

Das Vakuummeter der Melkanlage

E. Flückiger und F. de Martini,
Sektion Technologie

1. Bedeutung

Die Vakuumhöhe und -konstanz haben einen wesentlichen Einfluss auf die Arbeit der Melkmaschine und die Belastung des Euters. Die Zuverlässigkeit der Anzeige des Vakuummeters ist deshalb für die Erzielung guter Melkleistungen und für die Vermeidung von Euterkrankheiten von erstrangiger Bedeutung.

2. Was wird gemessen?

Gemessen wird ein Differenzdruck. Das Vakuummeter zeigt an, um wieviel der Druck an der Messstelle (z. B. in der Vakuumleitung oder im Zitzenbecher) geringer ist als der Druck der umgebenden Atmosphäre (Barometerstand). Zieht man den am Vakuummeter angezeigten Druck von dem am Barometer abgelesenen ab, so erhält man den absoluten Druck.

Beispiel:

Stand des Barometers: 720 mm Hg

Anzeige
des Vakuummeters: —380 mm Hg

Druck absolut: 340 mm Hg

3. Gebräuchliche Druckeinheiten

Auf Vakuummetern für Melkanlagen sind am häufigsten folgende 3 Druckeinheiten anzutreffen:

cm Hg = Zentimeter Quecksilbersäule

kp/cm² = Kilopond pro Quadratzen-
timeter (identisch mit kg/cm²)

inch Hg = Zoll (2,54 cm) Quecksil-
bersäule.

Die zahlenmässigen Beziehungen zwischen diesen Einheiten gehen aus nachstehender Tabelle hervor:

Druckeinheit	kp/cm ²	cm Hg	inch Hg
1 kp/cm ²	1,00	73,55	28,96
0,5 kp/cm ²	0,50	36,77	14,48
0,01 kp/cm ²	0,01	0,74	0,29
76 cm Hg	1,033	76	29,92
38 cm Hg	0,516	38	14,96
1 cm Hg	0,0136	1	0,39
30 inch Hg	1,036	76,2	30
15 inch Hg	0,518	38,1	15
1 inch Hg	0,035	2,54	1

1 at (technische Atmosphäre) ent-
spricht 1 kp/cm²

1 atm (physikalische Atmosphäre)
entspricht 76 cm Hg

Ueber die Beziehungen dieser Ein-
heiten zu den SI-Einheiten (Système
International d'Unités) Pascal (Pa),
Newton (N/m²) und Bar (bar) ori-
entiert ein spezielles Merkblatt, das
auch ausführlichere Umrechnungst-
abellen enthält.

4. Vakuummetertypen

Nach dem Wirkungsprinzip lassen
sich die Vakuummeter in 4 Haupt-
gruppen einteilen:

- Flüssigkeits-Vakuummeter
- Kolben-Vakuummeter
- federelastische Vakuummeter
- elektrische Vakuummeter.

Wegen ihrer grossen Zuverlässig-
keit und Genauigkeit werden im La-
bor meistens Flüssigkeits-Vakuum-
meter (Quecksilbervakuummeter)
verwendet. Bei Melkanlagen bedient
man sich praktisch nur federelasti-

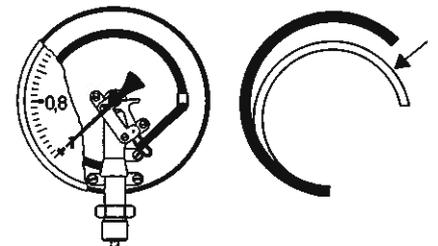
scher Vakuummeter, weil sie bei ge-
ringerer Grösse einen breiteren
Messbereich aufweisen und einfa-
cher zu handhaben sind.

Die federelastischen Vakuummeter
werden nach der Art des elastischen
Messgliedes in verschiedene Gerä-
tetypen unterteilt. Am verbreitetsten
sind Geräte mit einer Rohr- oder mit
einer Plattenfeder als elastischem
Messglied. Rohrfedervakuummeter
sind im allgemeinen genauer als
Plattenfedervakuummeter. Dafür sind
letztere unempfindlicher gegen Vi-
brationen und Korrosionen.

Für Melkanlagen werden praktisch
nur Rohrfedervakuummeter, die auch
unter der Bezeichnung Bourdonva-
kuummeter bekannt sind, verwendet.

4.1 Bau und Arbeitsweise der Federrohrvakuummeter

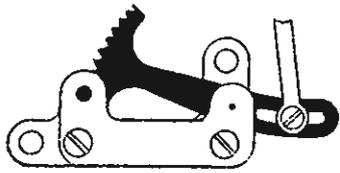
Eine elastische, kreisförmige Rohrfeder
von unrundem Querschnitt ist
mit dem Anschlussstutzen des Gerä-



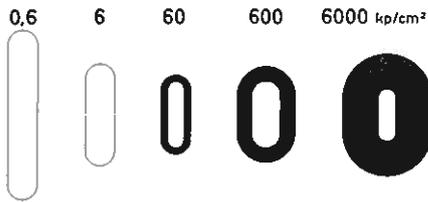
Rohrfeder-
Vakuummeter

Elastisches Messglied
(Rohrfeder)

tes verlötet oder verschweisst. Das
zu messende Druckmedium gelangt
durch die Bohrung des Anschluss-
stutzens in den Innenraum der am
Ende verschlossenen Rohrfeder
(Bourdonfeder). Bei Druckabnahme
nimmt die Krümmung der Feder li-
near zu (Bourdoneffekt). Die Bewe-



Zeigerantrieb
 gung, die das freie Federende dabei ausführt, ist proportional dem Druck. Zur besseren Ablesung wird diese Bewegung über eine Zugstange und ein Zahnsegment auf ein Zeigerwerk übertragen. Der herrschende Druck kann auf einer entsprechend geteilten Skala abgelesen werden. Das



Querschnitt und Messbereich von Rohrfedern

ganze Messwerk ist zum Schutz vor Beschädigungen in ein robustes Metallgehäuse eingebaut.

5. Fehlergrenzen

Die Vakuummeter werden nach ihrer Genauigkeit in Klassen eingeteilt. Die Klassenbezeichnung gibt zugleich den zulässigen prozentualen Fehler des Gerätes, bezogen auf den Skalenendwert, an.

Grundsätzlich wird zwischen der Verkehrs- und der Eichfehlergrenze unterschieden. Die Verkehrsfehlergrenze ist der grösste zulässige Anzeigefehler von in Betrieb befindlichen Geräten bei Nennbedingungen (siehe weiter unten). Die Eichfehlergrenze ist der maximale, bei erster Inbetriebnahme oder nach einer Neueichung unter Nennbedingungen zulässige Fehler.

Für Vakuummeter sind folgende Genauigkeitsklassen vorgesehen:

Klasse (Kl.)	Maximal zulässige Fehler in Prozent	
	Geräte in Gebrauch (Verkehrsfehlergrenze)	Geräte neu geeicht (Eichfehlergrenze)
Kl. 0,6	±0,6	±0,5
Kl. 1,0	±1,0	±0,8
Kl. 1,6	±1,6	±1,3
Kl. 2,5	±2,5	±2,0
Kl. 4,0	±4,0	±3,0

Die genannten Fehlergrenzen gelten grundsätzlich für jede Stelle des Anzeigebereiches des Gerätes, jedoch

nur bei einer Bezugstemperatur von 20° C. Vom Nullstrich darf der Zeiger nur innerhalb der Grenzen, die dem maximal zulässigen Fehler entsprechen, abweichen. Soll sich der Zeiger frei auf den wirklichen Nullpunkt einspielen können, so darf seine Bewegung nach unten nicht durch einen Anschlag begrenzt sein (schwebender Nullpunkt).

Die Differenz zwischen der Anzeige des Gerätes im Rückwärts- und Vorwärtsgang (Rückwärtsgang minus Vorwärtsgang) darf bei einem bestimmten Messpunkt nicht negativ sein.

5.1 Temperatureinfluss

Vakuummeter werden normalerweise bei einer Bezugstemperatur von +20° C geeicht. Abweichende Mess Temperaturen ergeben Fehler. Rohrfedervakuummeter sind mittel-, Plattenfedervakuummeter hoch temperaturempfindlich. Zur Korrektur gibt es komplizierte Formeln, die zahlreiche Faktoren berücksichtigen. Grössenordnungsmässig ist bei 10° C Abweichung von der Bezugstemperatur nach oben mit einem Plusfehler von 0,3% und bei der gleichen Abweichung nach unten mit einem Minusfehler von 0,3% (bezogen auf den Skalenendwert) zu rechnen. Die Temperaturempfindlichkeit spricht neben anderen Gründen für die Installation des Vakuummeters im Stall.

5.2 Lageempfindlichkeit

Vakuummeter sind lageempfindlich. Die Normallage ist die Senkrechte. Nichtbeachtung der Lageempfindlichkeit führt zu erheblichen Messfehlern. Von der Norm abweichende Lagen müssen auf dem Zifferblatt durch ein Lagezeichen vermerkt werden.

5.3 Normalbedingungen

Als Normalbedingungen gelten folgende Voraussetzungen für die Anwendung der Geräte:

Die Betriebsstellung des Gerätes ist jene, bei der sich das Zifferblatt in vertikaler Position befindet.

Die Bezugstemperatur des Gerätes und der umgebenden Luft beträgt 20° C. Die durch Messungen bei anderen Temperaturen hervorgerufenen Fehler sollen 1/4 des Verkehrsfehlers nicht überschreiten.

Die Druckänderung soll langsam und stetig sein, so dass Trägheitskräfte weitgehend ausgeschaltet sind.

Schwingungen und Stösse dürfen keine Zeigerausschläge hervorrufen, die grösser sind als 1/10 des kleinsten Teilabschnittes der Skala.

5.4 Nennbedingungen

Nennbedingungen sind spezielle Bedingungen, die die Normalbedingungen ergänzen oder ersetzen. Sie sind auf dem Zifferblatt besonders zu vermerken.

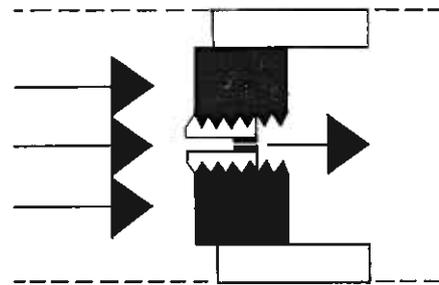
5.5 Belastbarkeit

Vakuummeter mit dem Anzeigebereich von 0—1 kp/cm² sind bis zum Skalenendwert belastbar. Der Verwendungsbereich deckt sich also mit dem Anzeigebereich, was für Ueberdruckmessgeräte normalerweise nicht zutrifft.

6. Messung schneller Vakuumschwankungen

(z. B. Pulsatorkontrolle)

Starke Vakuumschwankungen erschweren die Ablesung eines Messwertes und beeinträchtigen zudem die Lebensdauer des Messwerkes.



Drossel/Schraube

Dagegen gibt es folgenden Schutz:

- Drosselschraube im Eintrittsstutzen (siehe Abbildung)
- Glycerin bzw. Glycerin-Wasserfüllung des Gehäuses.

7. Ableseeinrichtung

7.1 Zeiger

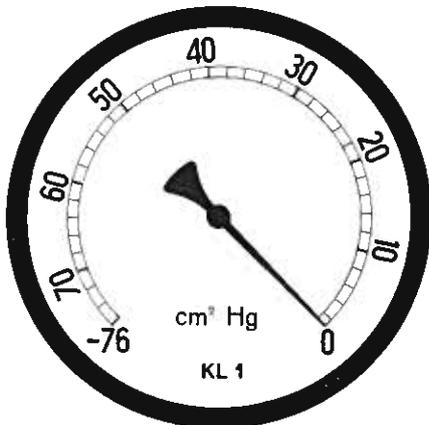
Die Spitze des Zeigers soll 1/3—2/3 der Länge des kürzesten Teilstriches bedecken. Sie soll die Form eines gleichschenkligen Dreiecks haben, dessen Grundlinie nicht breiter ist als der breiteste Teilstrich. Für Geräte der Klasse 0,6 muss das Ende des Zeigers die Form einer Schneide haben.

7.2 Teilung

Der Teilstrichabstand soll gleichmässig und nicht kleiner als 1,5 mm sein, die Teilstrichbreite aber nicht grösser als 1/5 des Teilstrichabstandes.

Das Zifferblatt muss im übrigen fest mit dem Träger des Messwerkes verbunden sein.

8. Empfehlungen für Betriebsvakuummeter

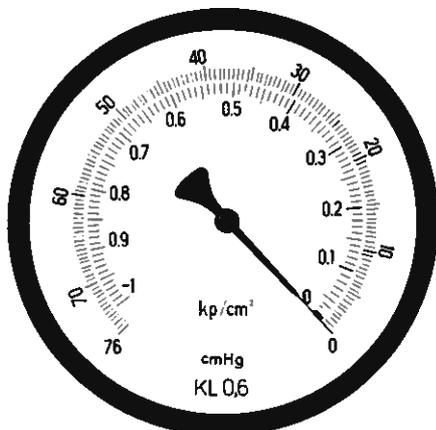


- Als Betriebsvakuummeter gelten die normalerweise fest installierten Vakuummeter einer Melkanlage.
- Genauigkeitsklasse: Kl. 1
- Gehäusedurchmesser: 100 mm
- Druckeinheit: cm Hg
- Anzeigebereich: 0 bis —76 cm Hg
- Teilung: 2 cm Hg
- Anzahl Teilstrichabstände: 38
- Markenzeiger (bewegliche Sollwertmarke)
- Nullpunktkorrektor (Berichtigung des Nullpunktes)

Der Markenzeiger soll nur nach Abnahme des Uebersteckringes und die Nullstellvorrichtung nur mit einem Spezialschlüssel verstellbar

sein. Die Schlüssel sind nur an Kontrolleure abzugeben, die über zuverlässige Kontrollvakuummeter verfügen.

9. Empfehlungen für Kontrollvakuummeter



Als Kontrollvakuummeter gelten Geräte, die der Kontrolle der Anzeigegenauigkeit von Betriebsvakuummeter dienen.

- Genauigkeitsklasse: Kl. 0,6
- Gehäusedurchmesser: 160 mm
- Druckeinheiten: kp/cm² und cm Hg
- Anzeigebereiche (Doppelskala): 0 bis —1 kp/cm² und 0 bis —76 cm Hg
- Teilung (Doppelskala): 0,01 kp/cm² und 0,5 cm Hg
- Anzahl Teilstrichabstände: 100 (kp/cm²), 152 (cm Hg)
- Aufhängevorrichtung (abnehmbar)
- Transportkoffer aus Metall mit Innenpolster
- Drosselschraube: ca. 0,6 mm Durchgangsöffnung
- Anschlussstutzen: ca. 14 mm Aussendurchmesser

10. Aufschriften auf Zifferblatt

Folgende Angaben sollten auf dem Zifferblatt stehen:

Klassenzeichen, Masseinheit, Zeichen des Unterdruckes (Minuszeichen vor oder unter Skalenendwert), Herstellerzeichen, Herstellungsnummer und alle Bedingungen, die von den Normalbedingungen abweichen oder diese ergänzen.

11. Montage, Behandlung und Bedienung des Vakuummeters

- Vakuummeter sollen erschütterungsfrei und so montiert werden, dass eine gute Ablesbarkeit so-

wie ein genügender Schutz vor Kälte, Wärme und Feuchtigkeit gewährleistet sind.

- In der Nähe des Betriebsvakuummeters muss ein Prüfanschluss für die Kontrolle des Gerätes vorhanden sein.
- Treten schnelle Vakuumschwankungen auf (z. B. bei Pulsatorkontrollen), so müssen diese durch eine geeignete Drosselvorrichtung in ihrer Wirkung abgeschwächt werden. Druckstöße sind zu vermeiden (z. B. durch eine geeignete Absperrvorrichtung).
- Zur Abdichtung von Vakuummeter-Anschlüssen und Verschrau-

bungen sind geeignete Dichtungen zu verwenden.

- Die Vakuummeter sind, wenn keine andere Lage vorgeschrieben ist, senkrecht und ausserhalb der Luftströmung zu montieren.
- Zwischen Messstelle und Messgerät sind scharfe Krümmungen zu vermeiden.
- Werden Vakuummeter nicht vom Hersteller instandgestellt, so müssen die Kurzbezeichnung «rep» sowie Firma und Sitz des Instandstellers und die beiden letzten Ziffern des Jahres der Instandstellung auf dem Zifferblatt vermerkt werden.

12. Häufigste Fehler

Art des Fehlers	Beschreibung	Ursache
Keine Anzeige	Federrohr undicht Federrohreingang verstopft Zeigerantrieb ausgehängt Frost- und Nässeeinwirkung	Fabrikation, Korrosion Schmutz, Installation Schlag, Stoss, Transport Installation
Fehlanzeige	Zeiger locker Rohrfeder bleibt deformiert Zeiger bewegt sich ruckweise Zeigersprung bei Beklopfen des Gehäuses Zeiger verschoben Anschluss undicht Skala verschmutzt	Vibrationen Ueberdruckbeanspruchung Antriebswerk verharzt Antriebswerk abgenutzt Aufprall auf Anschlagstift Installation Gehäuse undicht, Installation

13. Gültigkeitsdauer von Eichschein

Die Eichung der Vakuummeter mit den Klassezeichen von 2,5 und 4,0 verliert ihre Gültigkeit 2 Jahre und jene der Klassen 0,6, 1,0 und 1,6 1 Jahr nach Ablauf des Kalenderjahres, in dem die letzte Eichung vorgenommen wurde.

Literatur

1. Internationale messtechnische Empfehlungen der Organisation für das gesetzliche Messwesen (Organisation Internationale de Métrologie Légale, O.I.M.L.), 1968/69
2. Druckmessgeräte mit elastischem Messglied DIN 16005
3. Elfte Verordnung zur Aenderung der Eichordnung vom 1. 6. 1967 (Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 103 vom 7. 6. 1967).

Durchsicht des Manuskriptes:
Fa. Hänni / Jegenstorf