

Reinigungssysteme für Rohrmelkanlagen

Wesentliche Unterschiede im Energiebedarf und in der Mechanik während des Waschvorganges

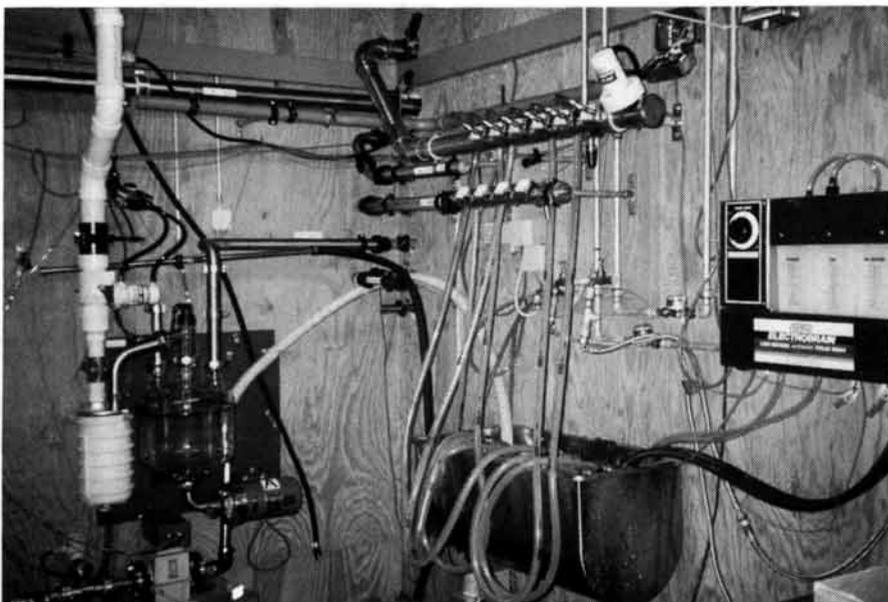
Dusan Nosal und Christian Hartmann, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Die Arbeitsqualität der Reinigungsautomaten hat einen grossen Einfluss auf die Milchqualität. Auf dem sehr vielfältigen Marktangebot finden sich zwei Reinigungssysteme mit unterschiedlichen Eigenschaften: Das Heisswasser-Säure-Verfahren und das Zirkulationssystem. Bezüglich Steuerung, Wasser- und Stromverbrauch, Rücklauftemperatur und Mechanik untersuchten wir

insgesamt 17 Geräte. Die Versuchsanlage bestand aus vier voneinander unabhängigen Rohrmelkanlagen mit unterschiedlichem Querschnitt, Material und Länge der Milch- und Spüleleitungen.

Die Untersuchungen ergaben, dass sowohl zwischen den zwei Reinigungssystemen als auch den einzelnen Geräten in allen Bereichen recht grosse Unterschiede bestehen. Vor

allem die Einstellung und die Steuerung des Waschprogrammes lassen praktisch bei allen Geräten noch Verbesserungsmöglichkeiten offen. Die Geräte, welche die Anforderungen im Bereich der Rücklauftemperatur bzw. der Mechanik erfüllen, weisen andererseits einen hohen Wasser- und Stromverbrauch aus und umgekehrt.



Die Versuchsanlage für Reinigungsautomaten.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Reinigungssysteme	2
Versuchsanlage, Geräte und Methodik	2
Interpretation der Ergebnisse	3
Schlussfolgerungen	8

Problemstellung

Um eine gute Milchqualität zu erreichen, ist nach jedem Melken die Rohrmelkanlage (RMA) zu reinigen und zu entkeimen. Die Beschaffenheit und Installation der RMA müssen so ausgeführt sein, dass alle mit Milch in Berührung kommenden Teile ohne Demontage und ohne zusätzliche manuelle Reinigung einwandfrei gereinigt und entkeimt werden können. Auf den Reinigungseffekt haben das Material, die Länge und der Durchmesser der Milchleitung, die Temperaturen, die Wassermengen, die Wasserturbulenzen und das Reinigungsmittel entscheidenden Einfluss. Auch aus Kosten- und Umweltgründen wäre der Energie- und Wasserverbrauch zu minimieren und bei der Auswahl des Reinigungssystems zu berücksichtigen. An 17 Geräten wurden dazu Grundlagen erarbeitet und mit bekannten Anforderungen verglichen.

Beschreibung der Reinigungssysteme

Die Steuerung der einzelnen Funktionen und der Arbeitsgänge während der gesamten Reinigung kann manuell oder mit Hilfe eines Reinigungsautomaten erfolgen. Die schweizerischen Milchviehbetriebe verwenden für die Reinigung ihrer RMA vorwiegend das sogenannte **Zirkulationssystem**. Erst in den letzten Jahren wird in der Praxis auch das **Heisswasser-Säure-Verfahren** (auch Kochendwasserreinigung genannt) angewendet.

Zirkulationsreinigung

Dieses Reinigungsverfahren besteht aus dem Vorspülen, der Reinigung und dem Nachspülen. Anschliessend an das Nachspülen erfolgen die Entleerung und Trocknung der Melkanlage. Die Aufgabe des **Vorspülens** ist es, die Milchreste aus der gesamten Melkan-

lage zu entfernen. Das Vorspülen erfolgt mit lauwarmem oder kaltem Wasser. Der gewünschte Erfolg des Vorspülens wird durch die Wassermenge sowie die Stärke und Dauer der Luft-Wasserturbulenzen (Zapfenbildung) beeinflusst.

Die eigentliche **Reinigung** der gesamten Oberfläche der Melkanlage erfolgt durch die Zirkulation der Reinigungsmittellösung im geschlossenen Kreislauf während der **Waschphase**. Der Reinigungseffekt wird durch das Zusammenwirken der Wassertemperatur, der Luft-Wasserturbulenzen (Zapfenbildung), die Konzentration der Reinigungslösung und die Wirkungsdauer dieser Elemente erreicht. Durch die Verwendung von kombinierten Reinigungs- und Entkeimungsmitteln erfolgt während des Vorganges «Reinigung» auch die Entkeimung der Melkanlage. Das **Nachspülen** soll die Reste der Reinigungsmittellösung herauspülen. Für ein erfolgreiches Nachspülen sind wiederum die Wassermenge und die Stärke der Luft-Wasserturbulenzen massgebend.

Heisswasser-Säure-Verfahren (Kochendwasserreinigung)

Für die Kochendwasserreinigung wird ausschliesslich das Rein-Raus-Verfahren angewendet. Das **Vorspülen** erfolgt mit Heisswasser ohne Säurezusatz mit dem Ziel, die Milchreste herauszuspülen. Während der **Reinigung** wird eine heisse Säurelösung von mindestens 1,3% durch die gesamte Melkanlage geleitet. Als Säurezusatz ist nur Sulfaminsäure zugelassen. Für das **Nachspülen** wird wiederum

Heisswasser ohne Säurezusatz verwendet.

Beim Heisswasser-Säure-Verfahren hängt der Reinigungseffekt hauptsächlich von der Einhaltung der Wassertemperatur, der Einwirkungsdauer und der Konzentration der Reinigungslösung ab. Die Wasser-Luftturbulenzen haben beim Vorspülen die Aufgabe, die Milchreste zu entfernen, um die Oberflächen der Anlage entkeimen zu können und die Resten der Reinigungslösung beim Nachspülen herauszuspülen. Die Anlage wird durch die Hitze entkeimt. Die Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) Liebefeld schreibt im «Merkblatt für die Reinigung und Entkeimung von Rohrmelkanlagen» vor: «Während der letzten drei Minuten muss die Temperatur des Wassers, am Ende der Milchdruckleitung, mindestens 75° C betragen.»

Versuchsanlage, untersuchte Geräte und Messmethodik

Die Versuchsanlage bestand aus vier voneinander unabhängigen Rohrmelkanlagen (RMA) mit unterschiedlichem Querschnitt und Material der Milch- und Spülleitungen (Tab. 1). Bei jeder dieser vier RMA wurden für die Messungen zwei unterschiedliche Leitungslängen zwischen 40 und 100 m eingesetzt. Das Gefälle der Leitungen betrug 1% Richtung Milchammer. In der Milchammer wurden die zu untersuchenden Geräte an die Leitungen und

Tabelle 1: Eingesetzte Leitungen, Melkeinheiten und Vakuumpumpen

Milch- und Spülleitung				Anzahl Melkeinheiten	Leistung der Vakuumpumpe l/min
Variante	Material	Querschnitt mm	Länge m		
A	Cr-Ni Stahl	75	60 100	6	1700
B	Cr-Ni Stahl	48	50 80	4	1000
C	Cr-Ni Stahl	38	40 60	3	710
D	Glas	46	50 80	4	1000

die dazupassende Endeinheit angeschlossen. Die Anzahl Melkeinheiten wählte man entsprechend der Leitungslänge (simulierte Betriebsgrösse) zwischen drei und sechs. Für die Vakuumversorgung standen drei Vakuumpumpen mit einer Leistung von 710, 1000 und 1700 l/min zur Verfügung. Die Wahl der Vakuumpumpe erfolgte entsprechend der «Betriebsgrösse» (Leitungslänge) und der Anzahl Melkeinheiten. Die Warmwasserversorgung besorgte ein Elektroboiler mit einem Inhalt von 500 Litern.

Das zu untersuchende Gerät wurde vom Anmelder installiert und entsprechend der Leitungsvariante (Tab. 1: A, B, C, D) praxisüblich eingestellt. Für welche Leitungsvariante das zu untersuchende Gerät eingesetzt wurde, bestimmte der Anmelder. Die bei den Untersuchungen eingesetzte Reinigungsautomaten sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

In Abbildung 1 ist die Versuchsanlage mit den einzelnen Messstellen schematisch dargestellt. Ein Messvorgang dauerte vom Einschalten bis zum Ausschalten des zu untersuchenden Gerätes. Damit wurden die Wassermengen, die Temperaturen, die Vakuumhöhen, die Dauer der einzelnen Arbeitsgänge, der Energiebedarf und die Leitfähigkeit bei einer konstanten Umgebungstemperatur gemessen. Die einzelnen Messvorgänge werden im nächsten Kapitel ausführlich beschrieben.

Interpretation der Ergebnisse

Steuerung des Reinigungsautomaten

Der Steuerung eines Reinigungsautomaten kommt grosse Bedeutung zu. Sie bestimmt die Länge der einzelnen Abschnitte des gesamten Waschprogrammes (Vorspülen, Reinigung, Nachspülen), den Zeitpunkt für die Dosierung der Wasser- und Luftmenge und damit die Bildung der mechanischen Turbulenzen (Zapfen) sowie die Regulierung der Temperatur (bei Geräten mit Durchlauferhitzer). Abbildungen 2 bis 4 zeigen am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, den zeitlichen Verlauf der Vakuumhöhe und der Rücklauf-

Tabelle 2: Technische Daten der untersuchten Geräte

Nr.	Typ	Anmelder	Reinigungssystem	Leitungsvariante	Anschlusswert Heizung kW	Preis Fr.
1	ALWA 1600	Alfa Laval	Zirkulation	B, C, D,	10	2050.--
2	ALWA 1700		Zirkulation	A, B, D	10	2550.--
3	ALWA 3000		Zirkulation	B, C, D	10	3670.--
4	ALWA 5000		Zirkulation	A, B, D	15	4900.--
5	BWAC230	Fullwood	Heisswasser	B, C, D	–	4092.--
6	Bauma	Staub	Heisswasser	B, C, D	–	4720.--
7	Loheat LWH200	Nyfarm	Heisswasser	B, C, D	–	3440.--
8	Etscheid 9 kW	Staub	Zirkulation	C	9	3400.--
9	Etscheid 14 kW	Staub	Zirkulation	B, D	15	3800.--
10	Elektrobrain	Aubry	Zirkulation	A, B, C, D	–	1970.--
11	Circomat autotherm 9 kW	Westfalia	Zirkulation	C	9	3880.--
12	Circomat autotherm 12 kW		Zirkulation	B, C, D	12	4080.--
13	Circomat autotherm 15 kW		Zirkulation	B, D	15	4370.--
14	Circomat sinetherm		Zirkulation	C	–	2240.--
15	Turbomat 15 kW	Nyfarm	Zirkulation	B, D	15	4650.--
16	Monovac MA II	Nyfarm	Zirkulation	B, C, D	–	1780.--
17	PW100	Bou Matic	Zirkulation	B, C, D	–	2300.--

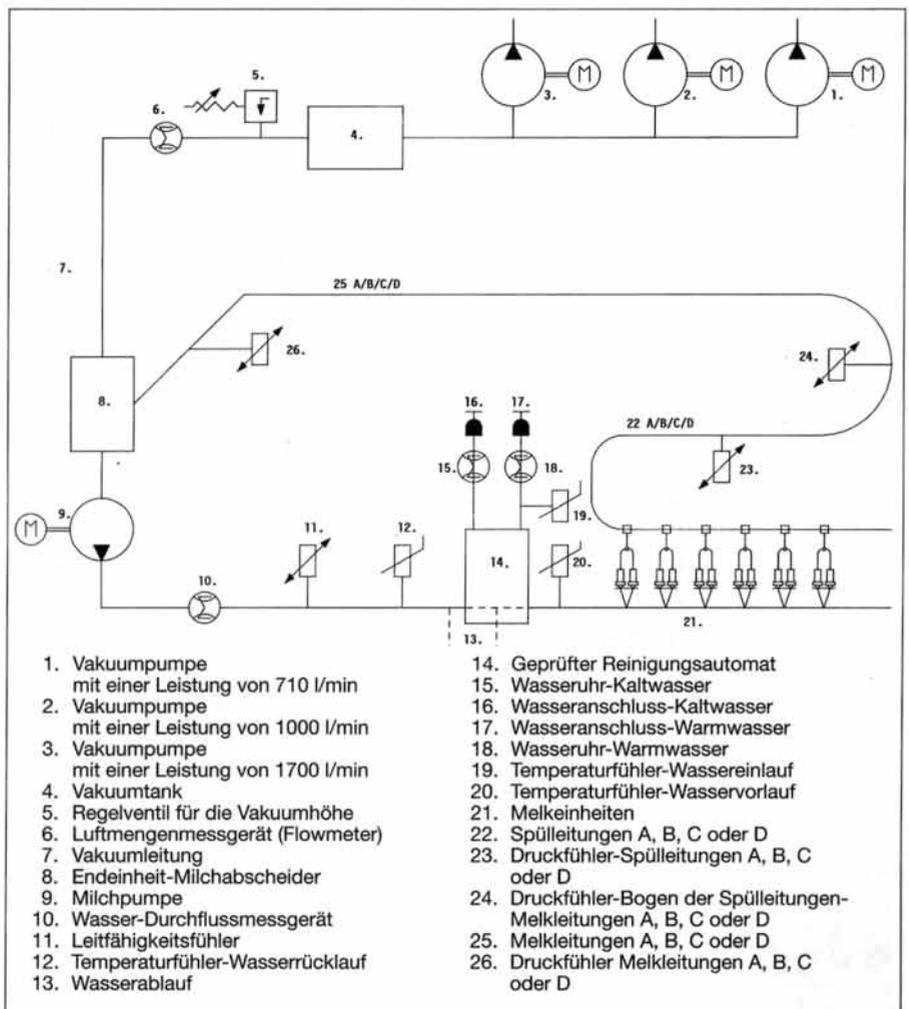
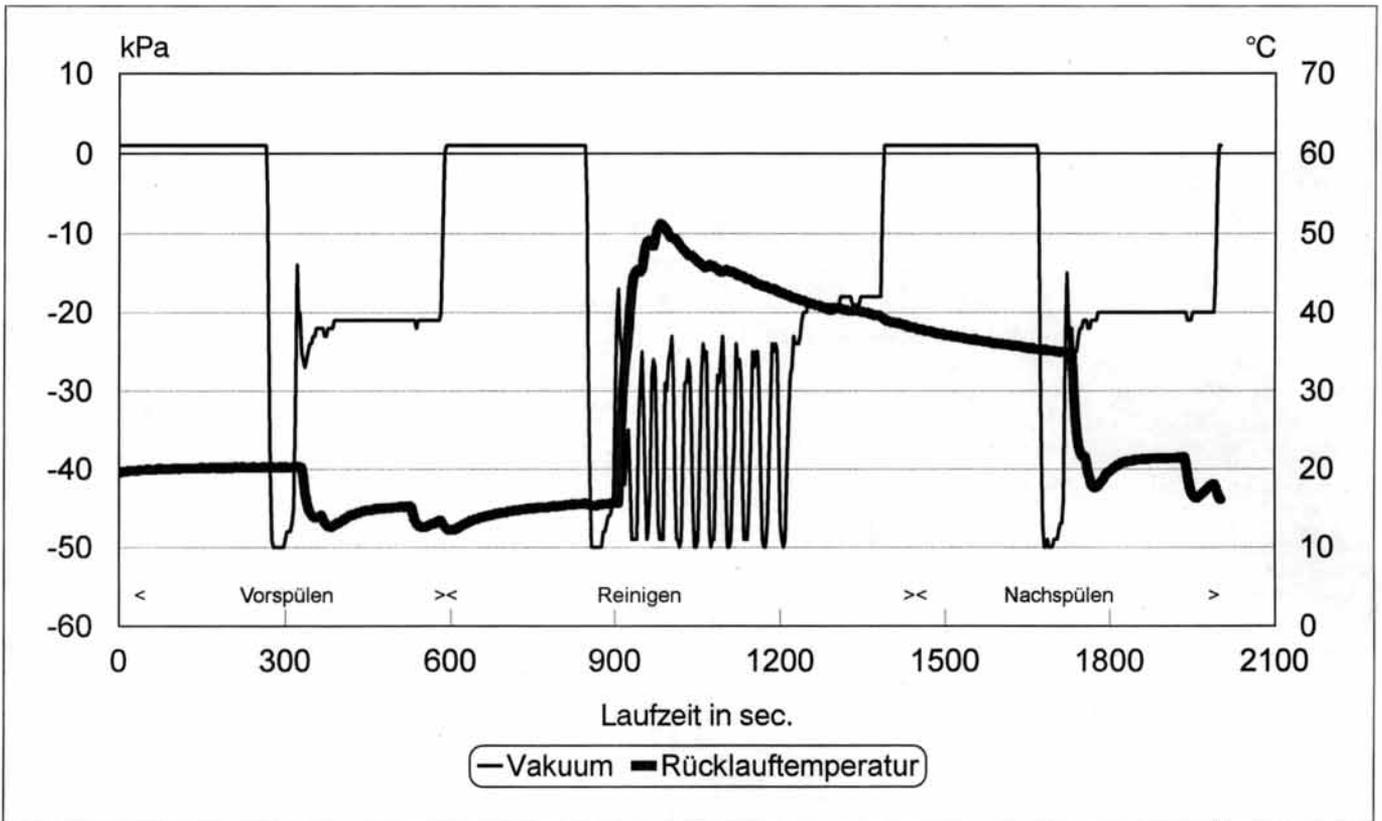
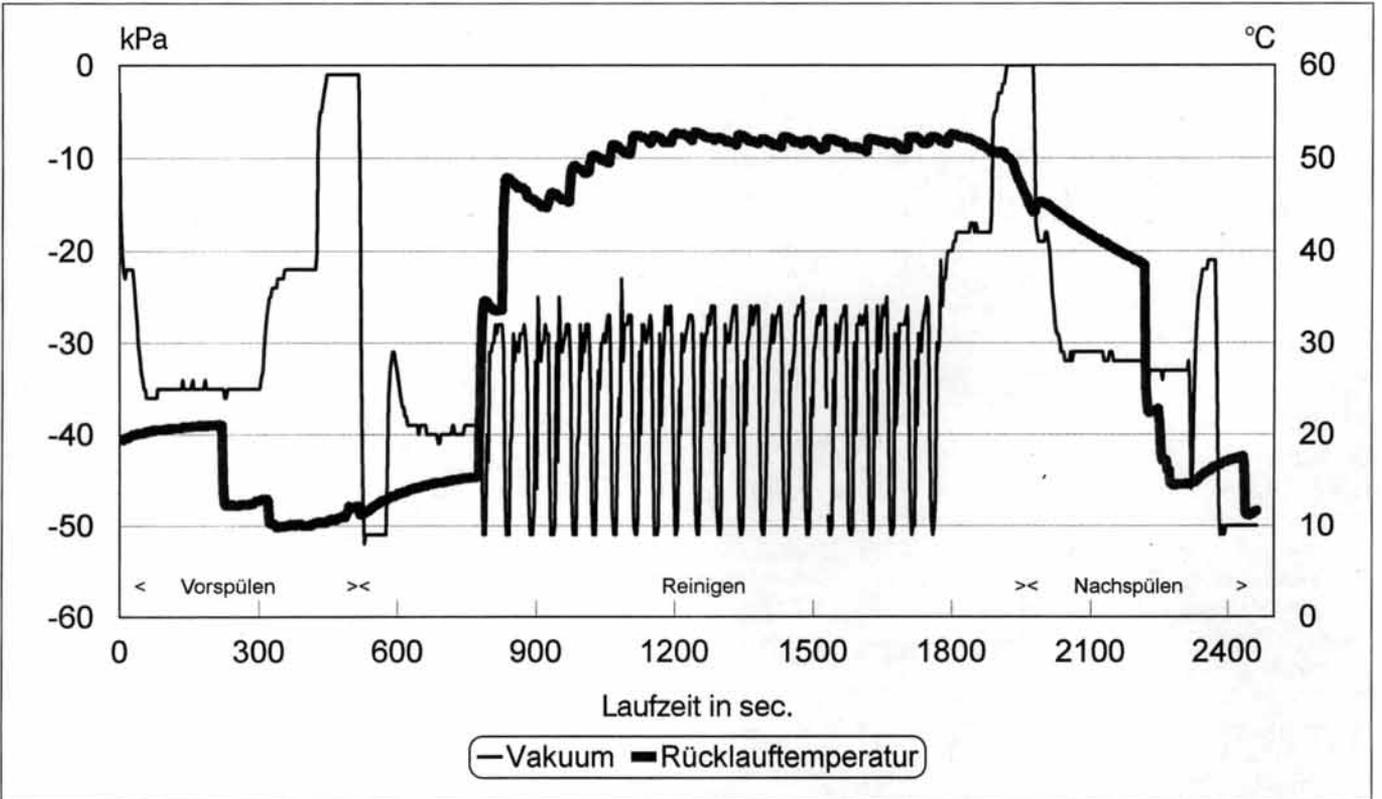


Abb. 1: Schematische Darstellung der Messeinrichtungen.



FAT Im Waschprogramm: Vakuumverlauf und Rücklaufemperatur MONOVAC MA II Ns, Ha 2/94

Abb. 2: Vakuumverlauf und Rücklaufemperatur während des gesamten Waschprogrammes beim Gerät Monovac MA II, Leitung B, Länge 50 m.



FAT Im Waschprogramm: Vakuumverlauf und Rücklaufemperatur CIRCOMAT AUTO THERM 15KW Ns, Ha 2/94

Abb. 3: Vakuumverlauf und Rücklaufemperatur während des gesamten Waschprogrammes beim Gerät Circomat auto-therm 15 kW, Leitung B, Länge 50 m.

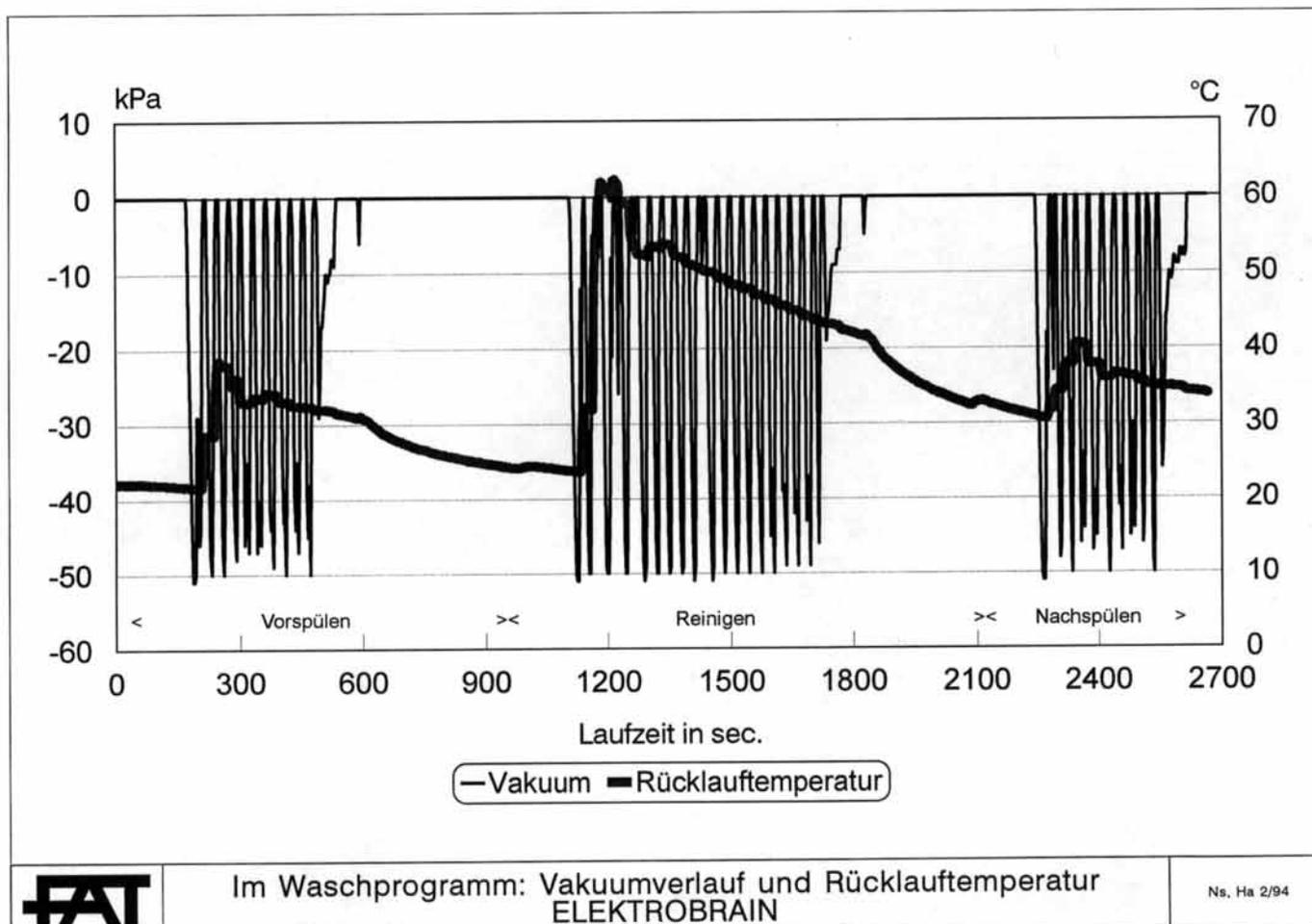


Abb. 4: Vakuumverlauf und Rücklauftemperatur während des gesamten Waschprogrammes beim Gerät Elektrobrain, Leitung B, Länge 50 m.

temperatur während des gesamten Waschprogrammes. Den Abbildungen 2 und 3 ist zu entnehmen, dass es Geräte gibt, die beim Vor- und Nachspülen keine sichtbaren Veränderungen der Vakuumhöhe während mehrerer Minuten vorweisen. Somit läuft die Vakuumpumpe während dieser Zeit nutzlos, und die Reste von Wasser und Reinigungsmittellösung werden nur schwer entfernt. Die Dauer des Vor- und Nachspülens ist nicht allein entscheidend, sondern die mechanischen Turbulenzen, welche die Vakuumdifferenz verursacht.

Laut Abbildung 4 ist es möglich, während des Vor- und Nachspülens mit einer guten Steuerung die gezielten Turbulenzen zu erreichen.

Stromverbrauch

Der Stromverbrauch während des gesamten Waschprogrammes wird einer-

seits durch die Laufzeiten der Vakuumpumpe und andererseits durch die Warmwasseraufbereitung mittels des Boilers und des Durchlauferhitzers bestimmt. Der Stromverbrauch ist am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, in der Abbildung 5 dargestellt. Die Abbildung 5 zeigt, dass zwischen den einzelnen Geräten recht grosse Unterschiede vorliegen (3,4 kWh beim Gerät Nr. 16 gegenüber von 8,9 kWh beim Gerät Nr. 6). Im weiteren kann man feststellen, dass die Heisswassergeräte mehr Strom verbrauchen als diejenigen mit Zirkulationssystem.

Wasserverbrauch

Für das Waschen der Melkanlagen wird sowohl Kalt- als auch Warmwasser benötigt. Das Kaltwasser braucht man hauptsächlich für das Vor- und Nachspülen. Einzig das Gerät Nr. 15 verwendet Kaltwasser auch für die Reini-

gung. Das «Merkblatt für die Reinigung und Entkeimung von Rohrmelkanlagen» (FAM, Liebefeld) verlangt nicht nur die Reinigung, sondern auch das Vorspülen mit Warmwasser. Die Geräte Nr. 8, 9, 11, 12, 13, 15 und 16 verwenden für das Vorspülen kein Warmwasser. Zwei Geräte (Nr. 10 und 17) brauchen auch für das Nachspülen Warmwasser. Bei den Heisswassergeräten (Nr. 5, 6 und 7) erfolgen sowohl das Vorspülen als auch die Reinigung und das Nachspülen mit Warmwasser. Der totale Wasserverbrauch pro Waschgang ist grafisch am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, der Abbildung 5 zu entnehmen. Die Abbildung 5 bringt zum Ausdruck, dass für die Reinigung der gleichen Leitungslänge der Wasserverbrauch pro Waschgang je nach Gerät zwischen 78 l und 151 l liegt.

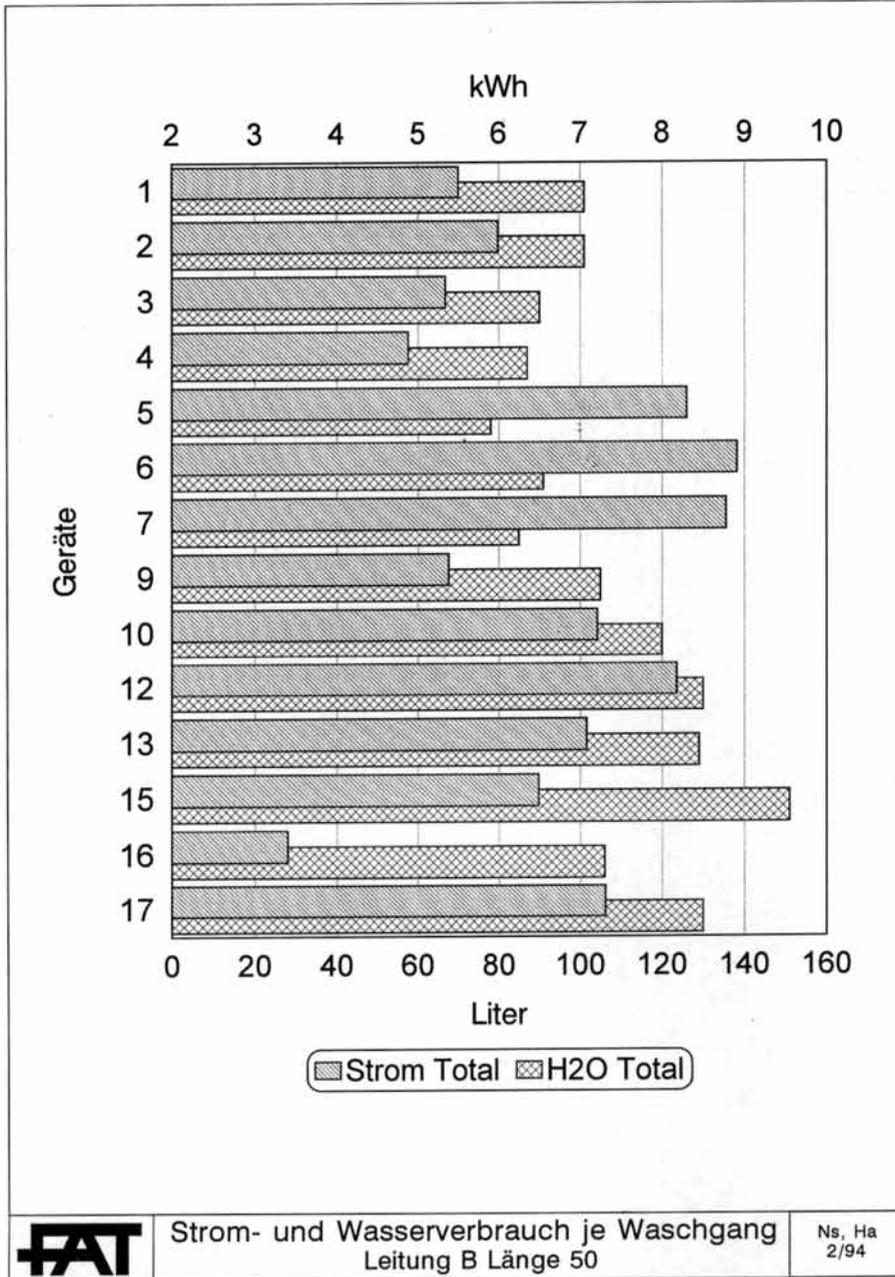


Abb. 5: Strom und Wasserverbrauch je Waschgang, Leitung B, Länge 50 m.

Rücklauftemperatur

Damit das Reinigungsmittel die Milchlagerungen wirksam lösen kann, verlangen die milchwirtschaftlichen Kreise (FAM) eine Wasser-Rücklauftemperatur beim Zirkulationssystem von 50° C und bei Heisswassergeräten von 75° C während der letzten drei Minuten. Am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, ist in der Abbildung 3 ein guter, in der Abbildung 4 ein akzeptabler und in der Abbildung 2 ein ungenügender Verlauf der Rücklauftemperatur sichtbar.

Die geforderte Rücklauftemperatur kann durch die Steuerung der Warmwassermenge bzw. des Durchlauferhitzers erreicht werden.

Die Mechanik der Reinigung

Die Mechanik der Reinigung wird durch die Anzahl Zapfen, die zirkulierende Wassermenge, die Wassermenge pro Zapfen, die Vakuumdifferenzen und die Vakuumhöhen bestimmt.

Anzahl Zapfen

Während der Reinigung können sich verschiedene Arten von Zapfen bilden, die sich unterschiedlich auf den Reinigungseffekt auswirken. Es kommen lange und kurze, schnelle und langsame Zapfen vor. Für die Bildung der Zapfenart sind die Vakuumdifferenzen und die Vakuumhöhen massgebend. In unseren Auswertungen haben wir einen Zapfen bestimmt, wenn die Vakuumabsenkung von 50 kPa auf weniger als 35 kPa erfolgte und anschliessend der Vakuumaufbau mindestens 40 kPa erreichte.

Die Heisswassergeräte brachten in diesem Systemvergleich weniger Zapfen pro Waschgang als die Geräte mit Zirkulationssystem. Die gewünschte Anzahl Zapfen kann einerseits durch gezielte Steuerung während der optimalen Waschzeit von zirka zehn Minuten oder durch lange Waschzeit erreicht werden.

Unabhängig von der Leitungsvariante erreichen die Heisswassergeräte 1 bis 13 und die Geräte mit Zirkulationssystem 9 bis 34 Zapfen pro zehn Minuten. Die mittlere Anzahl von allen Geräten liegt bei zirka 15 Zapfen pro zehn Minuten. Am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, ist in der Abbildung 4 eine sehr gute, in der Abbildung 3 eine gute und in der Abbildung 2 eine schwache Zapfenbildung dargestellt.

Vakuumdifferenzen und Vakuumhöhen

Um die gewünschte Bildung und Beschleunigung der Wasserzapfen im Leitungssystem zu erreichen, sind möglichst grosse Vakuumdifferenzen und grosse Anteile sowohl am hohen als auch am niedrigen Vakuum erforderlich.

In Abbildung 6 ist der prozentuale Anteil der Vakuumdifferenzen, die grösser als 10 kPa sind, am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, dargestellt. Einen Anteil an Vakuumdifferenzen, die grösser als 10 kPa sind, von mehr als 30% haben nur die Geräte Nr. 10 und 17 erreicht.

In Abbildung 7 ist der prozentuale Anteil der Vakuumhöhen, die grösser als 40 kPa und derjenigen, die kleiner als 20 kPa sind, am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m, dargestellt. Als gut kann man die prozentualen Anteile beurteilen, die ein Verhältnis von 50 zu 50%

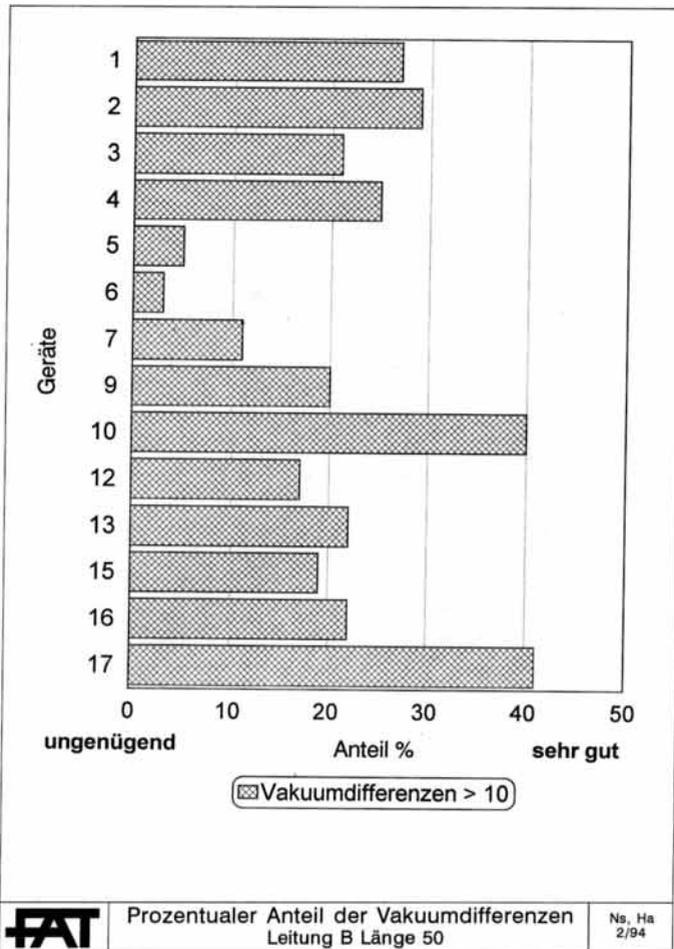


Abb. 6: Prozentualer Anteil der Vakuumdifferenzen, Leitung B, Länge 50 m.

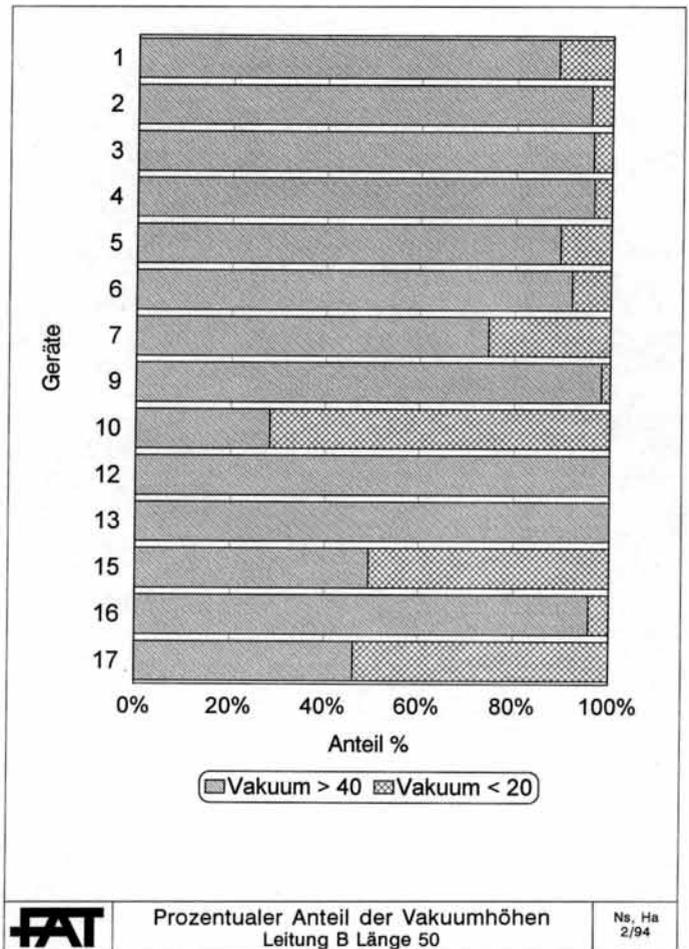


Abb. 7: Prozentualer Anteil der Vakuums Höhen, Leitung B, Länge 50 m.

Tabelle 3: Bewertung der wichtigsten Kriterien bei einzelnen Geräten (am Beispiel der Leitung B, Länge 50 m)

Nr.	Typ	Stromverbrauch	Wasserverbrauch	Rücklauf-temperatur	Anzahl Zapfen	Vakuumdifferenzen	
						> 10 kPa	> 40 kPa < 20 kPa
1	ALWA 1600	**	**	*** 1)	***	**	*
2	ALWA 1700	**	**	*** 1)	***	**	*
3	ALWA 3000	**	***	* 1)	***	**	*
4	ALWA 5000	***	***	** 1)	***	**	*
5	BWAC230	*	***	*** 2)	*	*	*
6	Bauma	*	***	* 2)	*	*	*
7	Loheat LWH200	*	***	* 2)	*	*	**
9	Etscheid 14 kW	**	**	*** 1)	**	**	*
10	Elektrobrain	**	**	** 1)	**	***	**
12	Circomat autotherm 12 kW	*	**	*** 1)	**	*	*
13	Circomat autotherm 15 kW	**	**	*** 1)	**	**	*
15	Turbomat 15 kW	**	*	** 1)	*	*	***
16	Monovac MA II	***	**	* 1)	**	**	*
17	PW100	**	**	* 1)	***	***	***
Bewertungsskala		* hoch; ** mittel; *** tief		* ungenügend; ** genügend; *** gut			

1) Bei Zirkulationssystem 50 °C; 2) Bei Heisswassersystem 75 °C

bis 60 zu 40% ausweisen. Als ungenügend ist das Verhältnis von 80 zu 20% (oder auch 20 zu 80%) und mehr zu betrachten. Anhand unserer Untersuchungen ist der prozentuale Anteil der obengenannten Vakuumhöhen am Beispiel der Leitung B, Länge 50 cm, bei den Geräten Nr. 15 und 17 als gut, bei den Geräten Nr. 7 und 10 als genügend und bei den übrigen Geräten als ungenügend zu beurteilen.

Die Vakuumdifferenzen und Vakuumhöhen sind auch in den Abbildungen 2 bis 4 sichtbar. Aufgrund dieser Bilder kann man sie in Zusammenhang mit der Steuerung und damit dem Waschprogramm jedes einzelnen Gerätes beurteilen.

In Tabelle 3 ist die Bewertung der wichtigsten Beurteilungskriterien in einer Übersicht dargestellt. Sie soll einen groben Vergleich unter den einzelnen Geräten ermöglichen.

Schlussfolgerungen

Aufgrund unserer Untersuchungen sind durch eine gezielte Steuerung und Einstellung der Geräte folgende Verbesserungen anzustreben:

- Um die Entleerung der Leitungen von Wasserresten in den Abschnitten Vor- und Nachspülen zu erreichen, sind mittels eines Steuerventils Vakuumdifferenzen zu erzeugen.
- Die Wasserzapfen sind mittels hohen Vakuumdifferenzen zu bilden.
- Luft- und Wassermenge sind so zu dosieren, dass in der gesamten Leitungslänge möglichst nur ein Wasserzapfen im Umlauf ist.
- Der Anteil von niedrigen (< 20 kPa) und hohem Vakuum (> 40 kPa) ist

während der mechanischen Waschzeit in einem Verhältnis von 50 zu 50% bis 70 zu 30% zu halten.

- Der Anteil der Vakuumdifferenzen, die grösser als 10 kPa sind, soll im Bereich von 30% und mehr liegen.
 - Eine mechanische Waschzeit von zehn Minuten ist im Abschnitt der Reinigung zu erreichen.
 - Die Warmwassermenge bzw. der Durchlauferhitzer ist gezielt zu steuern, um die geforderte Rücklauftemperatur zu erreichen.
- Diese Verbesserungen werden helfen, den gewünschten Reinigungseffekt zu erreichen.

* * *

Ein Detail-Bericht über die Untersuchungen «Reinigungssysteme für Rohrmelkanlagen im Vergleich» ist an der FAT, Bibliothek, CH-8356 Tänikon, erhältlich.