

März 1977/52

Herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft  
CH-3097 Liebefeld

Direktor: Prof. B. Blanc

# Funktion und Bau der Melkmaschine in Frage und Antwort

Von Dr. E. Flückiger

## 1. Was bedeuten Funktion und Bau der Melkmaschine?

Funktion bedeutet soviel wie Aufgabe und Arbeit und Bau soviel wie Aufbau oder Konstruktion. Die Aufgabe der Melkmaschine besteht darin, das gute Handmelken in einer Weise zu ersetzen, dass die Milchleistung, Milchqualität und Eutergesundheit nicht beeinträchtigt werden. Zudem soll die Maschine den Melker entlasten und seine Arbeitsproduktivität nach Möglichkeit erhöhen. Die Melkmaschine muss im Sinne dieser Zielsetzung betriebssicher und funktionsgerecht gebaut sein. Das Melkergebnis wird aber nicht allein von den Kenndaten der Melkmaschine bestimmt. Von den vielen Faktoren, die ebenfalls einen Einfluss ausüben, sind die Leistung des Melkers und die Besonderheiten der Tiere die wichtigsten.

## 2. Welches physikalische Prinzip ist allen Melkmethoden gemeinsam?

Alle Methoden haben gemeinsam, dass sie den Strichkanal durch die Anwendung einer pulsierenden Druckdifferenz zwischen der Innen- und Aussenseite des Kanals öffnen.

## 3. Worin unterscheidet sich die Arbeitsweise der Melkmaschine von der des Kalbes und des Handmelkers?

Das Kalb kombiniert Ueber- und Unterdruck, der Handmelker arbeitet nur mit Ueberdruck und die Melkmaschine nur mit Unterdruck. Die Grösse des Kraftaufwandes ist bei Kalb und Handmelker tierspezifisch.

Die Melkmaschine kann sich dagegen der verschiedenen Melkbarkeit der Tiere nicht anpassen. Kalb und Handmelker schnüren die Zitzen während jeder Melkphase an der Basis ab. Beim Maschinenmelken werden in jedem Entlastungstakt etwa 30 Prozent der sich schon in der Zitze befindenden Milch wieder in die Drüsenzisterne zurückbefördert.

## 4. Wie wirken sich diese Unterschiede aus?

Die Zitzenbelastung und die möglichen Verletzungen nehmen bei den drei Methoden zur Erzeugung der nötigen Druckdifferenz verschiedene Formen an. Der Grad des Ausmelkens ist beim Unterdruckmelken mit der Maschine am schlechtesten und die Gefahr von Verletzungen des Strichkanals am grössten.

## 5. Welches sind die Basisbestandteile jeder nach dem vorherrschenden Melksystem arbeitenden Melkanlage?

Zu jeder Melkanlage gehören:

- Einrichtungen für die Uebertragung des Unterdruckes und der Pulsationen auf die Zitze und für die Ableitung der Milch, also Melkzeug und Melkeimer oder Milchleitungen
- Einrichtungen für die Erzeugung der Pulsation, also Pulsatoren
- und Einrichtungen für die Erzeugung, Regelung, Messung und Verteilung des Vakuums, also Vakuumpumpe, Regelventil, Vakuummeter und Vakuumleitung.

Die Anforderungen, denen diese Einrichtungen genügen müssen, sind in den Einheitsrichtlinien für die Kontrolle von Melkanlagen spezifiziert.

## 6. Welche Teile der Melkanlage stehen im Mittelpunkt des Melkvorganges?

Im Mittelpunkt steht das Geschehen in den Melkbechern, den einzigen Teilen der Maschine, die direkt mit dem Euter in Berührung kommen. Die Bedeutung der übrigen Teile ist um so grösser, je stärker sie die Vorgänge im Melkbecher beeinflussen können. Die Teile dienen alle dem Geschehen im Melkbecher. Ein Teil beeinflusst dabei den andern. Die Einzelteile dürfen darum nicht isoliert betrachtet werden.

## 7. Wie ist der pulsierende Zweiraum-Melkbecher aufgebaut?

Der Schotte Alexander Shields schuf 1895 den Pulsator und der Australier Alexander Gillies 1903 den pulsierenden Zweiraum-Melkbecher. Er besteht aus einer Metallhülse und einem Zitzen Gummi mit abdichtendem Kopf. Der in die Hülse eingespannte Gummi teilt den Melkbecher in zwei gasdicht getrennte Räume. Der Innen- oder Zitzenraum ist über den Abflussweg der Milch dauernd mit dem Betriebsvakuum verbunden. Der im Querschnitt ringförmige Aussen- oder Pulsraum wird durch den Pulsator abwechselnd mit dem Betriebsvakuum oder der Aussenluft versorgt. Im Pulsraum herrschen also regelmässig pulsierende Druckwellen, während im Zitzen-

raum ununterbrochen ein mehr oder weniger konstantes Betriebsvakuum besteht.

### 8. Welche Aufgabe hat der Pulsator?

Der Pulsator hat die Aufgabe, die Pulsräume der Melkbecher abwechselnd mit dem Betriebsvakuum oder der Aussenluft zu versorgen. Er steuert das Öffnen und Schliessen der Zitzengummi und damit die Dauer des Saugens und Entlastens. Die Unterbrechung des Saugens dient der Aufrechterhaltung der Blutzirkulation in der Zitze und damit der Melkbereitschaft des Tieres.

### 9. Mit welchen Begriffen wird die Pulsatorfunktion beschrieben?

Die wichtigsten Begriffe sind die Pulszahl, der Pulszyklus, der Saugtakt oder die Saugphase, der Entlastungstakt oder die Entlastungsphase, das Pulsverhältnis und die simultane sowie die alternierende Pulsierung.

### 10. Was bedeuten Pulszyklus und Pulszahl?

Ein Pulszyklus entspricht einer einzelnen Druckwelle im Pulsraum bzw. einem einmaligen Öffnen und Schliessen des Zitzengummis. Der Pulszyklus kann in vier Abschnitte unterteilt werden:

- Evakuierung oder Vakuumanstieg
- Vakuum
- Belüftung oder Vakuumabfall
- Atmosphärendruck

Die Saugphase, in welcher der Zitzengummi sich öffnet und offen ist, besteht aus den Abschnitten Evakuierung (a) und Vakuum (b). Die Dauer der Saugphase, angegeben in Prozent der Dauer des Gesamtzyklus (a+b+c+d), wird als Pulsver-

hältnis bezeichnet. Die Berechnungsformel ist folgende:

$$\text{Pulsverhältnis in \%} = \frac{a+b}{a+b+c+d} \times 100$$

$$\text{Zahlenbeispiel: } \frac{10+50}{10+50+10+30} \times 100 = 60\%$$

Die Entlastungsphase, in welcher der Zitzengummi sich schliesst und geschlossen ist, besteht aus den Abschnitten Belüftung (c) und Atmosphärendruck (d). Die Dauer der Entlastungsphase, angegeben in Prozent der Dauer des Gesamtzyklus, wird wie im obigen Beispiel berechnet. Die Anzahl der Pulszyklen oder Doppelschläge pro Minute entspricht der Pulszahl.

### 11. Was bedeuten simultane und alternierende Pulsierung?

Simultane Pulsierung oder Gleichtaktimpulsierung liegt vor, wenn Saug- und Entlastungsphase in allen Melkbechern gleichzeitig eintreten. Alternierende oder Wechseltaktimpulsierung bedeutet, dass Saug- und Entlastungsphase jeweils nur in der Hälfte der Melkbecher gleichzeitig eintreten, und zwar sind meistens die rechte und linke Euterhälfte gleichgeschaltet.

### 12. Welcher Druck herrscht in den beiden Räumen des Melkbechers während der Saug- und Entlastungsphase?

Während der Saugphase besteht in beiden Räumen annähernd Betriebsvakuum. Der Zitzengummi ist, da keine Kraft auf ihn einwirkt, gestreckt. Der Strichkanal ist offen. In der Entlastungsphase bleibt das Betriebsvakuum im Zitzenraum weiterbestehen, im Pulsraum herrscht aber atmosphärischer Druck. Der Zitzengummi kollabiert unter dem Einfluss der Druckdifferenz. Auf die Zitze

wird dabei ein Druck ausgeübt. Der Strichkanal ist geschlossen.

### 13. Welche Vorgänge spielen sich im Melkbecher nach dem Ansetzen an die Zitze ab?

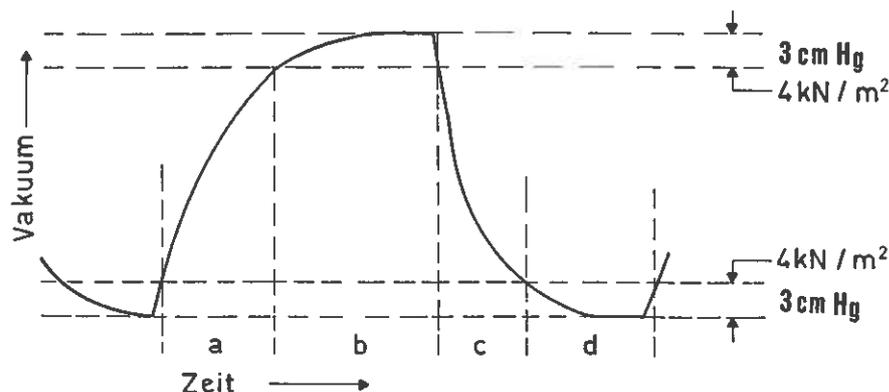
In Stichworten:

- die Zitze wird gedehnt und gestreckt (30—50% der ursprünglichen Länge)
- der relative Ueberdruck in der Zitze steigt
- die Reibungskräfte zwischen Gummi und Zitze sind gross
- die Lage der Zitze im Becher ist deshalb relativ stabil
- bei Nachlassen des Milchflusses fällt die Drüse erst oben, dann unten zusammen
- der Druck in der Zitzenzisterne sinkt
- die Reibungskräfte zwischen Gummi und Zitze nehmen ab
- die Stärke der Zitzenwände nimmt um zirka 50 Prozent zu
- der Kragen des Zitzengummikopfes übernimmt die Haftung des Bechers (Unterdruck im Ringraum des Gummikopfes steigt)
- die Zitze wird tiefer in den Becher gezogen oder der Becher fällt ab
- die Verbindung zwischen Drüsen- und Zitzenzisterne wird unterbrochen
- ein physikalisch bedingtes Nachgemelk bleibt in der Drüsenzisterne zurück
- in der Zitzenzisterne entsteht, wenn der Milchfluss aufgehört hat, Unterdruck, nicht aber in der Drüsenzisterne.

### 14. Welche Bedeutung hat das Pulsverhältnis?

Der Milchfluss kann durch eine Verlängerung der Saugphase zulasten der Entlastungsphase nur beschränkt verbessert werden. Die Erklärung dafür liegt darin, dass der Öffnungsquerschnitt des Strichkanals mit zunehmender Dauer der Saugphase abnimmt. Bei kontinuierlichem Saugen, also ohne jede Entlastungsphase, wurden deshalb auch keine kürzeren Melkzeiten erzielt als bei pulsierendem Milchentzug. Ein Pulsverhältnis unter 50 Prozent oder über 70 Prozent ist nachteilig. Im ersten Fall steigt die Melkzeit und im zweiten die Belastung der Zitze. Pulsverhältnis und Pulszahl sind zusammen zu betrachten.

PULSDIAGRAMM



### **15. Welche Bedeutung kommt der Pulszahl zu?**

Die Pulszahl pro Minute muss auf das Pulsverhältnis abgestimmt sein, da die Dauer der Saugphase bei einem gegebenen Pulsverhältnis mit sinkender Pulszahl zunimmt. Eine Erhöhung der Pulszahl über die von den meisten Firmen empfohlenen Werte von 50–60 hinaus erhöht den Milchfluss nur unwesentlich. Dagegen nimmt aber die Gefahr zu, dass am Ende der Saugphase Bakterien in den noch offenen Strichkanal gelangen (Hysteresis). Die Belastung nimmt ebenfalls zu.

### **16. Welchen Einfluss hat die Vakuumböhe auf das Geschehen im Melkbecher?**

Der Einfluss der Vakuumböhe hängt von vielen mitbeteiligten Faktoren ab, wie z. B. von der Pulszahl, dem Pulsverhältnis, der Form, Härte und Spannung der Zitzengummi und dem Melkzeuggewicht. Die Optimierung des Vakuums wird in den Grenzen zwischen 32 und 38 cm Hg (0.4–0.5 bar) gesucht. Durch Erhöhung des Vakuums steigen der Milchfluss, der Massagedruck des Zitzengummis, die Höhe des Nachgemelks und die Belastung der Zitze. Die Vakuumböhe ist für die Optimierung des Zusammenwirkens der beteiligten Faktoren von erheblicher Bedeutung. Entsprechend wichtig ist die Zuverlässigkeit der Anzeigegenauigkeit des Vakuummeters.

### **17. Welche Druckdifferenz ist für die Öffnung des Strichkanals nötig?**

Die nötige Druckdifferenz ist tier-spezifisch und schwankt von 11 bis 38 cm Hg (0.15–0.50 bar), im Mittel zwischen 15 und 20 cm Hg (0.20–0.25 bar). Die Öffnung des Strichkanals wird durch Zunahme der Druckdifferenz und durch Kräfte, die die Zitze im Querschnitt dehnen, begünstigt.

### **18. Was versteht man unter zyklischen Vakuumschwankungen?**

Zyklische Vakuumschwankungen sind unterhalb der Zitze zu messen. Sie entstehen in Resonanz mit der Pulszahl durch das pulsierende Öffnen und Schliessen der Zitzengummi bei Milchfluss. Die Milch steht dem freien Ausgleich der Druckschwankungen im Wege. Verstärkend wirken: simultanes Pulsieren,

weites Pulsverhältnis (d. h. lange Saugphase), steiler Druckwechsel im Pulsraum, grosslumige Zitzengummi, hohe Minutengemelke, unterdimensionierte Milchabflusswege und ein ungenügender Lufteinlass in das Sammelstück.

### **19. Wie ist ein Rückfluss bereits ermolkenener Milch möglich?**

Beim Öffnen der Zitzengummi entsteht ein Sog mit einer Luftgeschwindigkeit bis 60 km/h. Milch, die nicht schnell genug abfließt, wird wieder zurückgesogen und beaufschlagt dabei den Strichkanal oder durchdringt ihn sogar. Die Bedeutung der Rückflussmöglichkeit bereits ermolkenener Milch als Risikofaktor bedarf noch einer weiteren Klärung. Bei alternierender Pulsierung ist die Rückflusswahrscheinlichkeit grösser als bei simultaner, weil eine Wechselwirkung auftritt zwischen den sich öffnenden und schliessenden Gummi.

### **20. Was versteht man unter unregelmässigen Vakuumschwankungen und wie kommen sie zustande?**

Unregelmässige Vakuumschwankungen gehen nicht vom Melkzeug, sondern vom Vakuumsystem aus. Die Ursachen sind vermeidbar. Es fallen in Betracht: ungenügende Pumpenkapazität, ungeeignete Regelventile, zu kleine Querschnitte der Milch- oder Vakuumleitung und Lufteinbrüche beim Ansetzen der Melkeinheiten. Unregelmässige Vakuumschwankungen können örtlich verschieden stark auftreten.

### **21. Wie kommt es zum Blähen der Zitzengummi?**

Wenn das Vakuum während der Saugphase im Zitzenraum kleiner ist als im Pulsraum, kommt es zu einer ballonartigen Verformung der Zitzengummi. Dieser Fall kommt besonders in Rohrmelkanlagen vor, da hier das Zitzenraumvakuum von der Milchleitung und das Pulsraumvakuum von der Vakuumleitung geliefert wird.

### **22. Welche Bedeutung hat der Zitzengummi und seine Spannung?**

Der Zitzengummi überträgt die Pulswellen auf die Zitze. Die Spannung bestimmt den Massagedruck und

die Rückfederung. Die Form und Weichheit von Kopf und Kragen haben einen bedeutenden Einfluss auf die Nachgemelkshöhe. Zu weite Zitzengummi werden der Forderung nach grösstmöglicher Schonung der Zitze nicht gerecht, weil sie der Zitze nicht den nötigen Halt bieten. Das gleiche gilt für zu kurze Zitzengummi, weil sie den Strichkanal grossen Belastungen aussetzen. Als Risikofaktor gilt auch das Schlüpfen des Zitzengummis. Dabei tritt Luft mit grosser Geschwindigkeit in einen einzelnen Zitzenbecher ein. Als Folge davon werden die Zitzen in den damit in Verbindung stehenden Bechern so kräftig mit Milch beaufschlagt, dass ein Durchtritt durch den Strichkanal möglich erscheint. Luft einsaugen beim Ansetzen der Zitzenbecher und beim Belasten des Melkzeuges am Ende des Melkens ist deshalb zu vermeiden.

### **23. Welche Mängel sind bei der Beurteilung von Melkanlagen zu unterscheiden?**

Grundsätzlich sind wartungsbedingte, installationsbedingte und systembedingte Mängel zu unterscheiden. Ein wartungsbedingter Fehler liegt z. B. vor, wenn das Regelventil verschmutzt ist, ein installationsbedingter Fehler, wenn es falsch montiert ist, und ein systembedingter Fehler, wenn es trotz guter Wartung und korrekter Installation zu wenig empfindlich ist. Wartungsbedingte Fehler gehen zulasten des Bauern, installationsbedingte zulasten des Installateurs und systembedingte zulasten des Herstellers. Es ist eine unbestrittene These, dass Systemmängel erst nach der Beseitigung von Wartungs- und Installationsfehlern erkannt und korrigiert werden können.

### **24. Wie wirken sich Mängel der Melkanlage aus?**

Die vermeidbaren Mängel im Pulsations-, Vakuum- und Milchabflusssystem erhöhen das Mastitisrisiko, besonders wenn sie zusammen mit Bedienungsfehlern und mangelnder Hygiene auftreten. Reinigungsmängel erhöhen direkt die Keimzahl der Milch. Der Zustand der Melkmaschine erklärt sicher nicht alle Melkprobleme. Ein tadelloser Zustand der Anlage ist aber die erste Bedingung für die Lösung all dieser Probleme.

# Schemata häufigster Melksysteme

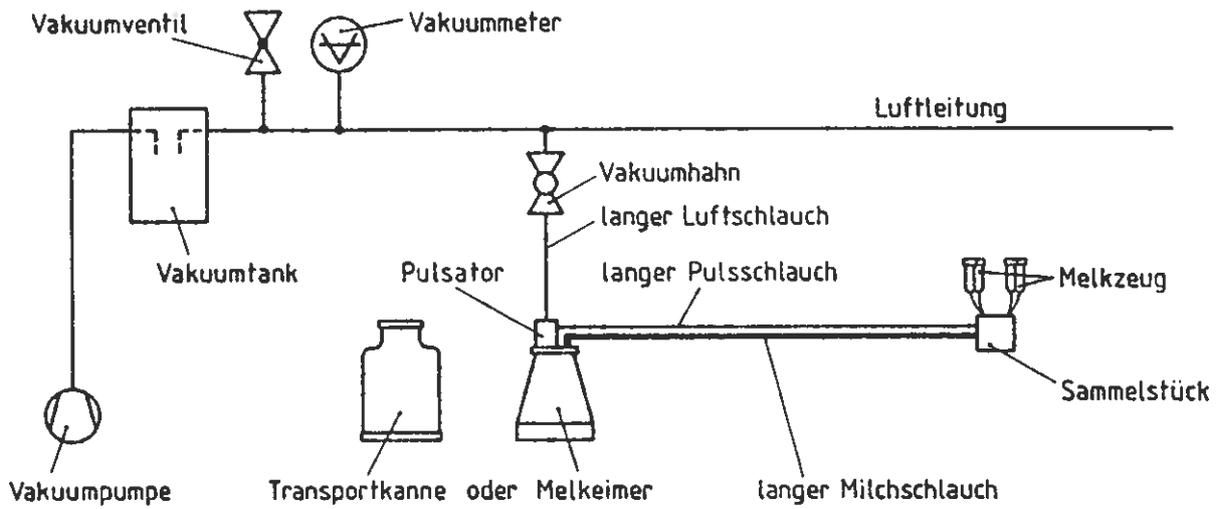


Bild 1. Eimer- oder Kannen-Melkanlage

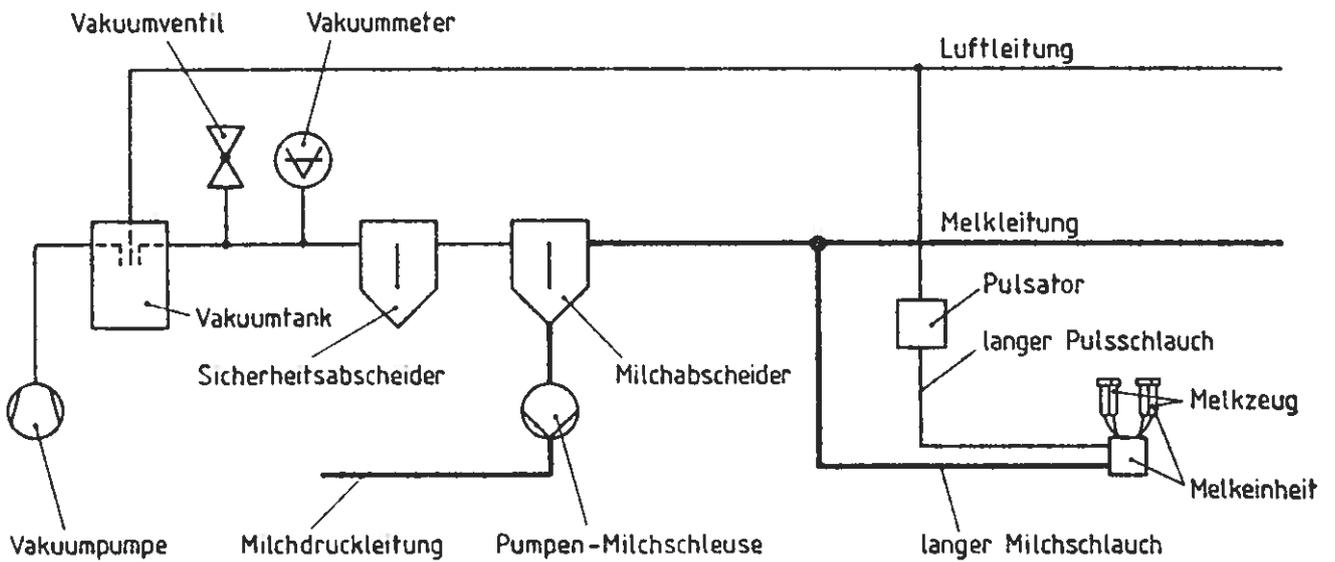


Bild 2. Rohr-Melkanlage

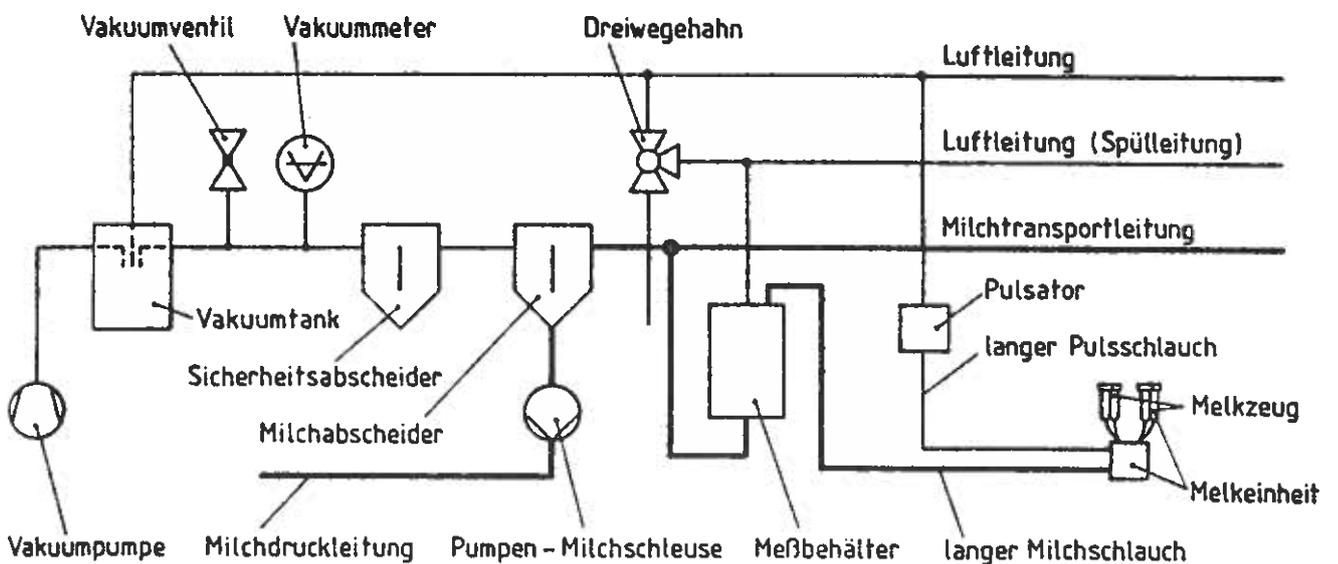


Bild 3. Meßbehälter-Melkanlage