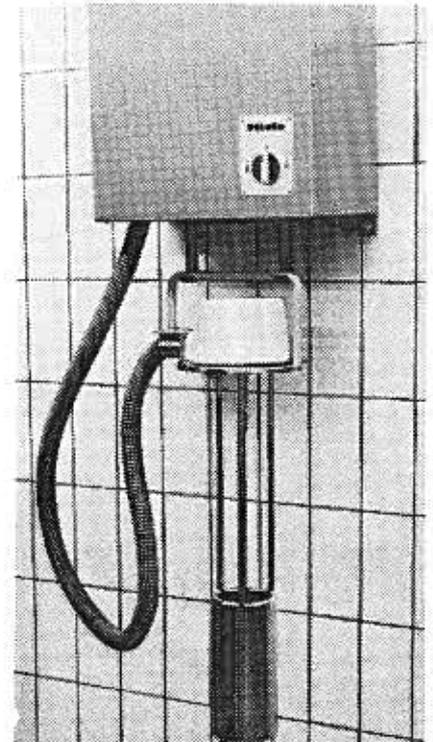
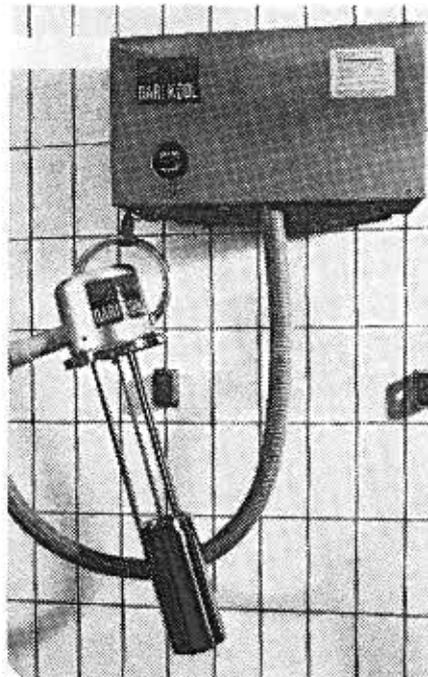
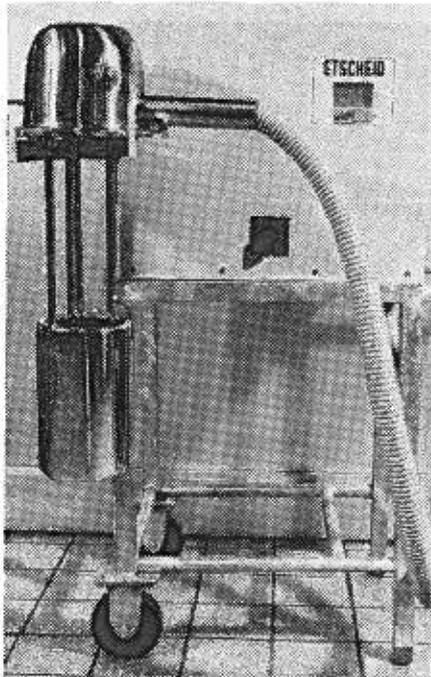
Abb. 2

1 PS Tauchkühler Alfa-Laval, Etscheid, Linde Dari-Kool und Miele

Abb. 3

Arbeitsweise der Tauchkühler





4. Prüfungsergebnisse

4.1 Kühlzeit

Die Kühlzeiten für 40 und 100 Liter Kühlgut und die maximale Kühlgutmenge, die unter den Bedingungen der Prüfung in 3 Stunden von 35 auf 4°C gekühlt werden konnte, sind aus Tabelle 4 zu ersehen.

Tabelle 4
Kühlzeiten und Kühlgutmengen

Kühlerfabrikat und Typ*	Kühlzeit in min			max. Milchmenge in 3 h auf 4° C gekühlt
	40 l auf 10° C	40 l 4° C	100 l 4° C	
Alfa-Laval UK 120	42	62	155	116
Etscheid TZ 0	49	73	183	99
Linde TKU 050	47	67	167	108
Miele MTK 05	48	69	173	104
Alfa-Laval UK 200	25	37	91	197
Etscheid TZ 23	31	44	111	162
Linde TKU 110	27	40	100	180
Miele MTK 1	28	38	95	190

* Obere 4 Kühler 0,5 PS, untere 1 PS (folgende Tabellen gleiche Anordnung). Die Kühlzeit, der Energieverbrauch und die Kühlleistung hängen

direkt von der Umgebungstemperatur ab, wie das Beispiel der Abb. 4 zeigt.

Abb. 4

Kühlzeit, Energieverbrauch und Kühlleistung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

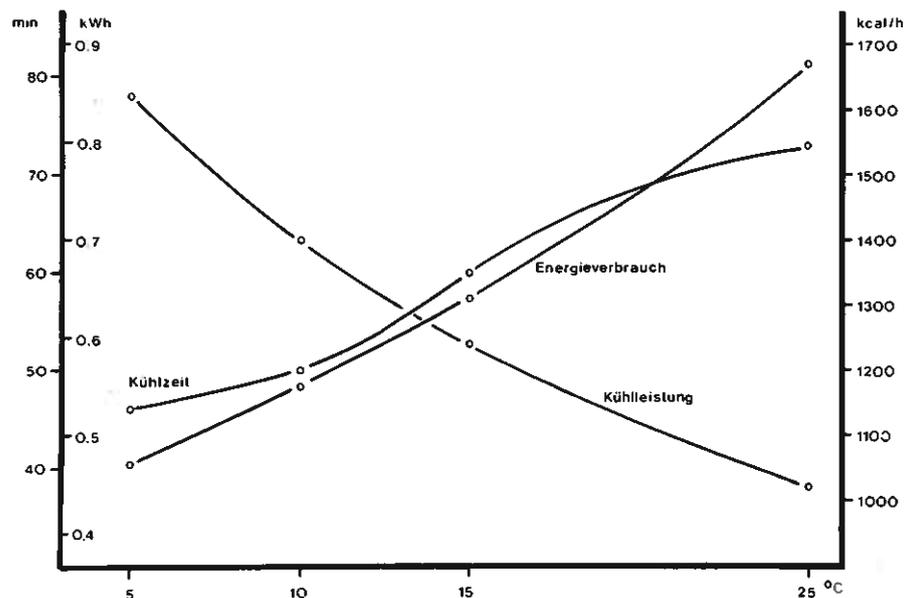


Abb. 5

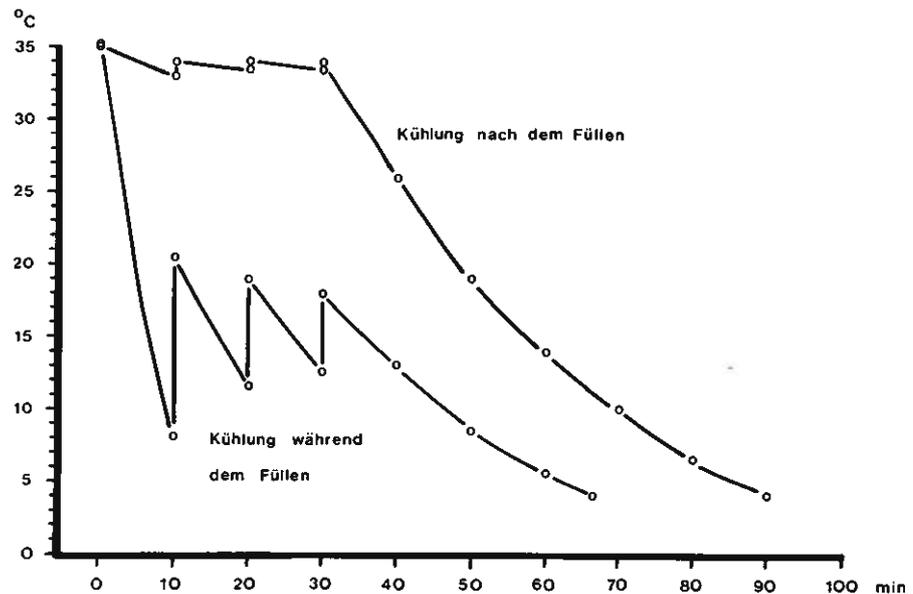
Beginn der Kühlung der Kannen mit 10 und 40 l Inhalt (Kühlgerät 0,5 PS)

Kühlung nach dem Füllen:

volle Kanne, Start der Kühlung nach 30 min Wartezeit

Kühlung während dem Füllen:

4 x 10 l in Abständen von 10 min Start der Kühlung nach Einfüllen der ersten 10 l



Für die Kühlung von 1, 2 und 3 Kannen ergeben sich folgende Kühlzeiten (Umgebungstemperatur 25°C), vorausgesetzt, dass keine Leerzeiten entstehen:

Tabelle 5
Kühlzeiten für 1, 2 u. 3 40 l Kannen

Anzahl Kannen	Zeit für die Kühlung von 35 auf 4° C			
	mit 0,5 PS-Gerät		mit 1 PS-Gerät	
	Std.	min	Std.	min
Kühlung während Füllen				
1 Kanne	1	7		44
2 Kannen	2	7	1	28
3 Kannen	3	7	2	12
Kühlung nach Füllen				
1 Kanne	1	30	1	6
2 Kannen	2	30	1	42
3 Kannen	3	30	2	18

Ob während oder nach dem Füllen der Kannen gekühlt wird, fällt bei mehreren Kannen praktisch nicht ins Gewicht, da beim Start mit vollen Kannen nur für die 1. Kanne

eine Wartezeit auftritt, die durch die kürzere Kühlzeit (siehe Abb. 5) zunehmend wettgemacht wird. Ganz abgesehen davon, kommt eine andere Methode als der Kühlbeginn

mit vollen Kannen und vorher filtrierter Milch praktisch kaum in Betracht, es sei denn, man verlässt die Kannenkühlung und geht zur Wannen- kühlung über.

4.2 Energieverbrauch (Arbeitsaufnahme in kWh)

Der Energieverbrauch für die Kühlung und Kühlhaltung von 40 und 100 l Kühlgut geht aus Tabelle 6 hervor.

Die Kühlhaltung der 40 l Testflüssigkeit bei 4°C in unisolierten Kannen erforderte bei einer Umgebungstemperatur von 25°C mehr Energie als die Kühlung. Der besonders hohe Energieverbrauch der beiden Miele-Geräte ist auf das bedeutend häufigere Ein- und Ausschalten dieser Geräte (siehe unter Schaltdifferenz

Tabelle 6
Energieverbrauch in kWh für Kühlung und 12 Std. Kühlhaltung

Kühlerfabrikat und Typ	40 l auf 10° C	Kühlung			
		40 l 4° C	100 l* 4° C	Kühlhaltung 40 l, 4° C	Kühlung + Kühlhaltung 40 l, 4° C
Alfa Laval UK 120	0,61	0,85	2,11	1,13	1,98
Etscheid TZ O	0,64	0,89	2,21	1,51	2,40
Linde TKU 050	0,64	0,87	2,18	1,13	2,00
Miele MTK 05	0,76	1,00	2,51	2,08	3,08
Alfa Laval UK 200	0,49	0,67	1,68	1,15	1,82
Etscheid TZ 23	0,64	0,88	2,20	1,26	2,14
Linde TKU 110	0,62	0,83	2,01	1,33	2,16
Miele MTK 1	0,61	0,80	1,99	2,38	3,18

* 2 1/2 mal 40 l

der Thermostaten) zurückzuführen und somit vermeidbar. Das etwas günstigere Abschneiden der beiden Alfa-Laval-Geräte wird durch eine wirksamere Luftkühlung der Kondensatoren und durch eine kräftigere Umwälzung der Milch wenigstens teilweise erklärt (Tabelle 7).

Der Einfluss der Isolation auf die Kühlzeit und den Energieverbrauch ergibt sich aus dem in Tabelle 8 dargestellten Beispiel:

Durch die Isolation wird vor allem während der Kühllhaltung Energie eingespart.

Tabelle 7
Luftdurchsatz pro dm² Kondensatorfläche

Kühlerfabrikat	0,5 PS		1 PS	
	l/s	m/s	l/s	m/s
Alfa Laval	19	1,9	32	3,2
Etscheid	14	1,4	12	1,2
Linde	9	0,9	14	1,4
Miele	16	1,6	21	2,1

Tabelle 8
Kühlung in isoliertem und nicht isoliertem Behälter (0,5 PS Kühler)
Kühlzeit und Energieverbrauch

	mit Isolation	ohne Isolation
Kühlzeit, 40 l von 35 auf 10°C, min	44	47
Kühlzeit, 40 l von 35 auf 4°C, min	60	67
Energieverbr., Kühlung auf 10°C, kWh	0,63	0,64
Energieverbr., Kühlung auf 4°C, kWh	0,82	0,87
Energieverbr., 12 h Kühllhaltung, kWh	0,18	1,13

4.3 Mittlere Nutzkälteleistung während der Kühlzeit

Die mittlere Nutzkälteleistung wurde aus der Kühlgutmenge, der Differenz zwischen der Ausgangs- und Endtemperatur, der Kühlzeit und der spezifischen Wärme des Kühlgutes berechnet. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 9:

Tabelle 9
Mittlere Nutzkälteleistung in kcal/h während der Kühlzeit (d.h. ohne Kühllhaltung)

Bedingungen: 40 l von 35 auf 4°C gekühlt, Umgebungstemperatur 25°C, Kannen nicht isoliert

Fabrikat	0,5 PS kcal/h	1 PS kcal/h
Alfa-Laval (20°C)*	1200 (1560)*	2038 (2530)
Etscheid (18°C)	1019 (1550)	1672 (2600)
Linde (10°C)	1120 (1500)	1860 (2600)
Miele (fehlt)	1078 (1485)	1958 (2500)

* Die in Klammern stehenden Firmenangaben beziehen sich auf günstigere Umgebungstemperaturen. Die Werte liegen daher höher als die in der Prüfung erreichten Leistungen.

Die mittlere Nutzkälteleistung pro kWh und die Kühlgutmenge, die pro kWh von 35 auf 4°C gekühlt werden konnte, sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10
Kälteleistung (kcal) und Kühlgutmenge (kg) pro kWh

Fabrikat	0,5 PS		1 PS	
	kcal	kg	kcal	kg
Alfa-Laval	1467	47	1850	60
Etscheid	1400	45	1410	46
Linde	1425	46	1496	48
Miele	1234	40	1560	50

4.4 Mittlere Leistungsaufnahme

Die mittlere Leistungsaufnahme für die Kältemaschine und das Rührwerk geht aus Tabelle 11 hervor.

Die Leistungsaufnahme nimmt am Anfang des Kühlvorganges zu, gegen Ende aber fortlaufend ab, da der Druck des Kältemittels und die Verdampfungstemperatur sinken.

Tabelle 11
Leistungs- und Stromaufnahme

Kühler	Leistungsaufnahme (W)	Stromaufnahme (A)
Alfa Laval UK 120	1034—1276	4,7—5,8
Etscheid TZ O	924—1056	4,2—4,8
Linde TKU 050	946—1210	4,3—5,5
Miele MTK 05	968—1320	4,4—6,0
Alfa Laval UK 200	1315—1775	2,0—2,7
Etscheid TZ 23	1256—1719	1,9—2,6
Linde TKU 110	1446—1972	2,2—3,0
Miele MTK 1	1644—2169	2,5—3,3

4.5 Thermische Belastbarkeit

Die Verdampfer der Tauchkühler wurden während 2 Minuten in 65°C warmes Wasser eingetaucht und anschliessend auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft. Nach der thermi-

schen Belastung funktionierten bis auf den Alfa-Laval-Kühler Typ UK 200 P2 alle Geräte normal. Beim Alfa-Laval-Gerät trat eine vorher nicht beobachtete Eisbildung auf; der

Thermostat war also der thermischen Belastung nicht gewachsen.

Die Firmenangaben über die thermische Belastbarkeit liegen zwischen 55 und 65°C.

4.6 Einfluss des Rührens bzw. Rührpumpens auf die Fettphase

Die Prüfung auf Ausbutterungerscheinungen erfolgte mit Hilfe einer für diesen Zweck ausgearbeiteten Filtrationsmethode. In Tabelle 12 bedeutet ein Pluszeichen, dass Ausbutterungen aufgetreten sind. Die Versuche wurden mit vollen, halb-vollen und viertelvollen 40-Liter-Kannen durchgeführt.

Tabelle 12
Einfluss des Rührpumpens auf die Fettverteilung
(Kühlung der Milch von 35 auf 4°C)

Kühler- typ	Kanne voll	Ausbutterung	
		Kanne 1/2-voll	Kanne 1/4-voll
Alfa-Laval UK 120	+	+(18)*	+ (6)
Etscheid TZ O	—	—(22)	— (9)
Linde TKU 050	—	+(22)	+(10)
Miele MTK 05	—	+(23)	+(11)
Alfa-Laval UK 200	—	+(22)	— (9)
Etscheid TZ 23	—	—(25)	—(13)
Linde TKU 110	—	—(22)	—(10)
Miele MTK 1	—	—(23)	—(11)

* Die Zahlen in Klammern geben die Eintauchtiefe der Verdampfer in cm bei den genannten Füllgutmengen an.

Grundsätzlich steigt die Ausbutterungsgefahr mit zunehmender Kühlzeit und mit abnehmender Eintauchtiefe der Verdampfer. Größere Milchmengen erfordern bei Verwendung des gleichen Kühlgerätes längere Kühlzeiten. Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die Empfehlung, lange Kühlzeiten zu vermeiden (eine Stunde Kühlzeit bedeutet bereits eine relativ starke Beanspru-

chung der Milch) und die Kältemaschine erst in Gang zu setzen, wenn der Verdampfer ganz in die Milch eintaucht. Die Milch muss entsprechend auf die Kannen verteilt werden.

Die Alfa-Laval-Geräte, deren Rührer vielleicht zu einseitig auf eine gute Rührwirkung ausgebildet wurden, mussten abgeändert werden. Ein Ausbuttern und Spritzen der

Milch gegen das Rührwerkgehäuse (0,5 PS-Gerät) trat nach der Korrektur bei vollen Kannen nicht mehr ein.

Ueberrascht hat die Feststellung, dass trotz der relativ starken Beanspruchung der Milch in keinem Fall eine nennenswerte Zunahme des Gehaltes an freien Fettsäuren auftrat.

4.7 Eisbildung

Eine Eisbildung ist wegen der damit verbundenen irreversiblen Änderungen der physikochemischen Eigenschaften der Milch unerwünscht.

Die Firmen empfehlen demgegenüber folgende Mindesteintauchtiefen vor Inbetriebsetzung der Kühler:

Eisbildung wurde beobachtet:

- nach der thermischen Belastung des 1 PS Alfa-Laval-Gerätes
- und in viertelvollen Kannen bei beiden Miele- und Alfa-Laval-Geräten.

In viertelvollen Kannen besteht bei den genannten Kühlern zwischen dem Kühlgut und Thermostatfühler kein genügender Kontakt mehr. Auch aus diesem Grunde sollte das Kühlgerät erst eingeschaltet werden, wenn der Verdampfer ganz mit Milch bedeckt ist.

4.8 Mindestmilchmenge für das vollständige Eintauchen des Verdampfers

Tabelle 14 zeigt die Milchmenge an, die in einer 40 l Kanne sein muss, um den Verdampfer ganz mit Milch zu decken.

Tabelle 14

Mindestmilchmenge für vollständiges Eintauchen des Verdampfers in 40 l Kanne

Kühler	Milchmenge in l	
	0,5 PS	1,0 PS
Alfa Laval	40	29
Etscheid	24	29
Linde	28	36
Miele	25	32

Tabelle 13
Masse der Verdampfer und empfohlene Mindesteintauchtiefe vor Inbetriebsetzung der Kühler

Kühler- fabrikat	Verdampfermasse, cm				empfohlene Mind- eintauchtiefe cm	
	Zylinderhöhe		Durchm.		0,5 PS	1,0 PS
	0,5 PS	1,0 PS	0,5 PS	1,0 PS		
Alfa-Laval	30	30	12	12	5	5
Etscheid	23	34	14	17	8	8
Linde	29	40	12	12	6	6
Miele	28	36	13	13	8	8

4.9 Schaltdifferenz der Thermostaten

Die während der 12-stündigen Kühlhaltung (40 l Kanne, 25°C Umgebungstemperatur) festgestellten Schaltdifferenzen zeigt Tabelle 15.

Die Kühler mit der kleinsten Schaltdifferenz (Miele) brauchten, wenigstens teilweise aus diesem Grunde, etwas mehr Energie als die übrigen Geräte (siehe Tabelle 6).

Tabelle 15

Schaltdifferenzen während 12 Std. Kühlhaltung in °C

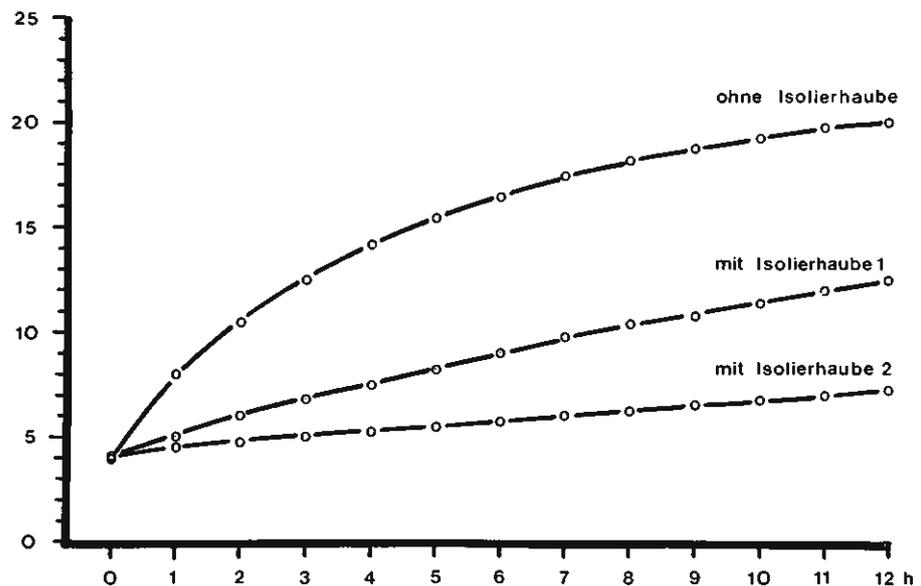
Kühler	Schaltdifferenz, °C	
	0,5 PS	1,0 PS
Alfa-Laval	2,0	2,0
Etscheid	1,5	1,5
Linde	2,0	2,0
Miele	0,5	1,0

4.10 Erwärmen der Milch in 40 l Kannen mit und ohne Isolierhaube

Werden mehrere Kannen mit einem Tauchkühler gekühlt, so muss die Kühllhaltung der Milch in diesen Kannen sichergestellt werden. Abb. 6 zeigt, dass sich mit einer geeigneten Isolierhaube (Eigenkonstruktion aus Styropor, Isolierhaube 2) der Temperaturanstieg in Grenzen halten lässt.

Abb. 6

Temperaturanstieg der Milch in 40 l Kanne bei 25°C Umgebungstemperatur °C



4.11 Reinigungsmöglichkeit

Vor und nach vorschriftsmässiger Reinigung der Kühler mit einem kombinierten Reinigungs- und Entkeimungsmittel wurden mit sterilen Wattetupfern je 3 Abstriche von einem definierten Teil der Verdampferoberfläche gemacht. Die pro dm² Oberfläche ermittelten Keimzahlen sind der folgenden Tabelle 16 zu entnehmen.

Die Oberflächen aller Verdampfer liessen sich einwandfrei reinigen. Der Einsatz aus Gummi oder Kunststoff im unteren Teil der Verdampfer (Alfa-Laval und Linde) muss mindestens wöchentlich, besser aber täglich entfernt und manuell gereinigt werden. Bei der Prüfung wurden hier Keimzahlen von 30- bis 40-tausend pro dm² gefunden. Der rechtzeitige Ersatz dieser der Alterung unterwor-

fenen Teile ist zu beachten. Regelmässig manuell zu reinigen ist auch der untere Teil des Rührwerkgehäuses. Die Rührer lassen sich bei allen Geräten entfernen, was bei der wöchentlichen Grundreinigung auch notwendig ist.

Dem Zustand der nicht aus Chrom-Nickelstahl bestehenden milchberührten Teile ist besondere Beachtung zu schenken. Es sind dies:

Alfa-Laval:
Rührpumpkörper (Kunststoff) und Einsatz (Gummi)
Etscheid:
Rührerhalter (Kunststoff)
Linde:
Rührerscheibe (Kunststoff) und Einsatz (Kunststoff)
Miele:
Rührerscheibe (Kunststoff)

Tabelle 16
Gesamtkeimzahl pro dm² Verdampferoberfläche vor und nach der Reinigung

0,5 PS-Kühler	1. Versuchsreihe		2. Versuchsreihe	
	vorher	nachher	vorher	nachher
Alfa-Laval	33 200	0	1,8 Mio	100
Etscheid	20 000	60	0,6 Mio	0
Linde	106 600	0	1,0 Mio	40
Miele	53 200	60	1,0 Mio	30

4.12 Kühlkosten

Als Berechnungsgrundlage dienen folgende Ansätze:

- 10% Amortisation
- 6% Zins von 2/3 des Anschaffungspreises
- 2% Reparaturen
- Stromkosten 12 Rp. pro kWh
- Raummiete, Arbeitskosten und Reinigungsmittelkosten blieben unberücksichtigt.

Die Kühlkosten pro 100 l Milch, wie sie bei voller und halber Auslastung der Anlagen unter den angegebenen Bedingungen (siehe Tabelle 4) anfallen, sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 17

Kühlkosten pro 100 l Milch bei voller Auslastung der Anlagen in Rappen

Kühlerfabrikat	PS	Kapitalkosten	Stromkosten Kühlung	Stromkosten Kühllhaltung	Kosten total
Alfa-Laval	0,5	45	25	32	102 (147)*
Etscheid	0,5	51	26	45	122 (173)
Linde	0,5	59	26	32	117 (176)
Miele	0,5	44	30	62	136 (180)
Alfa-Laval	1,0	32	20	35	87 (119)
Etscheid	1,0	41	26	38	105 (146)
Linde	1,0	45	25	40	110 (155)
Miele	1,0	29	24	70	123 (152)

* In Klammern sind die Kosten bei halber Auslastung der Anlage aufgeführt.

Die Kühlkosten sind, wie gesagt, nicht vollständig erfasst. Da aber die fehlenden Beträge für die Kosten der Arbeit, der Raummiete und der Reinigungsmittel für alle Anlagen ungefähr gleich hoch sind, ist die maschinenabhängige Vergleichbar-

keit doch gegeben. Relativ stark fallen die Kosten für die Kühlhaltung bei 25°C Umgebungstemperatur ins Gewicht. Bei niedrigeren Umgebungstemperaturen und bei Verwendung von Isolierhauben liegt dieser Kostenanteil deutlich tiefer. Die deut-

lich höheren Stromkosten für die Kühlhaltung bei den beiden Mielegeräten sind auf die kleinere Schaltdifferenz (häufigeres Ein- und Ausschalten) dieser Geräte zurückzuführen und somit vermeidbar.

4.13 Bedienung der Geräte

Die Tauchkühler lassen sich wie folgt in 40 l Kannen einstellen oder einhängen:

Fabrikat	PS	Einhängen (direkt)	Einstellen
Alfa-Laval	0,5	möglich	—
Alfa-Laval	1	möglich	—
Etscheid	0,5	möglich	—
Etscheid	1	möglich	—
Linde	0,5	nicht möglich	nicht gut möglich
Linde	1	nicht möglich	nicht gut möglich
Miele	0,5	nicht möglich	möglich
Miele	1	nicht möglich	möglich

Wenn der Kühler weder aufgesetzt noch in die Kanne gestellt werden kann, muss eine geeignete Fixierung geschaffen werden (Zwischenring, Aufhängung).

Der Bedienungsschalter erlaubt bei den einzelnen Geräten folgende Einstellungen:

Die Entscheidgeräte verfügen als einzige über ein eingebautes (elektronisches) Milchthermometer.

Die Zahl der Kannen, die mit einem der Tauchkühler gekühlt werden kann, hängt von der zur Verfügung stehenden Zeit und von der Sicherstellung der Kühlhaltung ab. Die Kühlung von mehr als 2—3 Kannen pro Melkzeit dürfte wohl zu den Ausnahmen gehören.

Kühlerfabrikat	Rühren (Reinigen)	Kühlung mit Automat	Kühlung ohne Automat	Nachrührautomatik
Alfa-Laval	+	+	+	—**
Etscheid	+	+*	+	+
Linde	+	+	+	+
Miele	+	+	—	+

* auf 8 oder 4°C einstellbar,

** auf Wunsch lieferbar

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden 8 für die Kühlung der Milch in 40 l Kannen verwendete Tauchkühler in folgenden Punkten miteinander verglichen:

- Kühlzeit für 40 und 100 l Kühlgut (Tabelle 4)
- Energieverbrauch für Kühlung und Kühlhaltung (Tabelle 6)
- Mittlere Nutzkälteleistung (Tabelle 9)
- Spezifische Kälteleistung (Tabelle 10)

- Mittlere Leistungsaufnahme (Tabelle 11)
- Ausbutterungserscheinungen (Tabelle 12)
- Reinigungsmöglichkeit (Tabelle 16)
- Kühlkosten pro 100 l Milch (Tabelle 17).

Die Kühlgeräte, die sich in einzelnen der aufgeführten Punkte deutlich unterscheiden, entsprachen im wesentlichen den zu stellenden Anforderungen. Die Hauptprobleme der

Kühlung mit Tauchkühlern in Kannen bestehen in der Kühlhaltung und in der Gefahr des Auftretens von Ausbutterungen. Eine bei Kühlwannen tolerierte Kühlzeit von 2—3 Std. für die Kühlung der Milch von 35 auf 4°C ist bei den Tauchkühlern nicht zu empfehlen. Die bei den 0,5 PS-Geräten zur Kühlung von 40 l Milch erforderliche Kühlzeit von 60—70 min ist bei den meisten Kühlern bereits als kritisch zu betrachten, unabhängig davon, bei welcher Eintauchtiefe des Verdampfers mit der Kühlung begonnen wird.