

# **Untersuchungen zum Einsatz von Frequenzumrichtern bei Vakuumpumpen in der Milchgewinnung**

**Dr. Michael Hubal, LWK Niedersachsen**

## **Einleitung und Zielsetzung**

Seit einigen Jahren werden bei Vakuumpumpen, die in Melkanlagen installiert sind, sogenannte Frequenzumrichter eingesetzt. Diese übernehmen an Stelle des Vakuumventils die Regelung des Vakuums mittels Veränderung der Förderleistung der Vakuumpumpe. Dies wird erreicht, indem über einen elektronischen Vakuumsensor im Leitungssystem die Vakuumhöhe ermittelt wird und über Abweichungen vom Nennvakuum der Frequenzumrichter die Drehzahl des elektrischen Antriebsmotors der Vakuumpumpe steuert. Wird das Nennvakuum überschritten, so wird die Förderleistung reduziert und bei Abfall des Vakuums wird sie erhöht. Dies führt dazu, dass die Vakuumpumpe immer bedarfsgerecht arbeitet. Bei der herkömmlichen Regelung des Vakuums über ein Regelventil fördert die Vakuumpumpe ständig das Maximum ihrer Leistung, wobei die Nennvakuumhöhe über den Einlass atmosphärischer Luft erreicht wird. Folglich wird, ausgegangen von der maximal benötigten Leistung, diese auch immer produziert. Die Stromaufnahme beträgt bei solchen Systemen permanent soviel, wie bei maximaler Leistung benötigt wird. Ein Ziel der Untersuchung war, die Differenz im Energieverbrauch dieser beiden Systeme herauszustellen.

Ein weiterer Aspekt bezüglich dieser beiden Systeme ist die Geräusentwicklung und somit auch die Belastung von Mensch und Tier mit Lärm. Während bei Vakuumpumpen mit Frequenzumrichter zum einen die Vakuumpumpe selbst mit geringerer Drehzahl arbeitet als ohne diese Einrichtung, so reduziert sich zusätzlich der Geräuschpegel durch die weniger oder gar nicht auftretenden Strömungsgeräusche des Regelventils. Die Unterschiede in der Lärmbelastung zwischen den Betrieben und zwischen den beiden Systemen festzustellen, war ein weiteres Ziel der Studie.

## **Material und Methoden**

Für die Studie wurden fünf unterschiedliche Milchviehbetriebe mit drei unterschiedlichen Fabrikaten von Melkanlagen ausgewählt. Um ein möglichst breites Spektrum an Einsatzbedingungen widerzuspiegeln, wurden unterschiedlich große Bestände mit unterschiedlichen Melkanlagen untersucht.

Auch das Verhältnis Melkzeit zu Reinigungszeit war dadurch sehr unterschiedlich. Da die Reinigung von Melkanlagen oft einen höheren Luftbedarf erfordert als das Melken, wirkt sich der Anteil der Reinigungszeit an der gesamten Melkzeit auf das Einsparpotential durch eine Frequenzregelung aus. Die Struktur der Betriebe, die technische Ausstattung sowie die Untersuchungsdauer sind in Tabelle 1 dargestellt.

Betrieb Nr.	Anzahl Kühe	Anzahl Melkeinheiten	Leistung der Vakuumpumpe		Anzahl untersuchter Zyklen
			Liter / min.	kW	
1	260	20	2 700	7,5	4
2	90	20	2 100	5,5	28
3	90	16	2 100	5,5	28
4	220	28	3 200	7,5	27
5	215	28	2 000	6,6	16

Tabelle 1: Struktur der Betriebe, der Melkanlagen und erfasste Zyklen

#### 1 Messung des Energieverbrauchs

Für die Messung des Energieverbrauchs kam ein handelsüblicher Zähler zum Einsatz, wie er auch von Energieversorgungsunternehmen zur Ermittlung des Stromverbrauchs eingesetzt wird. Dieser wurde unmittelbar in die Zuleitung zur Vakuumpumpe von einem Elektrofachbetrieb eingebaut. Der Zählerstand wurde notiert und die Melkanlagen 2 bis 14 Melkzeiten inkl. Reinigungsvorgang mit Frequenzumrichter betrieben. Anschließend wurde erneut der Zählerstand notiert. Danach wurden die Anlagen mit der Nennleistung der Vakuumpumpen betrieben, unter Verwendung der Regelung des Vakuums mittels Regelventil. Dies geschah wiederum bei 2 bis 14 Melkzeiten inkl. Reinigungsvorgang. Der Zählerstand wurde erneut erfasst.

#### 2 Messung der Geräuschbelastung

Die Geräuschbelastung wurde mit einem Schallpegelmeter (PCE-322 A, PCE Instruments, D-59872 Meschede) aus einem Abstand von ca. 1 – 1,5 m zur Vakuumpumpe für je zehn Sekunden festgehalten, für die drei Betriebszustände:

- A Vakuumpumpe in Betrieb mit Frequenzumrichter, keine Melkeinheit in Betrieb
- B Vakuumpumpe in Betrieb mit Frequenzumrichter, alle Melkeinheiten in Betrieb
- C Vakuumpumpe auf Nennleistung, Vakuumregelung über Regelventil

Die Daten wurden ausschließlich im Maschinenraum erhoben.

## Ergebnisse und Diskussion

### 1 Energieverbrauch

Die Auswertung der Studie an fünf Betrieben ergab, dass Energieeinsparungen von 53 bis 72 %, ausgegangen vom Verbrauch bei Betrieb mit Regelventil, möglich sind. Dies deckt sich zwar nicht ganz mit den Aussagen der Hersteller, die bis zu 80 % Einsparpotenzial angeben, die Tendenz zur erheblichen Energieeinsparung hat sich jedoch deutlich gezeigt.

Betrieb	Energieverbrauch in kWh ohne FU h	Energieverbrauch in kWh mit FU	Differenz in %
1	31,15	8,85	72
2	8,01	3,80	53
3	12,21	4,65	62
4	21,09	7,35	65
5	17,01	6,16	64

Tabelle 2: Energieverbrauch je Melkzeit inkl. Reinigung, mit und ohne FU (Frequenzumrichter)

Setzt man nun durchschnittliche Energiekosten von 0,20 € und eine Milchleistung von 8 800 kg / Jahr an, ergeben sich in den untersuchten Betrieben Einsparmöglichkeiten von 615 € bis 3.256 € jährlich, bzw. 0,08 bis 0,14 ct je kg erzeugter Milch.

Geht man von einem Mehrpreis durch einen Frequenzumrichter bei einer Neuanlage von 2.500 € bzw. von 3.500 € bei einer Nachrüstung aus, so ergeben sich Amortisationszeiten für die untersuchten Betriebe von zehn Monaten bis zu 5,7 Jahren (Tabelle 3).

Betrieb Nr.	Einsparung €	ct je kg Milch	Amortisationszeit in Jahren	
			bei 2.500 €	bei 3.500 € Investition
1	3.256	0,14	0,8	1,1
2	615	0,08	4,1	5,7
3	1.104	0,14	2,3	3,2
4	2.006	0,10	1,3	1,7
5	1.584	0,08	1,6	2,2

Tabelle 3: Einsparung von Energiekosten und Amortisationszeiten durch den Einsatz von Frequenzumrichtern bei der Vakuumerzeugung

## 2 Geräuschbelastung

Da der Geräuschpegel messtechnisch als Schalldruckpegel festgehalten wird, zeigt er den Druck von Schallwellen an, der jedoch nicht uneingeschränkt auf die vom Menschen oder Tier wahrgenommene Empfindung übertragbar ist. Sowohl die Frequenz des Geräusches als auch die Dauer beeinflussen die Empfindung von Geräuschen.

Ebenso spielt die Höhe des Ausgangspegels eine Rolle, über die die auftretenden Schallereignisse hinausgehen. Je höher der Ausgangspegel, desto empfindlicher wird eine Erhöhung des Schalldrucks wahrgenommen. Als Faustformel gilt, dass eine Erhöhung um 10 dB etwa als eine Verdoppelung der Lautstärke wahrgenommen wird.

Da die Daten ausschließlich im Maschinenraum erhoben wurden, können keine Rückschlüsse auf den Geräuschpegel im Melkstand, also im Arbeitsbereich der Melker bzw. der Kühe gezogen werden. Der Geräuschpegel im Melkstand ist stark beeinflusst von der verwendeten Melktechnik, dem Melkstandgerüst, Umgebungsgeräuschen sowie der Lage des Maschinenraums.

Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein geringerer Geräuschpegel der Vakuumerzeugung und –Regelung die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass weniger oder gar keine Geräusche davon im Melkstand wahrgenommen werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass es Unterschiede in der Geräuschentwicklung durch die Vakuumerzeugung zwischen den Betrieben gibt, sowohl mit als auch ohne Frequenzumrichter. Sicherlich spielen dabei die akustische Umgebung (Wände, Raumgröße, im Raum stehende Einrichtungen und Gegenstände etc.), Vakuumpumpenfabrikat, eingestellte Mindestdrehzahl, Höchstdrehzahl und Bauart des Regelventils (Strömungsgeräusche) eine Rolle.

Deutlich erkennbar ist jedoch, dass der Geräuschpegel bei Betrieb aller Melkeinheiten bei Verwendung einer Frequenzregelung in drei von fünf Fällen weniger als halb so laut war wie bei Betrieb unter Nennleistung mit Regelung über Regelventil. Bei einem Betrieb lag die Minderung um knapp die Hälfte der Lautstärke, in einem anderen Betrieb lag sie bei „nur“ 3,2 dB, da die Pumpe bei Nennleistung ungewöhnlich leise war.

Betrieb	Alle Melkeinheiten aus mit Frequenzumrichter	Alle Melkeinheiten an mit Frequenzumrichter	Bei Nennleistung mit Regelventil
1	77	79	91
2	84	84	92
3	79	81	84
4	83	84	94
5	75	80	93

Tabelle 4: Geräuschbelastung durch die Vakuumerzeugung in dB  
 (10 dB Erhöhung = Wahrnehmung der Lautstärke um das Doppelte)

Da aus der Literatur keine Feldstudien zu frequenzgeregelten Vakuumpumpen in der Milcherzeugung bekannt sind, können die ermittelten Werte nicht mit Ergebnissen anderer Autoren verglichen werden.

## Fazit

Im Rahmen dieser Studie konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung des Vakuums in der Milchgewinnung erhebliche Möglichkeiten zur Einsparung von Energie bietet und auch die Geräuschbelastung von Mensch und Tier stark verringern kann.

Je nach Melkzeitdauer und ermolkenener Milchmenge ergaben sich Einsparmöglichkeiten von 0,08 bis 0,14 Cent je kg Milch, was dazu führt, dass sich die Investition in eine Frequenzregelung für die Vakuumpumpe nach weniger als 1 bis 5,5 Jahren amortisiert, bei gleich bleibenden Energiepreisen. Da diese eher steigen, verkürzen sich diese Zeiten noch weiter. Ein Kauf solcher Technik gleich bei Neuanschaffung einer Melkanlage verringert nochmals die Kosten gegenüber einer Nachrüstung.

Da die Geräuschbelastung durch die Frequenzregelung erheblich verringert wird, ist bei günstiger Anordnung des Maschinenraums eine akustische Wahrnehmung der Vakuumpumpe im Melkstand auszuschließen.