

## **Melktechnik und Melkverfahren II**

---

Melktechnik und Melkverfahren II | 4.2.1.1 | Seite 625

### **Prof. Dr. Dieter Ordolff**

Rudolf Artmann

Dr. Kerstin Barth

Alfons Föbbeker

Dr. Hartmut Grimm

## **Melktechnik und Melkverfahren II**

November 2004

Rudolf Artmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.

Dr. Kerstin Barth ist wissenschaftliche Angestellte am Institut für ökologischen Landbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau.

Alfons Fübbeker ist Mitarbeiter des Fachbereichs Landtechnik der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Str. 1-13, 26121 Oldenburg.

Dr. Hartmut Grimm ist Privatdozent der Arbeitsgruppe Milcherzeugung am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.

Prof. Dr. Dieter Ordolff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), Standort Kiel, Institut für Chemie und Technologie der Milch, Hermann-Weigmann-Str. 1, 24103 Kiel sowie an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.

<b>Gliederung</b>		<b>Seite</b>
<b>1.</b>	<b>Anforderungen an das Melken</b> (Dr. K. Barth)	<b>629</b>
1.1	Rechtliche Grundlagen	629
1.2	Biologische Grundlagen	630
1.2.1	Aufbau des Euters	630
1.2.2	Milchbildung und Speicherung	631
1.2.3	Milchabgabe	632
1.3	Grundlagen der Melkarbeit	634
1.4	Literatur	638
<b>2.</b>	<b>Technik des Milchentzuges</b> (Dr. H. Grimm)	<b>638</b>
2.1	Prinzip des maschinellen Milchentzuges	638
2.2	Technischer Aufbau einer Melkanlage	639
2.3	Vakuumversorgung (Pumpe, Regelventil, Vakuumleitung)	641
2.4	Pulswechseleinrichtung	642
2.5	Melkeinheit	645
2.6	Milchabscheider	646
2.7	Arbeitsaufwand im Melkstand	646
2.7.1	Arbeitsabläufe und Melkstandbauarten	646
2.7.2	Bau und Einrichtung von Melkständen	648
2.7.3	Swingover-Melkstand	654
2.7.4	Vor- und Nacharbeiten	656
2.8	Literatur	656
<b>3.</b>	<b>Milchmengenmessung</b> (Prof. Dr. D. Ordolff)	<b>657</b>
3.1	Bedeutung und Anforderungen	657
3.2	Bauarten von Milchmengenmessgeräten	657
3.2.1	Absätzig arbeitende Milchmengenmessgeräte	657
3.2.2	Kontinuierlich arbeitende Milchmengenmessgeräte	659
3.3	Vorrichtung zur Entnahme von Milchproben	660
3.4	Einsatzbereiche	660
3.5	Prozeßsteuerung und Herdenüberwachung	661
3.6	Wechselwirkungen zwischen Melkvorgang und Milchmengenmessung	662
3.6.1	Vom Milchmengenmessgerät ausgehende Einflüsse	662
3.6.2	Auf die Milchmengenmessung einwirkende Einflüsse	663
3.7	Technische Neuentwicklungen	664
3.7.1	„Low-price“-Milchmengenmessung	664
3.7.2	Milchleistungsprüfung in AMSBetrieben	664
3.7.3	On-line-Milchanalyse	666
3.8	Literatur	672
<b>4.</b>	<b>Sicherung der Milchqualität</b> (Prof. Dr. D. Ordolff)	<b>672</b>
4.1	Milchlagerung und -kühlung	673
4.1.1	Anforderungen an Milchkühlanlagen	673
4.1.2	Aufbau von Milchkühlanlagen	673
4.1.2.1	Kälteanlage	673
4.1.2.2	Kühlsysteme	675

4.2	Milchlagerung	675
4.2.1	Lagerbehälter	675
4.2.2	Hilfseinrichtungen	676
4.2.3	Wärmerückgewinnung	677
4.2.4	Betriebsverhalten von Milchkühlanlagen	677
4.2.5	Kosten der Milchkühlung, Arbeitszeitbedarf	678
4.3	Reinigung und Desinfektion	679
4.3.1	Zirkulationsreinigung	679
4.3.2	Kochendwasserreinigung	680
4.3.3	Sonstige Verfahren	681
4.3.4	Einfluss der Melkanlage	681
4.3.5	Reinigung und Desinfektion von Milchlagerbehältern	682
4.3.6	Sicherheitsaspekte	682
<b>5.</b>	<b>Praxisbezogener Vergleich und Zuordnung verschiedener Melkverfahren (A. Fübbeker)</b>	<b>686</b>
5.1	Vor- und Nachteile verschiedener Melkstandsausführungen	686
5.2	Melkleistungen	688
5.3	Kosten	691
5.4	Fazit	693
<b>6.</b>	<b>Automatische Melkverfahren (AMS) (R. Artmann)</b>	<b>693</b>
6.1	Historische Entwicklung	694
6.2	Pro und Contra AMS	695
6.3	Verfahrensablauf beim automatischen Melken	696
6.4	Technik von AMS	697
6.4.1	Melkplatz, Anordnung und Tierverkehr	697
6.4.2	Zitzenfindung	699
6.4.3	Euterreinigung, Melkzeug und Handhabungssystem	700
6.4.4	Milchentzug	700
6.4.5	Milchbehandlung und –lagerung	702
6.4.6	Reinigung des AMS-Melkzeug, Tankanlage und Standfläche	704
6.4.7	Gesamtsysteme	705
6.5	Erfahrungen mit AMS	707
6.6	Literatur	712
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung (Prof. Dr. D. Ordolff)</b>	<b>713</b>

## 1. Anforderungen an das Melken

Milch ist ein Lebensmittel, das von Tieren produziert und durch den Menschen mit Hilfe von Maschinen gewonnen wird. Somit müssen bei der Milchgewinnung die Belange des Tieres, die des Menschen sogar in zweierlei Hinsicht - als Arbeitskraft und als Verbraucher - berücksichtigt werden.

### 1.1 Rechtliche Grundlagen

Bei der Erzeugung von Milch als Lebensmittel sind zahlreiche gesetzliche Vorgaben zu beachten. Die wichtigsten Anforderungen bezüglich der Hygiene und Milchqualität finden sich in der Milchverordnung. Die wesentlichen Punkte, die für den eigentlichen Vorgang der Gewinnung von Milch bedeutsam sind, sind im Folgenden kurz und nur auszugsweise dargestellt<sup>1</sup>.

Die zu melkenden Kühe

- sollen gesund sein und getrennt von erkrankten Tieren gehalten werden,
- dürfen am Euter keine Wunden aufweisen, die eine Verunreinigung der Milch zur Folge haben könnten und
- müssen mindestens zwei Liter Milch pro Tag geben.

Die Räume, in denen gemolken wird

- dürfen durch ihre Gestaltung und Lage (z. B. Toiletten, Liegeflächen der Kühe) die Milch nicht nachteilig beeinflussen,
- müssen über eine ausreichende Versorgung mit Wasser in Trinkwasserqualität verfügen,
- müssen gut gelüftet, beleuchtet, leicht zu reinigen und zu desinfizieren sein und
- über eine Handwascheinrichtung verfügen.

Die Melker

- dürfen keine Krankheiten über die Milch übertragen können,
- müssen saubere und waschbare Oberbekleidung tragen und
- sich vor dem Melken die Hände und Unterarme mit Wasser und einem Handreinigungsmittel reinigen und dies bei Bedarf wiederholen.

---

<sup>1</sup> Es ist zu beachten, dass die rechtlichen Vorschriften hier nur sinngemäß wiedergegeben werden.

Die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze müssen gesondert gemolken und ihr Aussehen durch den Melker geprüft werden. Dieses Vorgemelk darf nicht in den Verkehr gebracht, d. h. nicht als Rohmilch an andere abgegeben werden. Haben Tiere ein Vorgemelk, das nicht einwandfrei ist, so sind sie getrennt und nach den anderen Tieren zu melken.

Das Euter muss vor dem Melken sauber sein. Stallarbeiten dürfen die Milch nicht nachteilig beeinflussen und die Milch ist nach dem Melken an einen sauberen Ort zu bringen. Falls die Milch nicht innerhalb von zwei Stunden nach dem Melken abgegeben wird, ist sie entsprechend zu kühlen. Die zum Melken verwendeten Gegenstände, die mit der Milch in Berührung kamen, sind nach dem Melken zu reinigen, zu desinfizieren und mit Wasser von Trinkwasserqualität zu spülen.

Alle Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Melken sind auf das Ziel einer Rohmilchqualität im Sinne der gültigen Milchverordnung auszurichten, d. h. rohe Kuhmilch darf derzeit nicht mehr als 100.000 Keime und nicht mehr als 400.000 Zellen je ml Milch aufweisen. Sie muss frei von Hemmstoffen (wie z. B. Antibiotikarückständen) und unverändert sein, ihr darf also nichts entzogen bzw. zugesetzt (wie z. B. Wasser) worden sein. Die Häufigkeit der Kontrolle und Bewertung der Parameter sind gesetzlich festgelegt.

## **1.2 Biologische Grundlagen**

### **1.2.1 Aufbau des Euters**

Das Euter des Rindes ist eine Drüse. Diese besteht aus zwei Euterhälften, die durch das Aufhängeband völlig voneinander getrennt sind. Jede dieser Hälften ist bedingt durch den Aufbau der Drüsenkomplexe in zwei Viertel unterteilt. Die vier Euterviertel stellen selbständige Einheiten dar, so dass Erkrankungen nur auf ein Viertel begrenzt sein können. Diese Trennung ermöglicht zudem das Versiegen der Milchproduktion in einem Komplex, ohne dass die Milchbildung in den anderen Vierteln davon betroffen wird.

Jedes Euterviertel besteht aus dem Drüsenkörper und der davon deutlich abgesetzten Zitze. Es verfügt über ein Hohlraumsystem, das die Drüsenbläschen (Alveolen), kleine, mittlere und große Milchgänge, die Drüsen- und die Zitzenzisterne und den Strichkanal umfasst. In ihrer Funktion können der sogenannte Alveolenteil, bestehend aus den Alveolen und kleinen Milchgängen, und der Zisternenteil mit der Zisterne, den mittleren und großen Milchgängen unterschieden werden. Diese Trennung ist für die Milchspeicherung und Milchabgabe von Bedeutung.

Der Drüsenkörper ist von einer Bindegewebskapsel umgeben. Von dieser dringen Ausläufer in das Gewebe und unterteilen es in Drüsenlappen, die schuppenartig angeordnet sind. Jeder Drüsenlappen ist weiter in Drüsenläppchen unterteilt, welche aus einem kleinen Milchgang und den dazugehörigen Drüsenbläschen bestehen.

Die Drüsenbläschen werden durch Zellen gebildet, die für die eigentliche Milchproduktion verantwortlich sind. Im Mittel weisen die Alveolen einen Durchmesser von 0,1 mm auf. Wobei die Größe mit fortschreitender Laktation abnimmt. Jede Alveole wird von einem feinen Netz aus Blutgefäßen und Muskelfasern (Myoepithelzellen) umschlossen und verfügt über einen Ausführungsgang. Mehrere dieser Gänge münden in einen gemeinsamen Hohlraum aus dem dann ein mittelgroßer Milchgang hervorgeht. Dieser führt wiederum zu einem großen Milchgang. Insgesamt existieren 9 bis 15 Hauptgänge, die abschließend in die Milchzisterne münden.

Die Milchzisterne besteht aus dem Drüsenteil, er liegt im Bereich des Drüsenkörpers, und dem Zitzenteil. Beide sind durch eine Faltenbildung, der Fürstenbergschen Falte, getrennt. Die Größe und das Speichervermögen der Zisterne sind individuell sehr verschieden. Die Oberfläche des Zitzenteils ist sehr stark gefaltet. Die Zitzenzisterne mündet anschließend in den Strichkanal. Dieser ist zwischen 8 und 12 mm lang und endet mit einem Schließmuskel. Er bildet die eigentliche Grenze zur Umwelt. Um ihn zu überwinden ist eine Druckdifferenz von 8 bis 13 kPa notwendig, wobei die tierindividuelle Spannweite von 3 bis 48 kPa reicht. Kälber erzeugen diese Differenz durch eine Kombination von Sog und Druck, Melkmaschinen nutzen die Sogwirkung des Unterdruckes, während beim Handmelken ein Überdruck in der Zitzenzisterne erzeugt wird.

Der Strichkanal ist mit einer verhornenden Gewebeschicht ausgekleidet, die nach außen gerichtet wächst. Die Hornschicht überragt außen die Zitzenkanalmündung und ist Teil der Abwehr gegen eindringende Keime. Bei sehr starker, fransiger Ausbildung, ausgelöst durch eine Überbeanspruchung der Zitzen beim Melken (z. B. durch langes Blindmelken), können sich Bakterien in diesem Bereich ansammeln.

Die notwendige Versorgung des Euters mit Nährstoffen und Hormonen erfolgt über ein dichtes Netz von Blutgefäßen - für einen Liter Milch müssen ca. 500 Liter Blut das Euter durchströmen. Die Weiterleitung der Reize zur Milchabgabe übernehmen die zahlreich vorhandenen Nervenbahnen und für die Aufrechterhaltung der Abwehrkräfte sorgt ein Lymphgefäßsystem mit direkt im Euter lokalisierten Lymphknoten.

### **1.2.2 Milchbildung und Speicherung**

Die Milchbildung wird durch zahlreiche Hormone direkt und indirekt beeinflusst. Für das Einsetzen der Laktation ist hauptsächlich das in der Hirnanhangsdrüse gebildete Prolactin verantwortlich. Zwei bis drei Tage vor dem Abkalben erreicht die Prolaktin-

konzentration im Blut ihren Höhepunkt. Für die Aufrechterhaltung der Milchbildung während der Laktation sind dann aber auch Schilddrüsenhormone, das Wachstumshormon STH und insulinähnliche Wachstumsfaktoren verantwortlich. Mit der fortschreitenden Trächtigkeit nimmt die Östrogen-Progesteron-Konzentration im Blut zu und führt vermutlich zu einer Hemmung der Milchproduktion. Die Steuerung der Milchbildung durch Hormone ist zum Teil noch nicht wissenschaftlich abgeklärt. Sicher ist die Förderung der Milchbildung durch einen regelmäßigen, weitestgehend vollständigen Milchentzug.

Der weitaus größte Teil der festen Bestandteile der Milch (Fett, Eiweiß, Milchzucker) wird in den Alveolen gebildet. Der Rest wird direkt aus dem Blut in die Milch überführt. Die Milchbildung läuft in den ersten Stunden nach dem Melken kontinuierlich ab und wird nur durch den ansteigenden Füllgrad des Euters gebremst. Die in den Alveolen gebildete Milch wird durch den Sekretionsdruck aus den Alveolen zuerst in die kleinen Milchgänge gedrückt, gelangt von dort in die mittleren Milchgänge und fließt aus den großen Milchgängen aufgrund der Schwerkraft in die Milchzisterne ab. Diese füllt sich nach und nach weiter an, bis es zu einem Rückstau der Milch in den Gängen kommt. Dieser Rückstau führt zu einer Erhöhung des Druckes auf die Wände des Hohlraumsystems und die Milchproduktion wird gedrosselt. Eine regelmäßige Entleerung des Euters fördert deshalb die Milchbildung. Dabei weisen Tiere, die von Beginn der Laktation an mehr als zweimal am Tag gemolken werden, ein kleineres Speichervolumen auf als zweimal täglich gemolkene Tiere.

Bei dem Transport der Milch durch das Gangsystem bleiben die relativ großen Fettkügelchen vorerst in den kleinen und mittleren Milchgängen zurück. Sie werden erst durch den beim Melken erzeugten Ejektionsdruck ausgepresst. Deshalb steigt der Fettgehalt der Milch während des Melkens an und ist im Nachgemelk am höchsten.

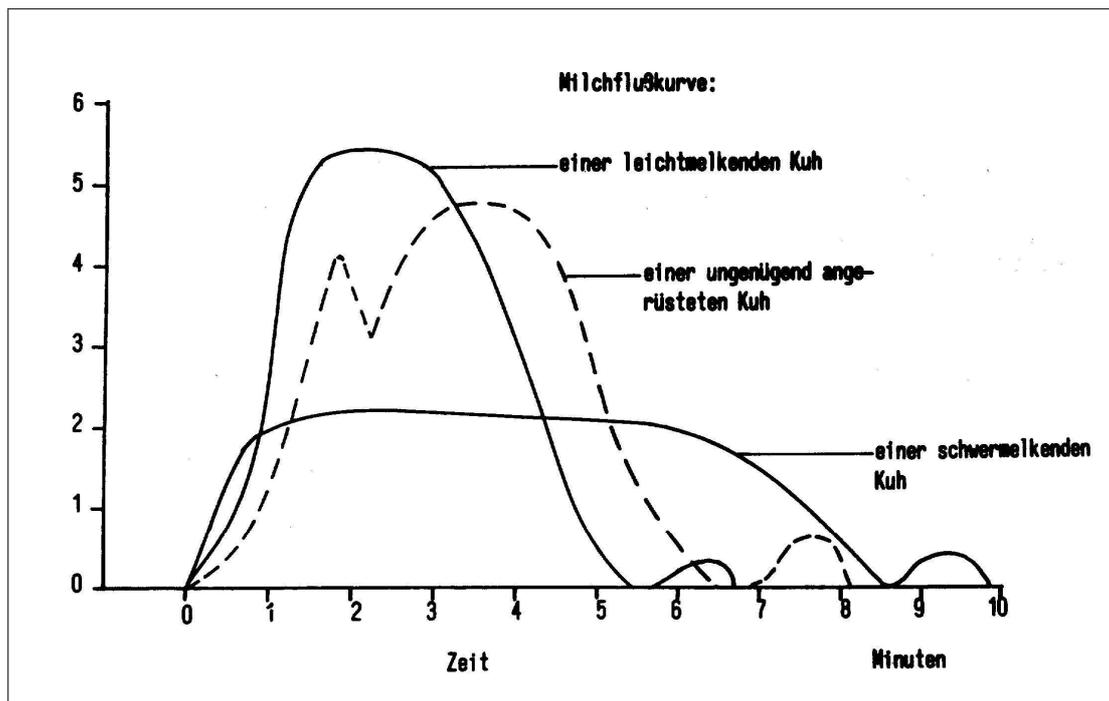
### **1.2.3 Milchabgabe**

Im Mittel sind ungefähr 20 % der Gesamtmilchmenge im Zisternenteil gespeichert. Um diese zu erhalten, ist lediglich der Schließmuskel des Strichkanals zu überwinden. Der weitaus größte Teil der gespeicherten Milch ist erst dann gewinnbar, wenn durch ein aktives Auspressen die Milch aus dem Alveolenteil in den Zisternenteil überführt wird. Dabei spielt das Hormon Oxytocin die entscheidende Rolle. Es wird im Hinterlappen der Hirnanhangsdrüse gespeichert.

Durch mechanisches Reizen der Euterzitzen (Scheinmelkgriffe, Euterreinigung) kommt es zum Ausschütten von Oxytocin in den Blutkreislauf. Dies bewirkt dann ein Zusammenziehen des Muskelgeflechtes um die Alveolen und damit das Auspressen der Milch. Infolge dessen steigt der Euterinnendruck deutlich an, die Kuh ist melkbereit. Schließt sich nun ein zügiger und stressfreier Milchentzug an, so verbleibt am

Melkende nur noch das sogenannte physikalisch bedingte Nachgemelk im Euter. Dies resultiert allein aus der Arbeitsweise der Melkmaschine und der Euteranatomie: gegen Melkende verringert sich der Anteil der Milch der pro Zeiteinheit entzogen werden kann. Da der von außen wirkende Sog der Melkmaschine konstant bleibt, kommt es zu einer Beschleunigung der verringerten Milchmenge. An der Außenseite schnell strömender Flüssigkeiten kommt es aber zu einer Verringerung des Druckes, der geringer als der von außen auf das Eutergewebe wirkende Luftdruck ist – es entsteht also ein Unterdruck. Dieser Unterdruck wirkt besonders im Bereich des Übergangs von der Drüsen- zur Zitzenzisterne. Hier bedingt ein ringförmig angeordnetes Blutgefäß (der Fürstenbergsche Venenring) eine Verengung dieses Übergangs. Der auftretende Unterdruck führt zu einem Zusammenziehen des Gewebes und damit zum Verschluss der Passage. Zusätzlich verliert auch der Zitzengummi den Kontakt zur Zitzenoberfläche und der Melkbecher „klettert“ nach oben (eigentlich wird das Gewebe tiefer in den Zitzenbecher gesaugt). Die Gewinnung der noch im Euter verbliebenen Milch ist dann nur noch durch Öffnung der Passage möglich, was durch leichten Zug des Sammelstückes nach unten erfolgt. Verbleibt das arbeitende Melkzeug ohne Ausmelkgriff am Euter, wird die Kuh blindgemolken.

Wird auf eine sogenannte Vorstimulation des Euters verzichtet und das Melkzeug ohne längere Eutervorbereitung angesetzt, so wird zuerst die Zisternenmilch abgemolken. Erfolgt in dieser Phase keine vollwertige Stimulation des Tieres durch die Melkmaschine so können ähnliche Verhältnisse wie bei der Entstehung des Nachgemelks auftreten. Der Milchstrom ist verringert, im schlimmsten Fall kommt es zum oben beschriebenen Blindmelken. Eine mangelhafte Stimulation lässt sich am Verlauf der Milchflusskurve ablesen: nach kurzem Anstieg fällt der Milchfluss ab um erneut wieder anzusteigen. Man spricht dann von einer Zweigipfeligkeit oder Bimodalität der Milchflusskurve (Abb. 1.1). Auf jeden Fall verlängert sich damit die Maschinenmelkdauer und damit auch die Belastung des Zitzengewebes durch die Melkmaschine.



**Abb. 1.1:** Typische Milchflusskurven  
(W. Weber, H. Sauer, D. Ordloff: Melktechnik und Melkverfahren, RKL 4.2.1.1 S. 292)

Störungen im Vorfeld und während des Melkens können zu einer unzureichenden Oxytocinfreisetzung führen. Dadurch wird nur ein Teil der Milch aus den Alveolen gepresst. Erfolgt im Anschluss an das maschinelle Melken eine weitere Reizung des Euters durch Ausmelkgriffe so kann es zu einem erneuten Anstieg des Oxytocingehaltes im Blut und infolgedessen zu einer erneuten Alveolarmilchejektion kommen. Grundsätzlich sollte deshalb auf eine ausreichende Vorstimulation geachtet werden. Dabei ist es unerheblich, ob das Anrücken mit der Hand, der Melkmaschine – oder wie bei automatischen Melkverfahren durch die automatische Euterreinigung - erfolgt. Lediglich die Dauer sollte nicht wesentlich unter einer Minute liegen. Das bei leichtmelkenden Tieren zu beobachtende „Laufenlassen“ der Milch ist ein Hinweis auf einen schwachen Schließmuskel, nicht auf eine vollwertige Stimulation.

### 1.3 Grundlagen der Melkarbeit

Aus den gesetzlichen Vorschriften und den physiologischen Anforderungen der Kühe folgt eine für die Melkarbeit notwendige Routine, die weitestgehend unverändert beizubehalten ist. Die folgenden Darstellungen beziehen sich, aufgrund der immer stärkeren Verbreitung, nur auf das Melken Melkständen.

Nach der Vorbereitung der Melkanlage und Kontrolle ihrer Funktionsweise (!) erfolgt das Eintreiben der Tiere in den Melkstand. Ist ein Vorwartehof (oder auch: Sammelraum) vorhanden, übernehmen bei ausreichender Herdengröße Nachtreibvorrichtungen einen Teil dieser Arbeit. Wichtig ist der ruhige Umgang mit den Tieren. Fehler beim Zutrieb können sich durch Störungen der Milchabgabe auf die gesamte Melkzeit und durch eine unvollständige Euterentleerung darüber hinaus auswirken.

Entsprechend der Milchverordnung sind die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze gesondert abzumelken und auf die Beschaffenheit zu prüfen. Wird diese Arbeit nicht ausgeführt und das Melkzeug unmittelbar nach der Euterreinigung angesetzt, so verzichtet man nicht nur auf die einfachste und billigste Methode der Eutergesundheitskontrolle, sondern begeht auch eine strafbare Handlung, da die Milchverordnung das Inverkehrbringen der ersten Milchstrahlen als eine Straftat (nicht als eine Ordnungswidrigkeit) bewertet. Grundsätzlich sollte das Vormelken auf eine schwarze Platte in ein spezielles Gefäß erfolgen. Beim Melken auf die Standfläche der Kühe können Abweichungen übersehen werden. Zudem besteht die Gefahr, dass Mastitiserreger über die Klauen wieder in den Bereich der Liegeflächen transportiert werden.

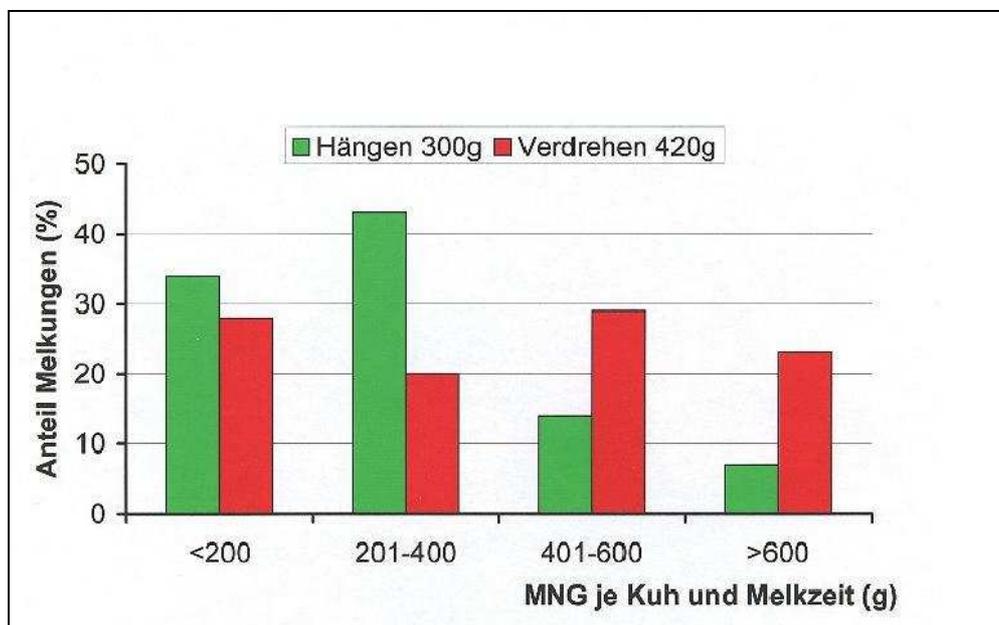
Wird beim Vormelken eine veränderte Milchbeschaffenheit erkannt (Flocken, Blut, wässriges Aussehen u. ä.) so muss das Tier getrennt gemolken werden. Da erstmals auffällige Tiere im Melkstand nicht einfach aussortiert und nach den gesunden Tieren gemolken werden können, ist das Gemelk getrennt abzuleiten (Milchkanne, oder wenn vorhanden in eine zweite Milchleitung) – diese Milch darf nicht in Verkehr gebracht werden. Um eine Übertragung von Mastitiserregern auf andere Tiere zu vermeiden, sollte möglichst ein extra Melkzeug verwendet werden. Ist dies nicht möglich, so ist das Melkzeug, bevor es bei der nächsten Kuh eingesetzt wird, gründlich zu reinigen und zu desinfizieren.

Erkrankte und eventuell behandelte Kühe sollten getrennt von den gesunden Tieren gehalten und nach ihnen gemolken werden. Das entspricht nicht nur den rechtlichen Erfordernissen, sondern erleichtert auch den Arbeitsablauf, da jede Störung der Routine den Arbeitszeitaufwand erhöht.

Das Euter soll vor dem Melken sauber sein. Auch wenn oberflächlich keine Verunreinigungen zu erkennen sind, sollte das Euter gereinigt werden, da sich Staub und Keime auf der Euterhaut befinden. Grundsätzlich sind Eutertücher jeweils nur für eine Kuh zu verwenden, um die Keimübertragung von Tier zu Tier zu unterbinden. Ob trockenes oder feuchtes Einwegpapier oder Tücher verwendet werden hängt von den betrieblichen Bedingungen ab. Auf jeden Fall sollte man auf eine Nassreinigung nur bei sehr starker Verschmutzung zurückgreifen. Ist sie erforderlich, so muss das Euter anschließend gründlich abgetrocknet werden, um einen guten Melkzeugsitz zu gewährleisten und um zu verhindern, dass Schmutzwasser in den Melkbecher abläuft.

Das Reinigen sollte stets nach dem Vormelken durchgeführt werden, um die keimreiche Milch, die sich im Zitzenzisternenbereich befindet, nicht durch Massagebewegungen in höher gelegene Euterregionen zu befördern. Die Euterreinigung ist zudem eine wirksame Stimations-Komponente, so dass es infolge des „Einschiessens“ der Milch zur Vermischung von keimarmer und keimreicher Milch kommen kann.

Nimmt das Vormelken und Reinigen des Euters weniger als eine Minute in Anspruch und erfolgt keine automatische Stimulation mit der Melkmaschine, so muss die Kuh von Hand angerüstet werden. Mittels Scheinmelkgriffen an allen Zitzen wird das Tier stimuliert. Anschließend wird das Melkzeug angesetzt und positioniert. Ein guter Melkzeugsitz fördert den Milchentzug und verringert das Nachgemelk (Abb. 1.3).



**Abb. 1.2:** Auswirkung des Melkzeugsitzes auf das Nachgemelk (MNG) bei guten Euterformen (nach Worstorff & Göft, 1987)

Der Milchfluss ist während des Melkens wiederholt zu kontrollieren. Lässt er deutlich nach, so kann mit dem maschinellen Ausmelken begonnen werden. Dazu wird das Sammelstück mit einer Hand beschwert und leicht nach vorn unten gezogen. Dieser Zug bewirkt die Streckung der Zitzen und damit die Öffnung der Passage zwischen Zitzen- und Drüsenzisterne. Das - bereits beschriebene - physikalische Nachgemelk kann somit gewonnen werden. Versiegt der Milchstrom, ist das Melkzeug unverzüglich abzunehmen, um unnötige Blindmelkzeiten zu vermeiden.

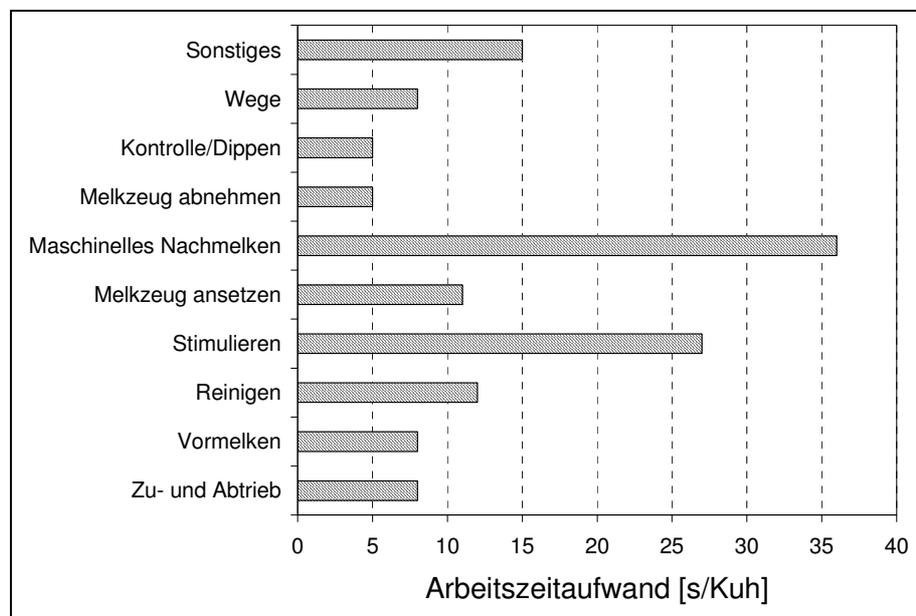
Die Beanspruchung des Schließmuskels durch das Melken führt dazu, dass der Strichkanal nach dem Melken noch für Mikroorganismen durchlässig bleibt. Damit

das Einwandern von Erregern unterbunden wird, ist nach dem Melken das Dippen der Zitzen zu empfehlen.

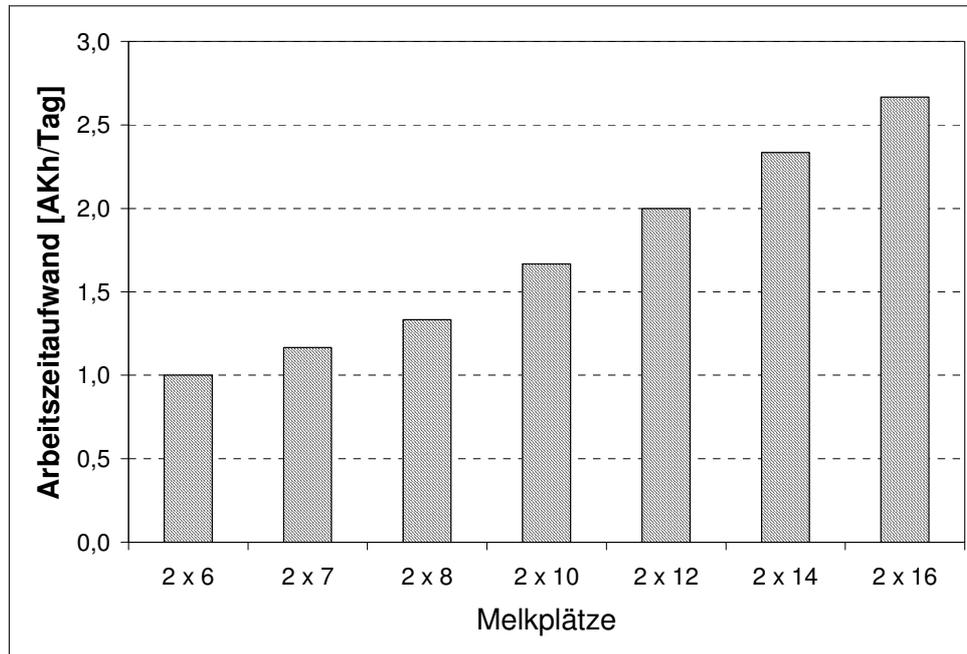
Der gesamte Arbeitszeitaufwand für das schulmäßige Melken einer Kuh ohne Automatisierung von Teilschritten beträgt durchschnittlich 2,2 Minuten (Abb. 1.4). Dabei nehmen das manuelle Stimulieren und das maschinelle Nachmelken den größten Raum ein. Die Übernahme dieser Tätigkeiten durch die Melkmaschine führt zu einer erheblichen Reduzierung des Arbeitszeitaufwandes. Bei einer guten, funktionstüchtigen Ausstattung der Melkanlage kann der notwendige Arbeitszeitaufwand je Kuh auf eine Minute abgesenkt werden, ohne Abstriche an der Arbeitsqualität zu machen. Weitere Zeiteinsparungen sind in der Regel nur noch durch Weglassen von Arbeitsgängen zu erreichen, wobei auch hier noch einmal auf die gesetzlichen Vorschriften zum Vormelken und zur Euterreinheit hingewiesen werden muss.

Nach Abschluss der eigentlichen Melkarbeit sind der Melkstand zu reinigen und die milchführenden Teile zu reinigen und zu desinfizieren. Der hierfür notwendige Arbeitszeitaufwand beläuft sich auf ca. fünf Minuten pro Melkplatz und Tag (Ordloff, 1997), unabhängig von der Melkstandbauform. Bei der Planung eines neuen Melkstandes ist dieser Aufwand zu berücksichtigen, um nicht die beim Melken angestrebte Arbeitszeiteinsparung durch einen erhöhten Reinigungsaufwand wieder zu verlieren.

In Kapitel 2.8 wird die verfahrensbezogene Umsetzung der hier beschriebenen Bedingungen wiedergegeben.



**Abb. 1.3:** Mittlerer Arbeitszeitaufwand für Routinearbeiten beim maschinellen Melken einer Kuh ohne Automatisierung



**Abb. 1.4:** Täglicher Arbeitszeitaufwand für die Melkstandreinigung in Abhängigkeit von der Melkstandgröße (nach Ordloff, 1997)

## 1.4 Literatur

Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis (Milchverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung der Neufassung vom 20.7.2000 (BGBl. I Nr. 36 vom 31.7.2000, S. 1178)

**Wendt K, Bostedt H, Mielke H, Fuchs H-W** (Hrsg.) Euter- und Gesäugekrankheiten. Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart (1994)

**Roginski H, Fuquay JW, Fox PF** (Hrsg.) Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press (2003)

## 2. Technik des Milchentzuges

### 2.1 Prinzip des maschinellen Milchentzuges

Beim maschinellen Melken wird die Milch durch Unterdruck (=Melkvakuum → Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und Anlagendruck) aus dem Euter entzogen, indem der Widerstand des Strichkanals und Schließmuskels durch eine Druckdiffe-

renz überwunden wird. Es strömt jedoch nicht nur Milch aus dem Euter, sondern gleichzeitig wird durch den Vakuumeinfluss auf das Zitzengewebe auch Blut und Gewebeflüssigkeit in der Zitzenspitze angesammelt.

Diesem Vorgang wirkt die rhythmische Massage durch den Zitzengummi beim Wechsel von Saugphase und Entlastungsphase der Pulsierung entgegen. Bei überhöhtem Vakuum kann diese Ansammlung von Gewebsflüssigkeit in der Zitzenspitze trotz des dabei erhöhten Massagedrucks jedoch kaum mehr rückgängig gemacht werden. Es wird diskutiert, dass es dadurch zu einer Einlagerung von Bindegewebe in die Zitze kommen könne.

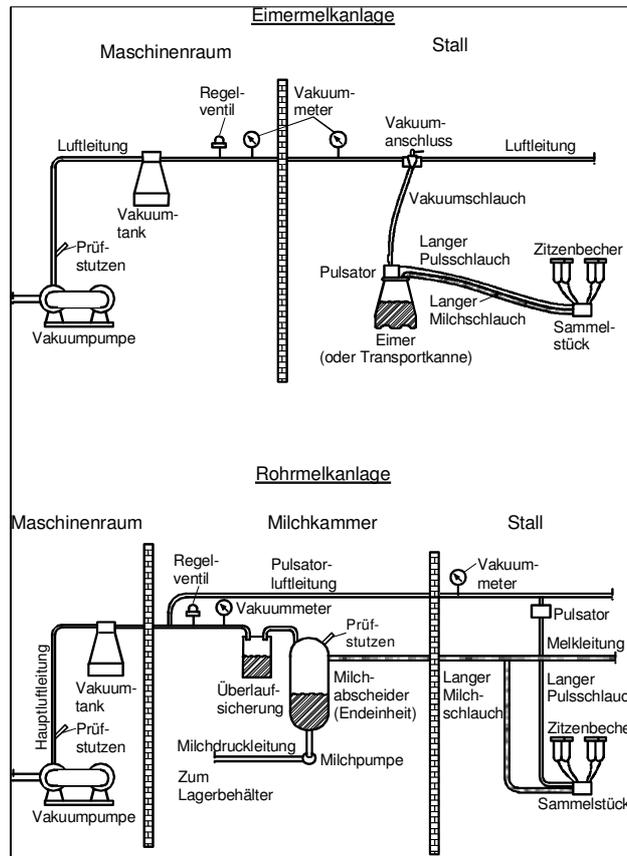
Nimmt der Nachstrom von Milch aus dem Euter der Kuh ab, so "klettern" die Zitzenbecher und der Milchfluss versiegt, weil die Verbindung zwischen Drüsen- und Zitzenzisterne mit Gewebe verlegt wird. Wird das Melkzeug nun nicht abgenommen, so kommt es zum Blindmelken der Kuh, ohne dass das Euter völlig entleert ist. Erst durch Zug am Sammelstück des Melkzeugs kann die Verbindung zwischen Drüsen- und Zitzenzisterne wieder hergestellt und das Nachgemelk gewonnen werden.

Technisch ist es bis heute noch nicht gelungen, ein Melksystem zu entwickeln, das die Milch bei allen Kühen vollständig entzieht, jegliche Nachmelkarbeit überflüssig macht und sich den Unterschieden zwischen den einzelnen Tieren optimal anpasst. Deshalb ist jede Melkanlage ein Kompromiss zwischen den sich widersprechenden Forderungen einmal nach Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen Situation, insbesondere der Arbeitsproduktivität, und zum anderen nach Verbesserung der Eutergesundheit, Milchhygiene und Milchqualität.

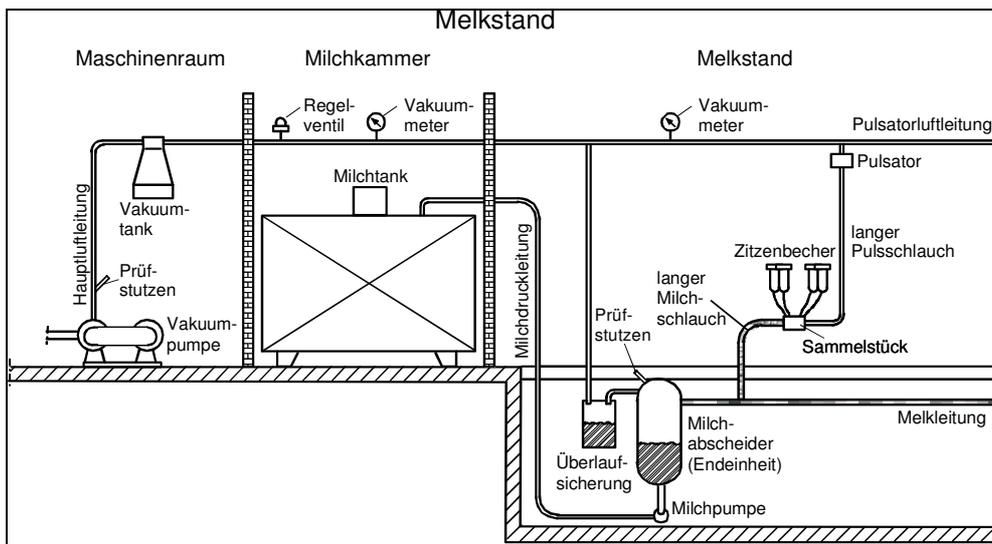
## **2.2 Technischer Aufbau einer Melkanlage**

Die wesentlichen Bauteile einer Melkanlage sind: Vakuumpumpe, Vakuum- und Milch-/Melkleitung, Pulsator, Milchabscheider und Melkzeug.

Abbildung 2.1 zeigt den Aufbau einer Eimer- bzw. Rohrmelkanlage und Abb. 2.2 den entsprechenden Aufbau eines Melkstands.



**Abb. 2.1:** Funktionsskizze einer Eimer- bzw. Rohrnelkanlage im Anbindestall



**Abb. 2.2:** Funktionsskizze eines Melkstandes mit tiefverlegten Melkzeugen

## 2.3 Vakuumversorgung (Pumpe, Regelventil, Vakuumleitung)

Die Vakuumpumpe dient zur Erzeugung des erforderlichen Melk- und Transportvakuums. Man errechnet die erforderliche Nennleistung der Vakuumpumpe (Durchfluss von Luft [l/min] unter Normalbedingungen bei einem Anlagenvakuum von 50 kPa) aus dem erforderlichen Reservedurchfluss plus Zuschlägen für den Luftverbrauch aller Komponenten:

a) Reservedurchfluss

$$\rightarrow 200 + 30 \cdot n \quad (n = \text{Anzahl Melkeinheiten, ME})$$

$$\rightarrow 500 + 10 \cdot (n - 10), \text{ falls } n > 10$$

b) Zuschläge:

$$\rightarrow + 35 \cdot n \quad (+ 200, \text{ falls die ME ohne automatisches Absperrventil})$$

$$\rightarrow + 10 \text{ für Leckage}$$

$$\rightarrow + 35 \text{ für Regelverlust eines Vakuumventils}$$

$$\rightarrow + 1 \text{ je Milchhahn (2 je Milcheinlass im Melkstand)}$$

c) Korrektur nach gewünschtem Anlagenvakuum

d) Korrektur nach Höhenlage des Einsatzortes

e) Zuschlag 5% für Leckluft des Luftsystems

Wenn andere Ausrüstungen, wie z.B. vakuumbetätigte Tore und Futterautomaten eingesetzt sind, muss deren Luftverbrauch ebenso in die Gesamtanforderung einfließen, zumindest bei kleineren Melkständen bzw. Vakuumpumpen.

Die Festlegung der Leitungsdurchmesser und die daraus abgeleitete Luftmenge für die Reinigung der Anlage sollte wegen der aufwändigen Berechnung dem Fachmann überlassen werden.

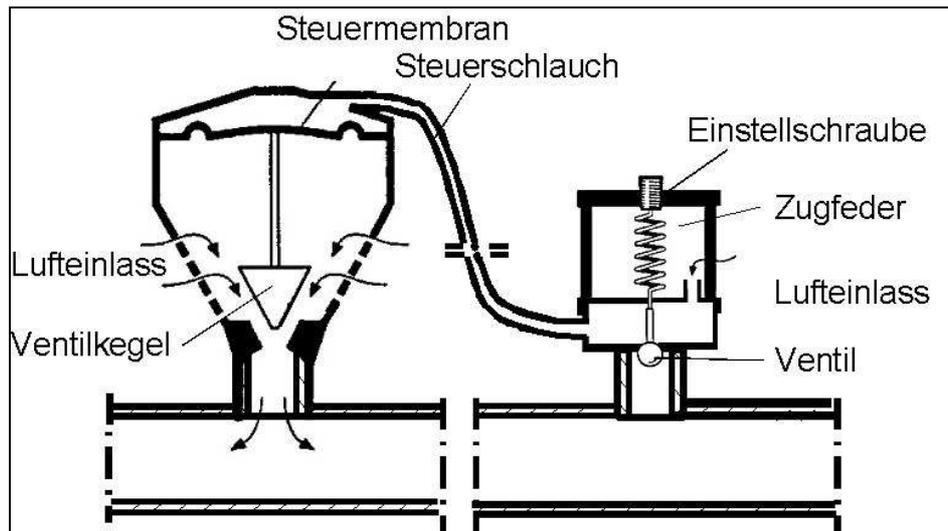
Wichtig: Sollte die für die Melkanlagenreinigung benötigte Luftmenge größer sein als die oben errechnete Luftförderleistung, ist dieser Wert für die Auswahl der Vakuumpumpe heran zu ziehen!!

Die Pumpenleistung sollte aber nicht mit zu großem "Sicherheitszuschlag" gewählt werden, da sonst das Vakuumventil sehr viel Luft nutzlos passieren lassen müsste. Dadurch würde es sehr schnell verschmutzen, außerdem verbraucht der "sinnlose" Transport von Luft zwischen Ventil und Pumpe recht viel Energie.

Für die Kuh ist entscheidend, welches Melkvakuum an der Zitze vorhanden ist und nicht, welches Anlagenvakuum das Vakuummeter anzeigt. Unterschiedlicher Milchfluss der Kühe, Reibungs- und Strömungsverluste in den Leitungen und Schläuchen, Leckluft sowie Steigungen im milchableitenden System rufen je nach Anlagentyp und Ausstattung mehr oder weniger starke Vakuumverluste hervor. Diese sind bei hochverlegten Melkleitungen deutlich höher als bei tiefverlegten Leitungen. Sie führen dazu, dass bei vollem Milchfluss das niedrigste, beim Blindmelken dagegen das höchste Vakuum an der Zitze wirkt. Dies ist jedoch unerwünscht. Deshalb sind in

modernen Melkständen nur noch tiefverlegte Melkleitungen mit einem Melkvakuum von 36 - 43 kPa zu finden (systembedingte Ausnahme: Swingover!!).

Das Anlagenvakuum muss möglichst stabil gehalten werden. Dies geschieht in erster Linie durch das Vakuumventil. Heute werden in den neueren Anlagen ausschließlich servogesteuerte Vakuumventile verwendet (Abb. 2.3). Diese weisen einen großen Regelbereich auf und reagieren sehr schnell und genau.



**Abb. 2.3:** Funktionsskizze eines servogesteuerten Vakuumventils (nach DeLaval)

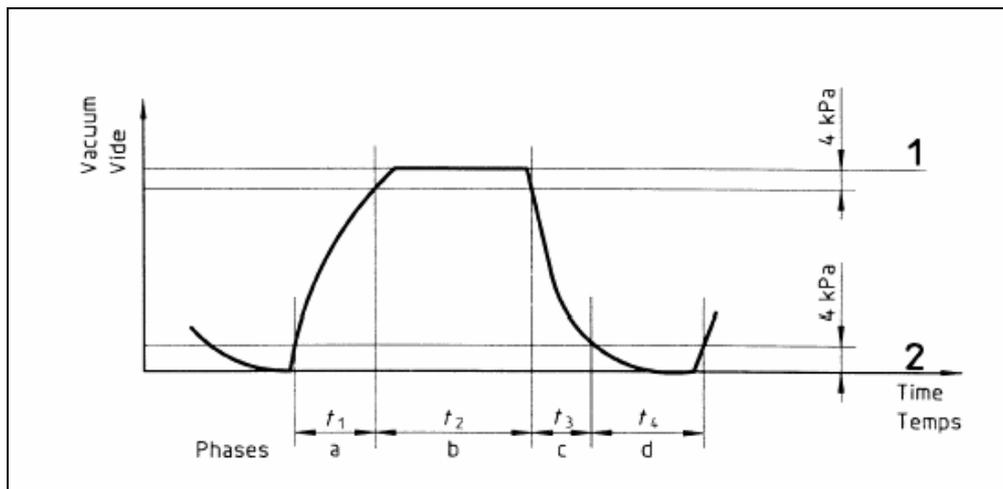
Wichtig ist die regelmäßige Wartung des Vakuumventils. Durch das Zusammenwirken von Feuchtigkeit und Staub kann es leicht zu Verklebungen und damit zu einem ungenauen Regelverhalten kommen. Deshalb sollten in Abständen von ein bis zwei Monaten Ventilkegel, Ventilsitz und Ventilsieb bzw. -filter gereinigt werden. Bei hoher Staubbelastung sollte dies noch öfter erfolgen.

Das Vakuummeter soll einen Durchmesser von 80 mm oder mehr haben und das Nennvakuum durch eine Marke anzeigen. Es wird zwischen dem Vakuumventil und dem ersten Verbraucheranschluss installiert, an einem Platz, an dem es vom Melker während des Melkens ablesbar ist. Gegebenenfalls wird ein zweites Vakuummeter an dem Ort eingebaut, an dem sich das Regelventil befindet, dies erleichtert das Korrigieren der eingestellten Vakuumhöhe.

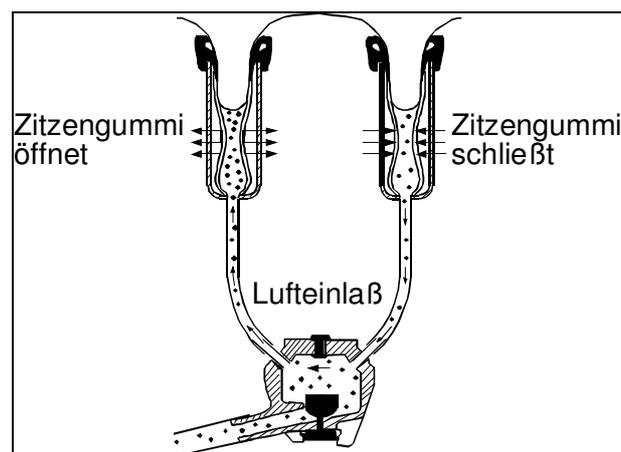
## 2.4 Pulswechseleinrichtung

Der Pulsator steuert den Wechsel zwischen Saugphase und Entlastungsphase, d.h. der Zitzengummi öffnet und schließt sich in einem bestimmten Rhythmus, atmosphärische Luft und Vakuum wechseln sich im Pulsraum ab. Dadurch wird die Zitzengummibewegung hervorgerufen. In der Saugphase fließt Milch aus der Zitze, in der

Massagephase wird die Zitze massiert. Der Begriff "Entlastungsphase" für die Massagephase sollte nicht gebraucht werden, da er die Wirkung dieser wichtigen Phase im Pulszyklus nicht richtig beschreibt und außerdem das Wort Entlastung eine vorhergehende Belastung impliziert. Wichtige Merkmale zur Beurteilung der Pulsatorfunktion sind unter anderem die aus der Dauer einer Pulsphase abzuleitende Taktfrequenz und die Länge der Saugphase (Abb. 2.4). Bei alternierender Pulsierung pulsieren die Zitzengummis paarweise zeitlich gegeneinander versetzt. Bei simultaner Pulsierung pulsieren alle Zitzengummis eines Melkzeugs gleichzeitig.



**Abb. 2.4:** Darstellung der Pulskurve entsprechend der Norm ISO 3918 (1: max. Vakuum (Nennvakuum) in der Pulschammer, 2: atm. Druck, Phase a: Evakuierung der Pulschammer, Phase b: Vakuumphase, Phase c: Belüftung der Pulschammer, Phase d: Druckphase; a+b =Saugphase, c+d = Massagephase)



**Abb. 2.5:** Austausch von Aerosolen bei alternierender Pulsierung und (fehlerhaftem) Pulsverhältnis 50:50

Bei der alternierenden oder Wechseltakt-Pulsierung sind die zyklischen Vakuumschwankungen an der Zitze geringer als bei der simultanen Pulsierung, das Melkzeug haftet besser an den Zitzen. Prinzipbedingt kann es, z.B. bei Saugphasenanteilen von 50%, zu einem Austausch von Aerosolen zwischen den beiden Melkzeughälften kommen (Abb. 2. 5). Dadurch können auch Krankheitserreger von einem kranken auf ein gesundes Viertel übertragen werden. Durch geeignete Wahl von Saugphasenanteil und Schaltzeitpunkten der beiden Pulsatorhälften kann dies jedoch vermieden werden.

Die Saugphasen der beiden Seiten müssen bei alternierender Pulsierung jedoch gleich lang sein, sonst kommt es zum Hinken des Pulsators. Dabei werden die beiden Euterhälften unterschiedlich lang gemolken. Der Unterschied (= Hinkgrad) darf maximal 5 % betragen. Deshalb müssen die Pulsatoren regelmäßig überprüft werden.

Bei der simultanen oder Gleichaktimpulsierung herrscht in der Milchflussphase ein höheres Vakuum an der Zitzenspitze, die gleichzeitige Schwankung des Melkvakuums an allen vier Zitzen führt jedoch zu starken Vakuumschwankungen. Hier gibt es keine Unterschiede in den Saugphasen der beiden Seiten, auch kommt Austausch von Aerosolen kaum vor.

Heute sind Pulsatoren üblich, bei denen jeder einzelne mit einer Steuerung ausgerüstet ist. Dadurch werden starke gleichmäßige Vakuumschwankungen im Leitungssystem weitgehend vermieden, da nicht alle Pulsatoren gleichzeitig takten. Bei Einsatz eines Masterpulsators, der die Pulsatoren ansteuert, sollten diese jedoch in mehreren Gruppen geschaltet werden.

Wichtig ist die ausreichende Vakuumversorgung der Pulsatoren durch die Vakuumleitung. Auch sollte bei der Auslegung der Vakuumleitung berücksichtigt werden, dass das plötzliche Einströmen der Pulsluft eines Melkzeugs selbst in ein Volumen von 15 l noch bemerkbare Vakuumschwankungen hervorruft. Diese können bei geringerem verfügbarem Volumen zu deutlichen Vakuumschwankungen in der Massagephase der anderen Pulsatoren führen. Der Durchmesser der Vakuumleitung sollte deshalb nicht zu klein gewählt werden und dem der Melkleitung entsprechen.

Infolge von Milchfluss, Strömungswiderständen und Leckluft im Melkbecherinnenraum sinkt das mittlere Melkvakuum an der Zitzenspitze unvermeidlich unter das Anlagenvakuum, somit herrscht im Pulsraum in der Saugphase ein höherer Unterdruck als an der Zitze. Die Folge ist, dass sich der Zitzengummi aufbläht (Ballooning). Die negative Wirkung des Ballooning wird aber meist überschätzt. So beträgt das „Aufblähen“ des Zitzengummis kaum mehr als ein (bis zwei) mm. Außerdem endet das Ballooning wegen der typischen Vakuumschwankungen im Zitzengummiinnenraum meist, bevor der Zitzengummi zu kollabieren beginnt. Damit ist seine Kollabiergeschwindigkeit zu Beginn der Massagephase nur selten verändert!

Pulsierungsfreie Melkverfahren würden die Möglichkeit bieten - falls sie guten Milchentzug gewährleisten - Ballooning und starke zyklische Vakuumschwankungen zu vermeiden. In der Praxiserprobung hat sich jedoch gezeigt, dass die Massage der Zitze während des Melkens durch die Pulsierung notwendig ist und nicht unterlassen werden kann. Auf die negativen Konsequenzen wurde bereits eingangs hingewiesen. Hinzu kommt, dass in allen Versuchen mit pulsierungsfreiem Milchentzug der Milchfluss niedriger und das Maschinennachgemelk höher war.

## 2.5 Melkeinheit

Die Melkeinheit besteht aus Zitzenbechern, Sammelstück, Zitzengummis, Milch- und Vakuumschläuchen und evtl. einem Milchflussanzeiger sowie bei teilautomatisierten Melkeinheiten noch zusätzlich aus Steuerungseinrichtungen und der Abschalt- oder Abnahmevorrichtung. Das Sammelstück soll strömungstechnisch günstig gestaltet sein und ein Absperrventil besitzen. Der Lufteinlass beträgt 6 bis 10 Liter Luft pro Minute. Die Luftdüse muss leicht zu reinigen und zu kontrollieren sein.

Die milchführenden Teile sollen eine glatte Oberfläche aufweisen, damit sich keine Bakterien einnisten und vermehren können. Deshalb sind die Zitzengummis monatlich auf ihren Zustand zu überprüfen und alle sechs Monate oder nach 2500 Melkungen bzw. nach 600 - 700 Betriebsstunden auszutauschen. In neuerer Zeit werden vermehrt Zitzengummis aus Silikonkautschuk eingesetzt, da sie länger haltbar und infolge der glatten Oberfläche leichter zu reinigen sind. Nachteilig ist, dass das Material leichter perforiert wird und dann einreißt.

Heute wird für Milchleitungen eigentlich nur noch Silikatglas oder Chromnickelstahl empfohlen. Acrylglas ist hitzeempfindlich und verträgt Reinigungs- bzw. Desinfektionsmittel mit 50 bis 60 Grad Celsius langfristig nicht. Bei den Glasleitungen sind die Gummiteile in den Verschraubungen besonders kritische Punkte, da sich hier gerne Ablagerungen festsetzen. Bei Chromnickelstahl sind die Innenflächen zweifellos rauer als bei Glasleitungen. Deshalb muss besonders hier das richtige Reinigungsmittel gewählt werden. Das Material Chromnickelstahl ist jedoch für den Einsatz im rauen Betrieb des Milchviehstalles am unempfindlichsten.

Melkleitungen müssen so bemessen und angeordnet sein, dass zwischen dem Nennvakuum der Anlage und dem Vakuum an jeder Stelle der Melkleitung kein größerer Druckabfall als 3 kPa auftritt, wenn alle Melkzeuge in Betrieb sind. Vorteilhaft sind die sichere Vakuumversorgung der Melkeinheiten und der schonende Milchtransport besonders dann, wenn der Milchfluss in der Melkleitung sehr hoch ist. Dies ist der Fall, wenn mehr Melkeinheiten pro Arbeitskraft eingesetzt werden oder bei Kühen mit einem hohen Minutengemelk, aber auch im Melkstand mit Milchmessgefäßen. Nachteilig sind die schwierigere Reinigung bei  $NW > 70$  und die damit erforder-

derliche hohe Leistung der Vakuumpumpe, auch wegen des notwendigen Lufteinlasses während der Reinigung.

Messbehälter bzw. Rekorder sind im Melkstand eigentlich nicht zur exakten Milchkontrolle gedacht (siehe Kapitel „Milchmengenmessung“). Sie sollen vielmehr die grobe Einschätzung der Milchleistung ermöglichen sowie Eutererkrankungen rechtzeitig zu erkennen helfen. Auch reduzieren sie die Vakuumschwankungen im Melkzeug. Sie sind jedoch sehr teuer, besonders wenn die automatische Messbehälterentleerung hinzukommt, und stellen immer Schwachpunkte bei der Anlagenreinigung dar. Der Vorteil der täglichen Milchmengenanzeige dieser Art kann in der Praxis selten genutzt werden, besonders nicht in größeren Herden.

## **2.6 Milchabscheider**

Im Milchabscheider werden Milch und Luft voneinander getrennt. Das Ausschleusen der Milch kann bei kleineren Rohrmelkanlagen nach dem Kammerprinzip erfolgen. Heute hat sich aber die Milchförderpumpe (meist eine Kreiselpumpe) durchgesetzt. Durch die Pumpenmilchschleuse kann eine Steigung in der Melkleitung vermieden und die Milch über größere Entfernungen in die Kühlanlage gepumpt werden. Zu beachten ist jedoch, dass das Speichervolumen des Milchabscheiders, das mindestens 30 Liter, besser jedoch 50 Liter betragen sollte, durch eine richtige Einstellung der Pumpensteuerung auch ausgenutzt wird.

Andernfalls läuft die Pumpe in unnötig kurzen Intervallen und kann beim Einsaugen von Luft sogar starke Schaumbildung verursachen. Die Folgen sind erhöhter Verschleiß der Pumpe und eine schlechtere Milchqualität, insbesondere Geschmacksprobleme wegen hoher Gehalte an freien Fettsäuren. Aus den gleichen Gründen ist darauf zu achten, dass die Milch nicht im freien Strahl in den Behälter sprudelt, sondern schonend und ruhig an der Wand entlang geführt wird; dies gilt auch für das Einleiten der Milch in den Kühlbehälter.

Ruhige Strömungsverhältnisse sind aber nur zu erreichen, wenn ausreichende Leitungsquerschnitte, gleichmäßiges Gefälle der Melkleitungen, richtige Lufteinlässe im Sammelstück, entsprechende Vakuumversorgung und die richtige Arbeitstechnik gewählt werden.

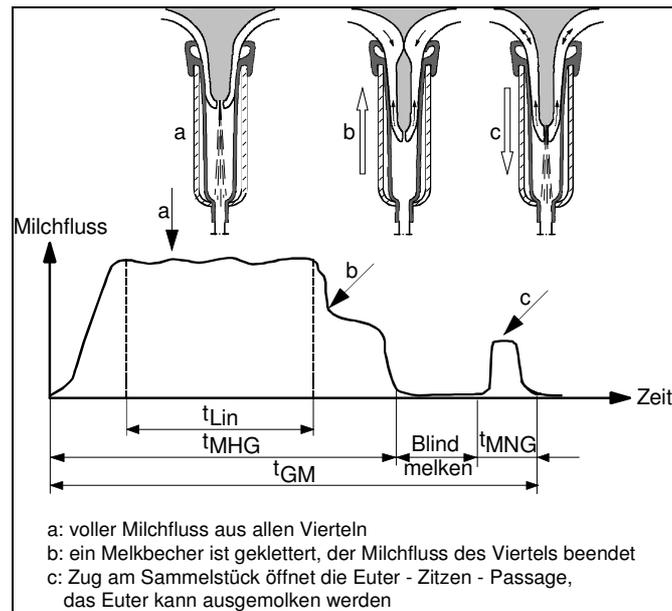
Beim Milchfilter handelt es sich in der Regel um eine Spirale, über die bei jeder Melkzeit ein Filterstrumpf gezogen wird. Dieser Milchfilter entfernt nur groben Schmutz, z.B. Stroh, aus der Milch. Bakterien werden nicht abgeschieden.

## **2.7 Arbeitsverfahren im Melkstand**

### **2.7.1 Arbeitsabläufe und Melkstandbauarten**

Bevor auf Melkverfahren und die Arbeitsabläufe darin eingegangen wird, erfolgt eine kurze Einführung in die verwendeten Begriffe und die Zusammenhänge. Prinzipiell

gilt, dass die Melkarbeit an mehreren Kühen nacheinander durchgeführt wird, solange an weiteren Kühen Melkzeuge hängen, welche die Milch ohne Zutun des Melkers entziehen. Damit ist Melken mit der Melkmaschine ein - lösbares - Optimierungsproblem, bei dem die Zeit, in der die Melkmaschine ohne Unterstützung des Melkers die Milch entzieht, mit Arbeiten an anderen Kühen/Melkzeugen ausgefüllt werden kann. Die (Hand-)Arbeit des Melkers erfolgt dann vor (Vormelken, Reinigen, Stimulieren) bzw. nach dem maschinellen Milchentzug (Abb. 2. 6).



**Abb. 2.6:** Milchflusskurve und das Geschehen am/im Melkbecher

In Tab. 2.1 sind wichtige Begriffe eingetragen, die im Folgenden häufiger benutzt und deshalb hier erklärt werden.

**Tab. 2.1:** Begriffe zur Beschreibung des Melkvorganges

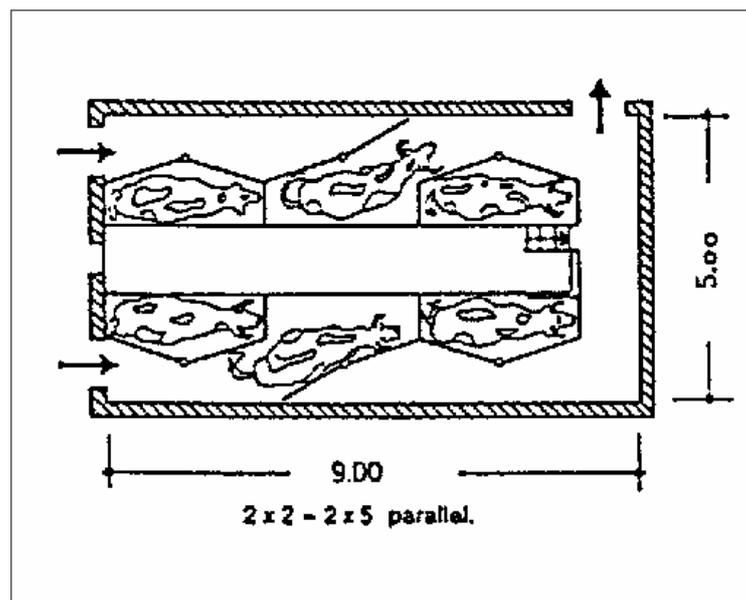
$t_{Lin}$	Zeitspanne der linearen Phase, in der aus allen Vierteln gleichmäßig Milch fließt
$t_{MHG}$	Zeitspanne für die Gewinnung des <b>M</b> aschinen <b>h</b> aupt <b>g</b> emelks - in dieser Zeitspanne entzieht die Melkmaschine die Milch "allein" und der Melker kann an anderen Kühen arbeiten
Blindmelken	der Milchfluss ist versiegt, die Zitzengummis massieren aber weiter und dadurch kann nach einiger Zeit die Zitze gereizt werden
$t_{MNG}$	Zeitspanne für die Gewinnung des <b>M</b> aschinen <b>n</b> ach <b>g</b> emelks - wird durch Zug am Melkzeug gewonnen → Handarbeit für den Melker
$t_{GM}$	=mot ( <b>m</b> achine <b>o</b> n <b>t</b> ime) Gesamtzeit, während der das Melkzeug am Euter hängt

Alle Arbeitsschritte des Melkers werden als "Routinearbeiten"  $t_{RA}$  zusammengefasst. Häufig wird noch nach vorbereitenden ( $t_{RAV}$  → Vormelken, Euter reinigen, stimulieren, Melkzeug anhängen) bzw. nachbereitenden Routinen ( $t_{RAN}$  → Kontrollgriff, nachmelken, Melkzeug abnehmen) unterschieden.

### 2.7.2 Bau und Einrichtung von Melkständen

Es gibt eine Vielzahl von Melkstandformen. Hier werden die Vor- und Nachteile der wichtigsten Melkstände kurz aufgezählt, wobei nur auf die am häufigsten eingesetzten Verfahren eingegangen wird.

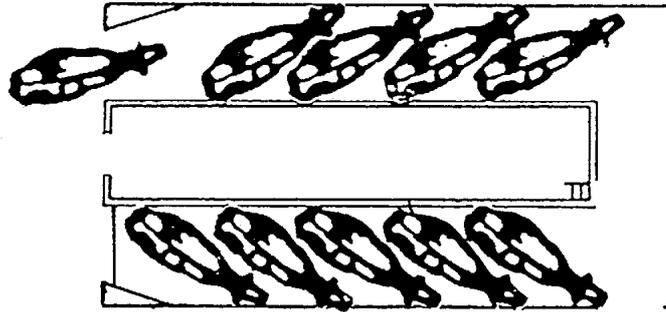
Zur Erledigung der Melkarbeiten in der Laufstallhaltung stehen nach heutigem Stand der Technik in der Hauptsache die drei Melkstandformen Tandemmelkstand, Fischgrätenmelkstand (FGM) mit der Sonderlösung Side-by-side-Melkstand (SbS) und Rotationsmelkstand (Melkkarussell) zur Verfügung. Letzterer kommt hauptsächlich erst in größeren Milchviehbeständen mit über 100 Kühen zum Einsatz.



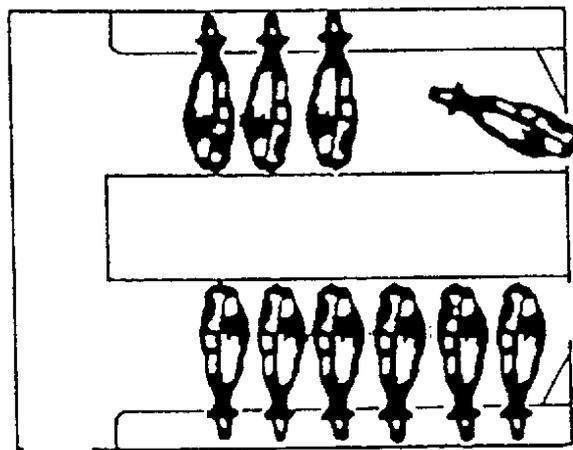
**Abb. 2.7:** Grundriss eines Tandemmelkstandes

Vorteile dieser Bauart sind gute Tierbeobachtung und individuelle Tierbehandlung. Als Nachteil ist der hohe Platzbedarf anzusehen.

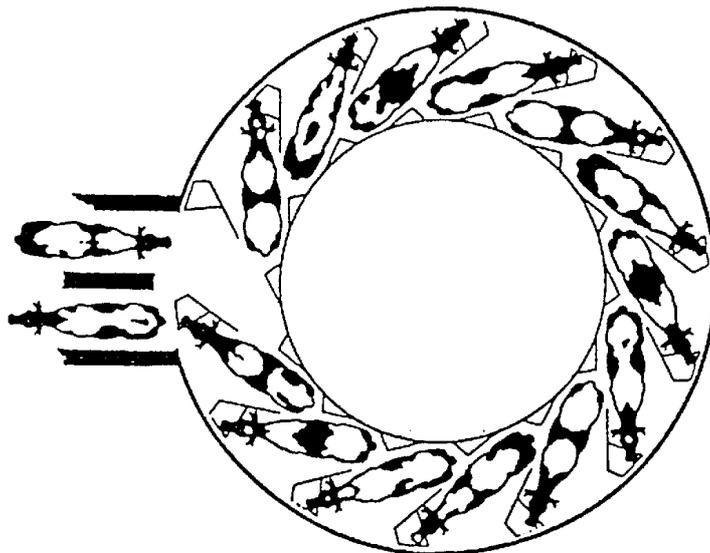
Der früher oft beobachtete hohe Zeitaufwand für das Ein- und Austreiben der Tiere ist durch moderne automatische Türsteuerung vernachlässigbar (→ Autotandem, Variotandem...) und macht heute diese Melkstände zu den zwar teuersten, aber auch effizientesten. Die Belegungsrate je Platz und Stunde ist mit ~7 Kühen die höchste aller Melkverfahren.



**Abb. 2.8:** Grundriss eines Fischgrätenmelkstandes



**Abb. 2.9:** Grundriss eines Side-by-Side-Melkstandes



**Abb. 2.10:** Grundriss eines Melkkarussells

Da diese Melkverfahren sehr unterschiedlich sind und auch das Arbeiten hier teilweise unterschiedlich organisiert wird, zuerst eine Übersicht über prinzipielle Verfahrensleistungen (Tab. 2.2). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die hohe Platzbelegung im automatisierten Tandemmelkstand aus der Tatsache folgt, dass es sich um einen "Einzelmelkstand" handelt. In diesem treten die Kühe einzeln ein und sofort wieder ab, sobald sie fertig gemolken sind. Im Gegensatz dazu müssen die Kühe im "Gruppenmelkstand" - hier treten sie in einer Gruppe ein, werden gemolken und treten auch als Gruppe ab - immer auf die langsamste Kuh warten. Dadurch ist der Standplatz im FGM/SbS länger belegt und es können weniger Kühe je Stunde gemolken werden.

**Tabelle 2.2:** Belegung des einzelnen Standplatzes (Kühe / h) bei unterschiedlichen Melkstandtypen

Melkstandtyp	1.3.1 Berechnung	1.3.2 Belegungsrate
Einzelmelkstand	$60 / (t_{ZU} + t_{RA} + t_{MHG} + t_{AB})$	→ 7
Gruppenmelkstand (FGM / SbS)	$60 / (t_{ZU} + t_{WARTE} + m \cdot t_{RA} + t_{MHG}^* + t_{AB})$ ( $t_{MHG}^*$ = längste $t_{MHG}$ der Gruppe, $m$ = Anzahl Kühe je Melkstandseite)	→ 5 (4 - 6)
	bei größeren Melkständen: ~ 4 Kühe/h wegen $m \cdot t_{RA} \uparrow \uparrow!$	→ ~4
Swingover	wie FGM, aber noch längere Wartezeiten, weil $m \cdot t_{RA} \gg t_{MHG}^{**}$	→ ~3
Karussellmelkstand	$60 / (t_{ZU} + t_{RA} + t_{MHG}^{**} + t_{WARTE} + t_{AB})$ ( $t_{MHG}^{**}$ = längste $t_{MHG}$ der Herde)	→ 4 (3,5 - 5)

$t_{ZU}$  bzw.  $t_{AB}$ : Zeit für Zu-/Abgang der Kuh(gruppe),

$t_{WARTE}$  Wartezeit einer gemolkenen Kuh

- Je größer die Gruppe (beim Karussell: Gruppe = Herde!!), desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass eine "langsame" Kuh dabei ist, desto länger sind alle Melkplätze belegt und desto geringer ist die Belegung des einzelnen Melkplatzes.
- Es müssen mehr Melkplätze vorgesehen werden (Kosten!), damit der Melker ausgelastet ist.
- größere Gruppen haben zusätzlich überproportional längere Zu- und Abgangszeiten - Abhilfe: Frontaustrieb.
- außerdem müssen in größeren Gruppen die Kühe länger warten, bis sie "dran sind".

Arbeitszeitmessungen durch unterschiedliche Beobachter in unterschiedlichen Melkständen erbrachten die in Tab 2.3 dargestellten Verfahrensleistungen. Erstaunlich ist die hohe betriebsbedingte Spannweite der Leistungen. Dies verdeutlicht, dass nicht

von vornherein mit den Maximalleistungen gerechnet werden darf, um unnötige Frustration und zeitliche Mehrbelastung aus zu schließen!

**Tab 2.3:** Melkleistung in Melkständen (mit Abnahmeautomat, Stimulationshilfe)

Typ/Größe	Min./ Belegung	Max./ Belegung	$\bar{x}$ Belegung
FGM / 2x4	36 / 4,5	52 / 6,5	43 / 5,4
FGM / 2x6	39 / 3,3	73 / 6,1	59 / 4,9
FGM / 2x8	70 / 4,4	88 / 5,5	75 / 4,7
FGM / 2x10 (2 P)	83 / 4,2	105 / 5,3	93 / 4,7
FGM / 2x12 (2 P)	110 / 4,6	128 / 5,3	116 / 4,8
SbS / 2x10 (2 P)	85 / 4,3	110 / 5,5	92 / 4,6
SbS / 2x12 (2 P)	90 / 3,8	120 / 5	99 / 4,2

2 P: 2 Melkpersonen, hier steigt zwar die Gesamtleistung, die einzelne Melkperson bringt aber Leistungen, die nicht über die in einem 2x6 FGM hinausgehen!!

Durch den geringen Euterabstand im Melkstand verkürzen sich gegenüber dem Anbindestall die Wege erheblich, die der Melker zwischen den Kühen einer Melkstandseite zurück zu legen hat. Die Arbeitskraft kann in aufrechter Haltung und in Sichthöhe die Euter der 85 cm über dem Melkflur stehenden Tiere bequem reinigen und kontrollieren. Da die körperliche Beanspruchung der Arbeitskraft unter der Dauerleistungsgrenze liegt, kann über einen längeren Zeitraum auch ohne größere Ermüdung gemolken werden. In größeren Herden sollte jedoch nach jeweils zwei Stunden eine Arbeitspause vorgesehen werden!

Die Breite des Melkstandes hängt hauptsächlich von der Melkstandausrüstung ab. Die Melkflurbreite liegt normalerweise bei 1,50 m. Wird jedoch mit Milchmengengeräten (z.B. Recordern) oder Melkzeugabnahmeautomaten gemolken, so empfiehlt sich eine Melkflurbreite von 1,80 bis 2,00 m. Weiterhin sind die Größe der Kühe, die Form der hinteren Abtrennung und der Winkel, in dem die Kuh zum Melkflur steht, von Bedeutung. Die Kühe stehen beiderseits des Melkflures entweder in einem Winkel von **30°** (1100-1200 mm Raster; 1450 mm Abstand Grubenkante – Wand), von **50°** (~800 mm Raster; 1850 bis 1950 mm Abstand Grubenkante – Wand (hierbei wird durch die Hinterbeine gemolken) schräg versetzt oder von **90°** (SbS) zur Längsachse des Standes (Raster ~700 mm, aber auch bis 740 mm speziell für Fleckvieh; 2200-2400 mm Abstand Grubenkante – Wand). Bei Frontaustrieb kommen noch einmal je ~3 m je Melkstandseite hinzu!

Die Milchleitungen werden generell beidseitig des Melkstandes unter der Melkstandkante mit einem Gefälle von 2 – 3% verlegt. Der Einsatz von Milchförderpumpen entlastet das Melkvakuum weitgehend vom Transport der Milch. Gleichzeitig wird die Zuordnung der Milchammer zum Melkstand erleichtert, da die Milchförderpumpe die

Milch auch über größere Entfernungen und Höhenunterschiede wegpumpen kann. Die Milchförderpumpe wird im Melkflur auf der Austriebsseite neben der Treppe angeordnet, wo sie den Melkvorgang nicht behindert.

Melkbuchten und Melkflur sollten einen griffigen, säurebeständigen und abnutzungs-festen Belag auf Betonunterlage erhalten. Flachgekuppte, schräggeriffelte oder kleingezackte Bodenplatten sind gut geeignet. Auch Gussasphalt eignet sich sehr gut. Für die Stufen zum Melkflur haben sich feuerverzinkte Riffelstahlblechtreppen als einfache und billige Lösung eingeführt und bewährt.

Das Wasser muss von beiden Melkstandseiten und dem Melkflur über Einlaufroste in säurebeständigen Kanälen und Rohren abgeleitet werden. In der Abwasserleitung ist ein Geruchsverschluss erforderlich. Der Boden der Melkbuchten sollte so ausgebildet werden, dass der Einlauf in die Abwasserleitung mit 2 Prozent Gefälle in Richtung Abwasserrinne an der Außenwand erfolgt. Das erleichtert das Ausspritzen des Melkstands während der Melkarbeit deutlich.

Die für den Umtrieb zum und vom Melkstand notwendigen Türen sollten 0,85 bis 0,90 m breit sein. Bei breiteren Türen bedrängen sich die Kühe zu stark. Die Türen müssen als Schiebetüren vom Melkflur über Seilzug oder pneumatisch zu betätigen sein. Bei der baulichen Zuordnung des Melkstandes zum Stall sind folgende Grundsätze zu beachten, damit die Tiere möglichst selbständig den Melkstand betreten:

- a) Umtrieb vom Liegeplatz über den Melkstand zum Fressplatz (bei Fressboxen-ställen ist ein eigener Warteplatz notwendig oder es darf erst nach dem Melken gefüttert werden).
- b) Direkter Zugang zum Melkstand ohne zu schmale Gänge und ohne Stufen
- c) Möglichst keine Richtungsänderung beim Zugang und für jede Buchtenseite ein eigener Eingang. Der Austrieb kann leichter über eine gemeinsame Tür erfolgen.
- d) Bei Warteplätzen kann eine elektrisch oder mechanisch betriebene Nachtrei-behilfe empfehlenswert sein. Der Platzbedarf einer Kuh im Warteplatz beträgt ca. 1,5 m<sup>2</sup>. Ein Anstieg des Bodens zum Eingang des Melkstands hin fördert die Ausrichtung der Kühe.
- e) Keine Tierbehandlung, z.B. durch den Tierarzt, im Melkstand. Besser Behandlungen außerhalb durchführen (Fressgitter, Warteplatz). Um ein zügiges Ver-lassen des Melkstandes durch die Kühe zu erreichen, sollten Tränken oder Kraftfutterabrufstationen nicht in unmittelbarer Nähe des Melkstandausgangs angebracht werden, da die Kühe sonst nach dem Melken bevorzugt dort ste-hen bleiben. Eine hier verweilende ranghohe Kuh kann den ganzen Kuhver-kehr aufhalten.

Bei sauberen Eutern reicht das Abwischen mit Einwegtüchern. Ansonsten wird mit-tels Euterduschen und Eutertüchern gereinigt, wobei für je 2 x 2 Buchten eine Du-

sche gerechnet wird. Die Wassertemperatur sollte über eine thermische Mischbatterie regelbar sein. Anschließend muss das Euter gut abgetrocknet werden!

Melkräume werden täglich zweimal für kurze Zeit genutzt. Sie kühlen zwischen den Melkzeiten während der kalten Jahreszeit aus. Zur Melkzeit wird eine große Zahl von Tieren mit einer durch die Belastung des Melkens gesteigerten Wasserdampfabgabe durch diesen Raum geschleust. Hinzu kommen die aus dem Reinigungswasser durch Verdunstung entstehende Feuchtigkeit sowie das anfallende Spritzwasser. Auf Grund der hohen Luftfeuchte bildet sich auf den Oberflächen der Bauteile leicht Tauwasser, das im Laufe der Zeit Bauschäden verursacht. Deshalb muss in einem geschlossenen Melkraum eine entsprechende Zwangslüftungsanlage eingebaut werden.

**Tab. 2.4** Arbeitsablauf im Fischgrätenmelkstand

	<b>Tätigkeit</b>	1.4 Zeitbedarf
<b>1</b>	<b>Allgemeine Rüstarbeiten bei Melkbeginn</b> Gehen zur Milchammer, Betätigen von Schaltern Anziehen von Arbeitskleidung .	~1 - 5 Minuten je Melkzeit
<b>2</b>	<b>Vorbereitende Arbeiten:</b> Vorbereitung zur Hauptarbeit Melken: - Melkzeuge von der Spülleitung abnehmen und vorbereiten - Milchfilter einbauen - Milchleitung an Milchkühltank anschließen	2,5 min je Melkzeit
<b>3</b>	<b>Kühe zum Melken umtreiben.</b> - Errichten und Beseitigen von Absperrungen - Zusammentreiben der Kühe in einen Warteraum oder Laufgang vor dem Melkstandeingang - Umtreibearbeiten, evtl. mit Abtrennen der Trockenstehenden	10 min je Melkzeit, bei größeren Herden Einsatz von Treibern
<b>4</b>	<b>Hauptarbeit Melken</b> - Euter vorbereiten - Melkzeug ansetzen - Nachmelken mit der Maschine - Melkzeug abnehmen - Dippen - Ein- und Austreiben der Kühe in bzw. aus dem Melkstand	0,5 – 1,5 min je Kuh
<b>5</b>	<b>Nachbereitende Arbeiten nach dem Melken:</b> - Melkstand und Warteraum ausspritzen - Melkeinheiten von außen reinigen und an die Spülleitung anschließen - Restmilch aus Milchleitung ablassen, Filter ausbauen - Spülautomaten füllen und einschalten - Milchammer säubern.	15 – 120 min je Melkzeit, abh. von der Größe der Anlage
<b>6</b>	<b>Milchtank</b> mit Hilfe eines Reinigungsautomaten <b>reinigen</b> .	nach Bedarf
<b>7</b>	<b>Allgemeine Rüstarbeiten nach dem Melken.</b> Diese Arbeiten entsprechen denen zu Beginn der Melkzeit	~ 1 – 5 min je Melkzeit

Bei in den Laufstall integrierten Melkständen ist in der Regel keine Lüftungsanlage erforderlich, da der große zur Verfügung stehende Luftraum den Feuchtigkeitsanfall abpuffert. Bei niedrigen Temperaturen im Melkstand empfiehlt sich eine Heizung mit Gas- oder Elektrostrahlern, da diese schnell anspricht und in der ein- bis zweistündigen Melkzeit durch ihre Strahlungswärme die Arbeitskraft mit der erforderlichen Wärme versorgen kann. Aber auch Fußbodenheizungen sind gut integrierbar.

Zur Beleuchtung dienen Leuchtstofflampen, die über dem Bedienungsflur angebracht werden (240 Lux, 12 bis 16 Watt pro m<sup>2</sup>, Feuchtrauminstallation).

An die Außenluft oder an kalte Räume angrenzende Wände und Decken müssen im Wärmeschutz den für Feuchträume geltenden Richtlinien entsprechen. Die Innenseiten der Wände werden zweckmäßig bis zur Decke gefliest (helle Fliesen).

Aufwändige Untersuchungen der „Leipziger Arbeitsgruppe“ haben in den 70er und 80er Jahren gezeigt, dass das Unterlassen des Nachmelkens mit Minderleistungen von 5 - 10% und mit Risiken für die Eutergesundheit einhergeht. Diese Nachteile sind mit den Vorteilen einer um rund ein Drittel höheren Melkleistung bei Unterlassen des Nachmelkens abzuwägen. Dabei bedeutet „Verzicht auf Nachmelken“ nicht unbedingt den Einsatz von Abnahmeautomaten. Sollen bei Melkende noch die Zitzen gedippt werden - in größeren Herden ein Muss - kann auch noch das Melkzeug manuell abgenommen werden. Dieser Arbeitsschritt dauert rund 5 s und kann vor dem Dippen (10 s) durchgeführt werden. Nur wenn nach dem Gemelksende gar nicht mehr zur Kuh gegangen wird, lohnt sich der Einsatz der recht teuren Abnahmetechnik und evtl. der Dippvorrichtung. Hier entstehen nicht nur Kosten für die Anschaffung, sondern auch Folgekosten für Ersatzteile und erhöhte Leistung der (größeren) Vakuumpumpe.

### **2.7.3 Swingover-Melkstand**

Vom Melken mit Wechselmelkzeugen (1 Melkzeug für zwei gegenüberliegende Melkplätze) wurde schon vor 30 Jahren abgeraten. Neuerdings wird diese Technik wieder vermehrt in Großbritannien eingesetzt, wobei von extrem guten Melkleistungen von teilweise mehr als 100 Kühen/h und Melkperson berichtet wird. Detaillierte Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Mehrleistungen unter Vernachlässigung aller Standards beim Melken ("gute fachliche Praxis") erzielt werden. So wurde z.B. in den untersuchten Betrieben keine Kontrolle der Vorgemelke durchgeführt. Damit werden Arbeitszeiten von < 30 s je Kuh und Melkzeit erreicht, was aber auch in aufgedoppelten FGM unter diesen Bedingungen erwartet und erreicht wird. Das zweite Argument für das Melkverfahren mit Wechselmelkzeugen ist die Einsparung von Kosten für das zweite Melkzeug. Diese halten sich aber in Grenzen, da nur die reine Melktechnik am Platz eingespart wird. Tabelle 2.5 zeigt dies deutlich.

**Tab. 2.5:** Einsparungen je Melkplatz bei Wechselmelkzeugen:

½ Melkzeug	150 Euro
½ Pulssystem	200 Euro
½ Waschaufnahme	40 Euro
½ Abnahmeautomatik	260 Euro
<b>Summe</b>	<b>650 Euro</b>

Aktuelle Erhebungen zur Arbeitszeit und Melkleistung in Großbritannien ergaben zudem, dass beim Melken mit Wechselmelkzeugen mehr Standplätze als beim Melken mit aufgedoppelter Technik benötigt werden. Die verschiedenen Varianten werden im Folgenden beispielhaft erläutert:

➔ Beispiel 1:

in einem (kleinen) 8/16 Swingover-Melkstand - also 8 Melkzeuge auf 16 Plätzen - werden genauso viele Kühe gemolken wie in einem Doppel-4er FGM.

➔ Beispiel 2:

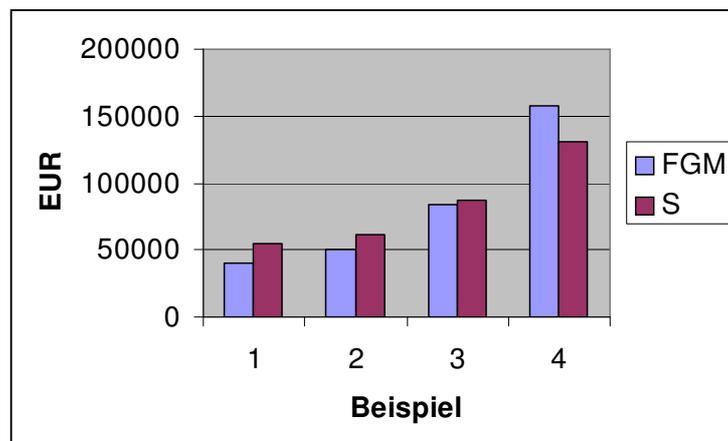
Geht man von einer Arbeitszeit je Kuh von einer Minute aus, so ist das in einem 10/20 Swingover-Melkstand bzw. in einem Doppel-6er FGM mit 12 Melkzeugen möglich.

➔ Beispiel 3:

In Großbritannien werden Arbeitszeiten je Kuh um 30 - 40 s gemessen. Nimmt man diesen Wert, so muss man einen 16/32 Swingover-Melkstand mit einem Doppel-12 FGM mit 24 Melkzeugen vergleichen.

➔ Beispiel 4:

der größte in GB gemessene Swingover-Melkstand (26/52) wird verglichen mit seinem (nur theoretischen) Pendant, einem Doppel-24 FGM mit 48 Melkzeugen.



**Abb. 2.11:** Gesamtkosten von Swing-over-Melkständen (S) und Fischgrätenmelkständen (FGM) mit Standardausstattung

**Tab. 2.6:** Kostenvergleich der Melkstände mit gleicher Leistung am Beispiel 2 für Betriebe in Deutschland

	10/20 Swingover	D-6 FGM (KTBL)
Melktechnik	27 871 EUR	24 547 EUR
Baukosten Melkstand	33 572 EUR	25 570 EUR
<b>2 Summe</b>	<b>61 623 EUR</b>	<b>50 117 EUR</b>
Leistung	60 Kühe/h	60 Kühe/h

Swingover → FGM(Standard): 11506 EUR bzw. 23 % Mehrkosten !!

#### 2.7.4 Vor- und Nacharbeiten

Bei der Kalkulation des Gesamtzeitbedarfes für die Melkarbeiten kommt den Vor- und Nacharbeiten eine entscheidende Rolle zu. Der Arbeitsablauf und damit der Inhalt der Nebenarbeiten sind bereits ausführlich beschrieben worden (u.a. Tab. 2.4). Der Zeitbedarf für die allgemeinen Rüstarbeiten vor und nach dem Melken ist von der Tierzahl weitgehend unabhängig und wird durch vor allem durch betriebsspezifische Faktoren (Gebäude, Herdenstruktur) bestimmt.

Als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Bildung von mehreren Leistungsgruppen in größeren Milchviehbeständen soll der Zeitbedarf für die dann notwendigen Umtreibearbeiten dienen. Dazu wird der Zeitbedarf für das Umtreiben einer Milchviehherde von 120 Tieren, die auf zwei Trogreihen stehen, bei Bildung von 1, 2 und 3 Leistungsgruppen (ohne Gruppe der trockenstehenden Kühe) verglichen. Für das Umtreiben der 120 Tiere als 1 Gruppe müssen rund 26 AK/min je Herde und Tag kalkuliert werden. Dieser Wert steigt um ca. 60 % auf 43 AK/min/Herde und Tag bei Einteilung in 2 Leistungsgruppen. Ist die Herde in 3 Leistungsgruppen gegliedert, so ist gegenüber der einen Gruppe der doppelte Zeitbedarf für das Umtreiben vor dem Melken in Kauf zu nehmen; er liegt dann bei 51 AK/min je Herde und Tag. Nachteilig wirkt sich auch aus, dass bei mehr Leistungsgruppen das Füllen des Melkstandes schwieriger wird, da die letzten Gruppen selten ihre volle Größe erreichen.

Als weitere Nebenarbeiten müssen die vor und nachbereitenden Arbeiten zum Melken im Melkstand verrichtet werden. Deren Zeitbedarfswerte sind von der Bestandsgröße prinzipiell unabhängig, jedoch üben Raum- und Flächenbedarf des Melkstandes einen Einfluss auf deren Zeitbedarf aus, welcher anhand der Anzahl Melkeinheiten geschätzt werden kann. Als Faustzahl können rund 5 AK/min je Tag und Melkplatz gelten.

## 2.8 Literatur

**Dodd** (Hrsg.) Machine Milking and Lactation (Insight Books 1992)

**Eichhorn** (Hrsg.) Landtechnik (7. Auflage, 1999)

### **3. Milchmengenmessung**

#### **3.1 Bedeutung und Anforderungen**

Während man bei der Verwendung von Eimermelkanlagen jedes Einzelgemelk vor Augen hat, erfordern Rohrmelkanlagen in Anbindestall und Melkstand Messgeräte zur Milchmengenerfassung. Für den Einsatz zur Milchleistungsprüfung müssen sie den Anforderungen des Internationalen Komitees für Leistungsprüfungen in der Tierproduktion (ICAR) genügen. Diese begrenzen den mittleren Anzeigefehler für die Milchmenge auf  $\pm 200$  g bei Gemelken unter 10 kg und auf  $\pm 2\%$  bei Gemelken über 10 kg. Die Standardabweichung des Anzeigefehlers darf  $\pm 250$  g bzw.  $\pm 2,5\%$ , wiederum abhängig von der gemessenen Milchmenge, nicht überschreiten. Der Fettgehalt der Milchproben darf im Mittel nicht mehr als 0,05 % Fett vom Fettgehalt der Referenzproben abweichen. Die Standardabweichung ist auf  $\pm 0,10\%$  Fett festgelegt.

Auf Grund der komplexen physikalischen Abläufe beim Melken kann die Funktion von Milchmengenmessgeräten durch ungünstige Kombinationen verschiedener Parameter, wie. z.B. Milchfluß, Vakuumhöhe und Luftdurchsatz, beeinträchtigt werden.

Im Rahmen eines mehrstufigen Anerkennungsverfahrens werden daher neue Modelle auf dem Prüfstand und in der Praxis daraufhin untersucht, ob sie den Anforderungen des ICAR genügen und ob sie im praktischen Einsatz unproblematisch zu benutzen sind. Nicht zuletzt wird auch bewertet, ob der Hersteller oder Vertreiber über eine flächendeckende, qualifizierte Service-Struktur verfügt.

#### **3.2 Bauarten von Milchmengenmessgeräten**

Geräte zur Erfassung der Milchmenge arbeiten entweder absätzig, d.h. sie speichern das Gesamtgemelk oder einen bekannten Teil davon, oder im Durchfluß, d.h. ohne Speicherung des ganzen Gemelkes oder von Teilmengen. Letztere benötigen zusätzliche Vorrichtungen zur Abscheidung von Milchproben. Zu unterscheiden sind Geräte, welche die durchfließende Milch in Portionen konstanten Gewichtes oder Volumens unterteilen, und solche, bei denen die Unterteilung des Milchstromes variabel in Abhängigkeit vom Minutengemelk erfolgt.

##### **3.2.1 Absätzig arbeitende Milchmengenmessgeräte**

Diese Geräte sammeln das Gesamtgemelk oder einen bekannten Anteil davon in einem Behälter mit einer Skala zum Ablesen der Milchmenge. Dabei muß auch die Stärke der Schaumauflage auf der Milch berücksichtigt werden. Aus dem Inhalt des Meßbehälters können Proben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe der Milch gezogen

werden. Vorher muß dessen Inhalt gründlich gemischt werden, um das Fett gleichmäßig zu verteilen. In der Regel geschieht dies durch Lufteinlaß in den Meßbehälter.

Ausschließlich für den Einbau in Melkständen eignen sich Milchmeßbehälter, auch Recorder genannt (Abb. 3.1). Sie sollten wegen ihres großen Raumbedarfes bereits bei der Planung eines Melkstandes berücksichtigt werden. Sie sammeln das Gesamtgemelk einer Kuh. Die Milchmenge wird durch Pegelmessung, Wiegen, Zählung der Zyklen einer Kolbenpumpe beim Entleeren des Gefäßes oder durch Messung der Entleerungszeit durch eine kalibrierte Öffnung bestimmt. Es ist keine besondere Vorrichtung zur Entnahme von Milchproben erforderlich, gründliches Durchmischen der Milch kann jedoch schwierig sein.

Das Fassungsvermögen muß mindestens 26 kg betragen. In der Regel sind auch Behälter mit einer Kapazität von 32 kg erhältlich. Bei sorgfältiger Anbringung erfüllt die Messgenauigkeit die Anforderungen der Milchleistungsprüfung. Jede Anlage muß vom zuständigen Kontrollverband besonders abgenommen werden. Technische Unterschiede ergeben sich vor allem bei den Handgriffen zur Entnahme von Milchproben und zur Entleerung. Diese kann gegebenenfalls durch ein teilautomatisiertes Melkzeug gesteuert werden. Milchmessgefäße müssen einer Druckdifferenz von 1 bar widerstehen können.

Das Luftvolumen in den Behältern wirkt bei kurzzeitigem Lufteinbruch einem raschen Vakuumverlust entgegen. Dementsprechend dauert bei größerem Vakuumabfall der Wiederaufbau des Nennvakuums länger.

Wegen der großen Oberflächen erfordern Reinigung und Desinfektion besondere Sorgfalt. Bei Bedarf erlauben Recorder die Erfassung von Gemelken mit nicht zur Ablieferung geeigneter Milch. Anschließend sollten sie gespült werden um Verschleppungen von Antibiotikaresten zu vermeiden. Das Abklemmen der Vakuumeleitungen und Anschließen der dazu erforderlichen Wasserschläuche ist jedoch arbeitsaufwendig und erfordert anlagenbezogene Erfahrung.

In neu eingerichtete Melkstände werden Recorder nur noch sehr selten eingebaut.

Teilmengengeräte sammeln einen bekannten Anteil des Gesamtgemelkes in einem Meßbehälter (Abb. 3.2). Aktuelle Geräte wandeln den Milchstrom zunächst in einen kreisförmigen Milchfilm um, aus dem ein Sektor abgetrennt und in den Meßbehälter geleitet wird. Die abgeteilte Milchmenge ist durch die Bauart des Messgerätes vorgegeben. Die Menge des Gesamtgemelkes wird durch Pegelmessung bestimmt. Milchproben werden entweder unmittelbar aus dem Meßbehälter oder mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung halbautomatisch entnommen. Die Milch wird vorher durch Lufteinlaß in den Meßbehälter gemischt. Die Geräte eignen sich für den Einsatz sowohl im Anbindestall als auch im Melkstand. Sie sind leicht zu transportieren und lassen sich an praktisch jeder Stelle der Melkanlage anbringen. Entscheidend für die Anzeigegenauigkeit ist neben korrekter Positionierung (senkrecht!) die präzise Ge-

winnung der Teilmenge, die zur Anzeige der durch das Gerät geflossenen Gesamtmenge dient. Die Präzision der Fertigung entscheidet daher über die Qualität der Geräte.

Neuerdings werden Teilmengengeräte auch mit elektrischen Mengenanzeigen ausgerüstet.

### **3.2.2 Kontinuierlich arbeitende Milchmengenmessgeräte**

Der Meßbereich dieser Geräte wird nicht durch die Kapazität von Meßbehältern begrenzt. Zur Vorbereitung auf die nächste Messung muß hier lediglich das Zählwerk für die Mengenanzeige auf Null gesetzt werden. Die Milchmenge wird elektrisch angezeigt. Derartige Geräte können in der Regel mit Managementcomputern gekoppelt werden.

#### *Geräte zur Zählung von Portionen konstanten Gewichtes oder Volumens*

Kippwaagen teilen den Milchstrom in Portionen mit konstantem Gewicht (Abb. 3.3). Die Milchmenge wird numerisch angezeigt.

Volumetrisch arbeitende Geräte sind mit Messkammern definierter Kapazität ausgerüstet. Der Milchpegel wird darin durch Schwimmer oder Fühlerelektroden bestimmt, welche die Entleerung der Messkammer steuern (Abb. 3.4). Die aus der Anzahl der durchgesetzten Portionen ermittelte Milchmenge wird numerisch angezeigt. Zur Luftabscheidung dienen großvolumige Einlaufkammern vor den eigentlichen Messkammern.

#### *Integration des Milchflusses über die Zeit*

Diese Geräte sind zur Zeit am weitesten verbreitet. Sie sind mit auf Biegestäben gelagerten Wiegebehältern (Abb. 3.5) oder mit Messkammern ausgestattet, deren Befüllung und Entleerung durch Schwimmer oder Elektroden gesteuert werden. Sie ermitteln durch die Messung der Zeit für das Füllen der Messkammer zunächst den Milchfluß (Abb. 3.6). Aus der Entleerungszeit und dem Milchfluß wird die durch das Gerät geflossene Milchmenge berechnet. Die Berücksichtigung nichtlinearer Kennlinien erfolgt auf rechnerischem Wege. Mechanischer Aufbau und Steuerung sind relativ einfach. Der Zufluß zur Messkammer bleibt ständig geöffnet.

Bei kontinuierlich messenden Geräten wird der Milchfluß ohne Unterteilung in Portionen bestimmt. Entweder dient dazu eine Messkammer, die mit Hilfe eines kalibrierten Abflußschlitzes eine milchflußabhängige Stauhöhe der Milch erzeugt („Lactocorder“, Abb. 3.7), oder Schichtdicke und Strömungsprofil der durchfließenden Milch werden durch eine Infrarot-Lichtstrecke abgetastet.

Zur Messung der Stauhöhe in der Messkammer dienen Elektroden, die zusätzlich mit Hilfe der Leitfähigkeit die Bestimmung des Luftanteil des Milch-Luft-Gemisches auf den verschiedenen Niveaus ermöglichen.

Bei der Messung mit Infrarotlicht müssen Korrekturgrößen für den Einfluß unterschiedlicher Milchezusammensetzung vorgesehen werden.

### **3.3 Vorrichtungen zur Entnahme von Milchproben**

Bei allen Geräten, die im Durchfluß messen, werden Milchproben durch Vorrichtungen entnommen, die eine Teilmenge aus dem das Gerät durchfließenden Milchstrom abscheiden. Ähnlich wie bei der Mengenummessung werden dazu überwiegend geometrische Prinzipien, z.B. Abtrennung eines Sektors aus einem kreisförmigen Milchfilm (Abb. 3.8), oder Kräfte genutzt, die bei der Umlenkung des Milchstromes oder als Folge der Änderung des Leitungsquerschnittes auftreten. Neuerdings kann die Milchprobe auf Grund der zu erwartenden Gemelksgröße durch Steuerventile unmittelbar in die im Labor des Kontrollverbandes eingesetzte Probeflasche abgefüllt werden.

### **3.4 Einsatzbereiche**

Die Verwendung von Milchmengenummessgeräten kann nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden. In organisatorischer Hinsicht muß entschieden werden, ob sie lediglich für innerbetriebliche Zwecke genutzt oder ob sie auch im Rahmen der Milchleistungsprüfung eingesetzt werden sollen. Im ersten Falle kann man sich mit Geräten zufrieden geben, deren Genauigkeit den hier zu stellenden Ansprüchen mit einem Anzeigefehler von 5 % genügt. Sonst muß man Geräte wählen, die von ICAR für die Verwendung zur Milchleistungsprüfung anerkannt sind. Dies sollte man sich vor dem Kauf nachweisen lassen.

Für den Anbindestall kommen nur mobile Geräte in Frage. Diese sind überwiegend den absätzig arbeitenden Teilmengengeräten zuzurechnen. Die aktuellen Modelle sind vakuumtechnisch unbedenklich. Sie eignen sich auch für den Einsatz im Melkstand, vor allem, wenn man nur gelegentlich Milchkontrollen durchführen will. Überwiegend werden hier jedoch feste Installationen bevorzugt, vor allem dann, wenn sie mit einem Managementcomputer zusammenarbeiten sollen.

Vakuumtechnisch verursacht der Einbau von Milchmengenummessgeräten im Melkstand in der Regel keinerlei Probleme, da in allen Fällen eine Milchableitung durch kurze Verbindungen mit großem Querschnitt in die unterhalb des Milchmengenummessgerätes liegende Milchleitung möglich ist. Steigungen und durchhängende Schlauchbögen sollten auf jeden Fall vermieden werden.

Sollen Milchmengenmessgeräte auch für die Milchleistungsprüfung eingesetzt werden, dann müssen sie nach dem Einbau die ordnungsgemäße Funktion und das Einhalten der Messgenauigkeit unter Praxisbedingungen mit Milch erfüllen. Dies wird von der örtlichen MLP-Organisation überprüft.

Außer technischen Überlegungen spielen natürlich auch die Preise eine Rolle. Teilmengengeräte sind bereits für rund 420 Euro/Stück erhältlich, Preise für elektrisch anzeigende Geräte sind im günstigsten Falle mit rund 900 Euro/Stück anzusetzen. Hier ist allerdings noch die Einbindung in das Herdenmanagementsystem zu berücksichtigen, welche geräte- und anlagenabhängig ist.

### **3.5 Prozeßsteuerung und Herdenüberwachung**

Aktuelle Milchmengenmessgeräte eignen sich in der Regel auch zur Protokollierung der Melkeigenschaften von Kühen, d.h. sie können den Milchfluß überwachen und Signale zur Steuerung von Pulsator, Nachmelkautomatik und automatischer Melkzeugabnahme senden.

Einige Geräte (z.B. Lactocorder) speichern zusätzlich den Verlauf der Milchflußkurve, geben den zeitlichen Anteil der einzelnen Gemelksfraktionen wieder und ermöglichen statistische Auswertungen der in einer Herde gewonnenen Daten (Abb. 3.9). Diese Funktionen erleichtern es vor allem Beratern, anlagenbedingte oder tierindividuelle Abweichungen vom normalen Verlauf des Melkvorganges aufzudecken, die Vollständigkeit der Euterentleerung zu beurteilen und Fehler im Arbeitsablauf zu finden und zu deren Vermeidung beizutragen.

Die Koppelung von Milchmengenmessgeräten an Computer stellt einen entscheidenden Schritt zur Schaffung von Managementsystemen dar. Da die Milchleistung einer Kuh von grundlegender Bedeutung sowohl für die Bemessung einer Futterration als auch für die Kontrolle der Effizienz des Futtermitelesatzes ist, erlaubt erst die automatische Eingabe dieser Größe in ein Managementprogramm die Nutzung aller Möglichkeiten des Computers in der Milchviehhaltung. Neben der bloßen Registrierung der Milchmenge sind damit außerdem Kontrollfunktionen möglich, die einen guten Überblick über den Zustand der einzelnen Tiere einer Herde geben. So können Abweichungen von einer "idealen" Laktationskurve erkannt und gegebenenfalls auch züchterisch verwertet werden. Kurzfristige Abweichungen von der zu erwartenden Leistung können als Indikator für gesundheitliche Probleme eines Tieres gewertet werden, vor allem dann, wenn weitere Meßwerte, z.B. die elektrische Leitfähigkeit der Milch oder Veränderungen der Milchezusammensetzung, Hinweise in gleicher Richtung geben.

Bei dem augenblicklichen Stand der technischen Entwicklung (s. Abs. 3.7.3) ist es schließlich vorstellbar, dass mit Hilfe einer mit der Milchmengenmessung verknüpften

Bestimmung der Inhaltsstoffe auch diese Informationen dem Landwirt unmittelbar zugänglich gemacht werden können. Dies könnte neben einer verfeinerten Gestaltung der Futtrationen auch der raschen Entdeckung von Veränderungen der Euter-gesundheit und der Beseitigung von fütterungsbedingten Fruchtbarkeitsproblemen dienen.

Die Milchkontrollorganisation würde sich unter diesen Bedingungen zu einer Daten-sammelstelle entwickeln, welche die Managementsysteme einzelner Betriebe on-line abfragen und die gewonnenen Informationen für die Beratung und zur Verarbeitung im züchterischen Bereich verwenden könnte. Daneben müßten Laborkapazitäten zur Überprüfung der auf den Erzeugerbetrieben installierten Analysensysteme bereit gehalten werden.

### **3.6 Wechselwirkungen zwischen Melkvorgang und Milchmen-genmessung**

Für den Einsatz zur Milchleistungsprüfung muß sichergestellt sein, dass die mögli-chen Wechselwirkungen zwischen Melkvorgang und Milchmengenmessgeräten we-der die in den einschlägigen Normen definierte ordnungsgemäße Funktion der Melk-anlage behindern noch die Genauigkeit der Milchmengenmessung beeinträchtigen. Diese Forderungen sind in den ICAR-Richtlinien zur Anerkennung von Milchmen-genmessgeräten für die Milchleistungsprüfung enthalten. Auch der Einfluß der Gerä-te auf den Melkprozeß wird bei den Anerkennungsverfahren berücksichtigt.

#### **3.6.1. Vom Milchmengenmessgerät ausgehende Einflüsse**

Bei der Passage durch ein Milchmengenmessgerät werden Geschwindigkeit und Richtung des Milchstromes mehrfach geändert. Bestimmte Bauarten benötigen zu ihrer Funktion außerdem zusätzlichen Lufteinlaß. Als Folge kann die Membran der Fettkügelchen beschädigt werden, was zu einem erhöhten Gehalt der Milch an freien Fettsäuren und zur Beeinträchtigung der Qualität von Milchprodukten führen kann.

Lufteinlaß und diskontinuierlicher Abfluß der Milch aus Milchmengenmessgeräten können zu genereller Absenkung des Vakuums im Melkzeug und zu erhöhten zykli-schen Vakuumschwankungen führen, wenn der Abfluß des Gerätes nicht auf kurzem Wege und mit kontinuierlichem Gefälle in die Milchleitung mündet. Bei einem Minu-tengemelk von 5 kg/min darf das Gerät keinen Vakuumabfall unter der Zitze von mehr als 5 kPa verursachen. Diese Forderung ist in bestimmten Fällen nur schwer einzuhalten, z.B. dann, wenn eine externe Vorrichtung zur Entnahme von Milchpro-ben eingesetzt wird.

### 3.6.2 Auf die Milchmengenmessung einwirkende Einflüsse

Die Funktion der Messgeräte ist ebenfalls verschiedenen Einflüssen ausgesetzt. Auch hierfür hat das ICAR Grenzwerte gesetzt, die sich gegebenenfalls an den DIN/ISO-Normen orientieren. So wird z.B. gefordert, dass die Geräte Minutengemelke bis zu 9 kg/min ohne Einschränkung der Messgenauigkeit bewältigen können.

Einflüsse auf die Funktion von Milchmengenmessgeräten können auch von Milchfluß, Vakuumniveau und Luftdurchsatz durch das Melkzeug ausgehen. Die Richtlinien des ICAR enthalten daher spezifizierte Anforderungen, denen die Geräte bei der Anerkennung für die Milchleistungsprüfung genügen müssen, soweit nicht, wie für den Luftdurchsatz, anderweitige Bestimmungen festliegen, wie z. B. ISO-Standards. Die Genauigkeit der Messgeräte in Melkanlagen, deren Betriebsbedingungen hinsichtlich Vakuumhöhe und/oder Luftströmung im Melkzeug bauartbedingt vom ISO-Standard abweichen, muß von Fall zu Fall geprüft werden.

Milchfluß und Luftdurchsatz, aber auch Laktationsstadium und Fütterungseinflüsse, können unterschiedlichen Luftgehalt des durch das Messgerät strömenden Milch-Luft-Gemisches verursachen. Daraus können bei volumetrisch messenden Geräten deutliche Beeinträchtigungen der Messgenauigkeit folgen. Werden Schwimmer zur Volumenmessung eingesetzt, dann können Schwankungen des Luftgehaltes durch geeignete Geometrie (kleiner Durchmesser, große Höhe) und angepaßtes spezifisches Gewicht selbst ohne aufwendige Einrichtungen zur Luftabscheidung berücksichtigt werden. Befindet sich vor der eigentlichen Meßkammer eine Vorlaufkammer zur Abscheidung der Luft aus der Milch, dann sind in der Meßkammer Luftanteile um 20% des Flüssigkeitsvolumens zu finden, die in der Regel ohne Probleme zu kompensieren sind (Abb. 3.10). Bei Elektrodensteuerung muß durch eine Referenzmessung der elektrischen Leitfähigkeit der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem die Kammerfüllung aus weitgehend luftfreier Milch besteht.

Die geforderte Messgenauigkeit kann bei vielen volumetrisch messenden Geräten nur durch zusätzliche milchflußabhängige Korrektur des nominellen Kammervolumens sichergestellt werden. Zufällige Abweichungen des tatsächlichen vom erwarteten Luftgehalt können dabei nicht berücksichtigt werden und führen häufig zu Fehlmessungen.

Milchmengenmessgeräte werden zwar in der Regel nicht speziell auf bestimmte Pulsatoren abgestimmt, jedoch ergeben sich häufig fabrikatspezifisch bevorzugte Kombinationen mit alternierender bzw. simultaner Pulsierung. Interaktionen zwischen Pulsierung und Anzeigefehler sind daher nicht auszuschließen. Die Hersteller sind gegebenenfalls nach dieser Gefahr zu befragen, vor allem dann, wenn keine Bindung an bestimmte Melkzeugbauarten besteht.

Die Milchezusammensetzung, vor allem der Fettgehalt, kann über die Änderung der Viskosität der Milch sowohl die Mengenbestimmung als auch die Richtigkeit der Probenentnahme beeinflussen, so dass z.B. besonders fettreiche Gemelke häufig Proben mit zu niedrigem Fettgehalt liefern. Mengennmessung und Probengewinnung können auch durch vorausgehende Reinigung der Melkanlage beeinflusst werden, was besonders die erste Kuhgruppe einer Melkzeit betrifft. Vorrichtungen zur Probenentnahme, in denen hohe Strömungsgeschwindigkeit und hohe Druckschwankungen auftreten, reagieren in der Regel besonders empfindlich auf Änderungen der Milchbeschaffenheit.

### **3.7 Technische Neuentwicklungen**

#### **3.7.1 „Low-price“-Milchmengennmessung**

Seit einigen Jahren werden von verschiedenen Herstellern milchflußgesteuerte Steuereinheiten für Melkzeuge vorgestellt, die auch die ermolzene Milchmenge anzeigen (Abb. 3.11). Sie erfüllen zwar nicht die für die Milchleistungsprüfung erforderlichen Genauigkeitsstandards, erlauben aber mit Anzeigefehlern von weniger als 5% doch eine ausreichende Überwachung der Milchmenge. Möglicherweise könnten derartige Vorrichtungen mittelfristig eine Alternative für die ICAR-anerkannten, sehr genauen, aber auch relativ teuren Milchmengennmessgeräte sein. Dann müßten sie jedoch für die Milchleistungsprüfung zugelassen werden und repräsentative Milchproben ziehen können.

Daneben werden auch einfache Vorrichtungen für die Gewinnung von Milchproben angeboten, welche bisher jedoch nicht in der Lage sind, den Fettgehalt des Gesamtgemelkes korrekt zu repräsentieren.

#### **3.7.2 Milchleistungsprüfung in AMS-Betrieben**

Im Gegensatz zu konventionellen Verfahren der Milchviehhaltung, in denen die Melkarbeiten in zwei, gelegentlich auch drei Melkzeiten zusammengefaßt sind, können die Kühe in Haltungsverfahren mit automatischen Melkverfahren (AMS) nahezu rund um die Uhr gemolken werden. Die Zeitspanne zwischen zwei Melkungen wird vor allem von der Milchleistung, dem Aktivitätsniveau der einzelnen Tiere und der Gesamtauslastung des AMS bestimmt. Für die Milchleistungsprüfung ergibt sich daraus, dass die Erfassung der Milchmengen und die Gewinnung von Milchproben aus den Einzelgemelken über einen Zeitraum von 24 Stunden möglich sein muß.

Die Informationen über die Größe der Einzelgemelke werden vom Managementrechner des AMS gespeichert. Die Abfüllung der zugehörigen Milchproben muß automatisch erfolgen. Zusätzlich zu den grundsätzlichen physikalischen Schwierigkeiten der Probengewinnung können sich hier Probleme mit der Ansteuerung der einzelnen Probeflaschen, der einwandfreien Zuordnung von Probe und Gemelk sowie der Haltbarkeit der Proben ergeben.

Bisher sind lediglich drei Einrichtungen für diesen Zweck im Einsatz, nämlich das „Shuttle“ des Herstellers Lely, welches auch im AMS des Hauses Lemmer-Fullwood eingesetzt wird, ein entsprechendes Gerät aus dem Hause Prolion sowie der automatische Probenehmer für das System „VMS“ des Herstellers DeLaval (Abb. 3.12). In allen Geräten befinden sich die Probeflaschen in x-y-Anordnung in einem Stativ, wo sie von der Abfüllvorrichtung nacheinander angesteuert werden. Vergleichbare Abläufe findet man auch in Milchsammelwagen.

Die Abscheidung der in die Probeflaschen abzufüllenden Milchmenge erfolgt unterschiedlich. Bei den Anlagen von Lely und Lemmer-Fullwood entnimmt das „Shuttle“ die Milchprobe unmittelbar der Endeinheit des Melkzeuges, in der das Gesamtgemelk gesammelt wird. Bei den Vorrichtungen von Prolion und DeLaval erzeugt ein Milchmengenmessgerät zunächst eine mengenabhängige Primärprobe, aus der nach Beendigung des Melkvorganges die zur Abfüllung in die Probeflasche bestimmte Milchmenge entnommen wird. Das „Lely-Shuttle“ und das DeLaval-Gerät haben die vorläufige ICAR-Anerkennung erhalten. Von dem Prolion-Gerät ist bekannt, dass es in den Niederlanden auf lokaler Ebene akzeptiert ist.

Hohe Strömungsgeschwindigkeit, die Vermeidung von Spülschatten, glatte Oberflächen mit ausreichendem Neigungswinkel und Vermeidung von Toträumen sowie intensives Ausspülen von Milchresten nach dem eigentlichen Abfüllvorgang ermöglichen es, die Anforderungen des ICAR an die Zusammensetzung von Milchproben im Hinblick auf Richtigkeit, Präzision und Unabhängigkeit der Fehler vom Fettgehalt des Gemelkes zu erfüllen. Weitere Stabilisierung der Probenqualität ist zu erwarten, wenn die Proben unmittelbar aus der Abscheidenvorrichtung eines Milchmengenmessgerätes in die Probeflasche abgefüllt werden, da hier Abscheidung und Zwischenspeicherung einer Primärprobe als Störfaktoren entfallen. Derartige Einrichtungen werden bisher noch nicht angeboten.

Neben den technischen Aspekten stellt sich wegen der variablen Zwischenmelkzeit und der nicht festliegenden Anzahl der Gemelke darüber hinaus die Frage, auf welche Weise die Vergleichbarkeit der in AMS erworbenen MLP-Daten mit denen aus konventionellen Verfahren hergestellt werden kann. Außerdem muß die Weitergabe der Daten vom Herdenmanagementsystem an die MLP-Organisation sowohl hinsichtlich Inhalt als auch Format der Dateien geregelt werden. In Deutschland gibt es dazu die Richtlinie 1.8 der ADR („Empfehlung zur Durchführung der Milchleistungs-

prüfung mit AMS und für die Berechnung der Leistung“), die seit dem 1.7.2000 in Kraft ist.

### 3.7.3 On-line-Milchanalyse

Seit mehr als 10 Jahren wird über den Einsatz von Nah-Infrarot-Spektroskopie zur Beurteilung von Milchqualität und Eutergesundheit berichtet. Daneben wird in der Literatur auch auf den Einsatz von Farbmessungen zur Bewertung der Milchqualität hingewiesen.

Gegenwärtig deutet sich an, dass innerhalb absehbarer Zeit die Milchanalyse vor Ort, also während oder unmittelbar nach dem Ende eines Melkvorganges Realität sein wird. Ein in diese Richtung zielendes Projekt wird von der französischen Milchkontrollorganisation France Contrôle Laitier seit längerer Zeit verfolgt. Prototypen des Systems wurden bereits in mehreren Departements erprobt. Gegenwärtig wird an der Beseitigung dabei erkannter Probleme gearbeitet. Auch Hersteller von Milchanalysengeräten bzw. Melkanlagen arbeiten an derartigen Systemen.

Diese Technik wird eine grundlegende Erneuerung des Anerkennungsverfahrens für die Milchleistungsprüfung erfordern, da von den Geräten nicht nur strömungstechnische sondern auch analysenbezogene Kennwerte vor Ort einzuhalten und überprüfbar umzusetzen sind.

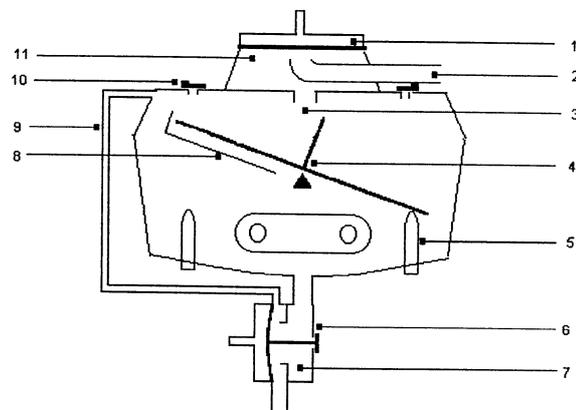
Es ist damit zu rechnen, dass nach erfolgreicher Einführung in der Milchleistungsprüfung diese Systeme auch für den allgemeinen Einsatz auf Betriebsebene verfügbar sein werden. Über Preise und Betriebskosten kann gegenwärtig noch keine Angabe gemacht werden.



**Abb. 3.1:** Recorder benötigen viel Platz im Melkstand

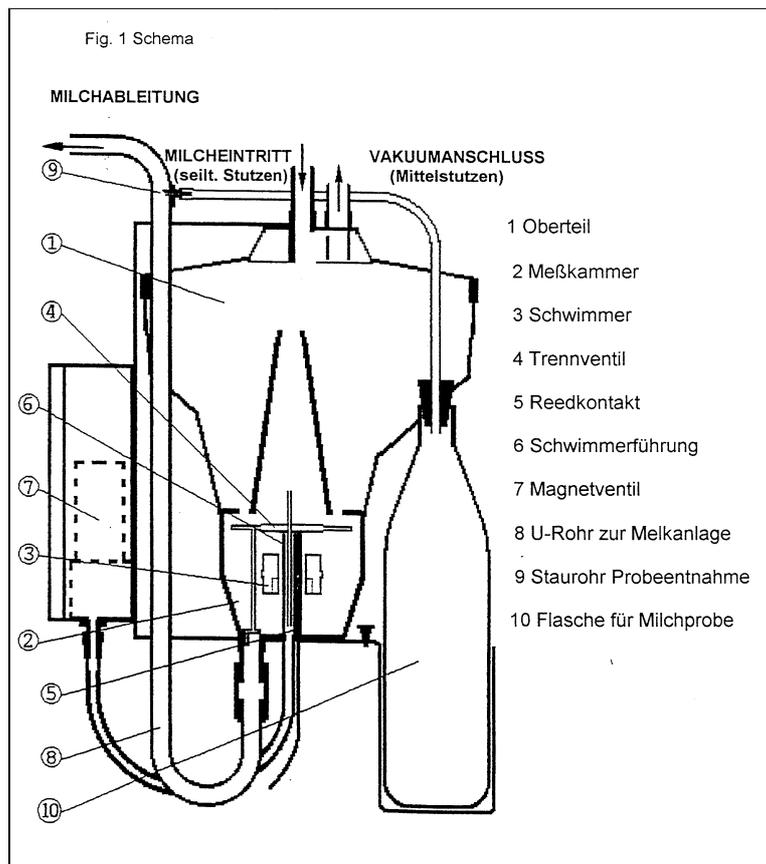


**Abb. 3.2:** Teilmengengeräte können in Anbindestall und Melkstand eingesetzt werden

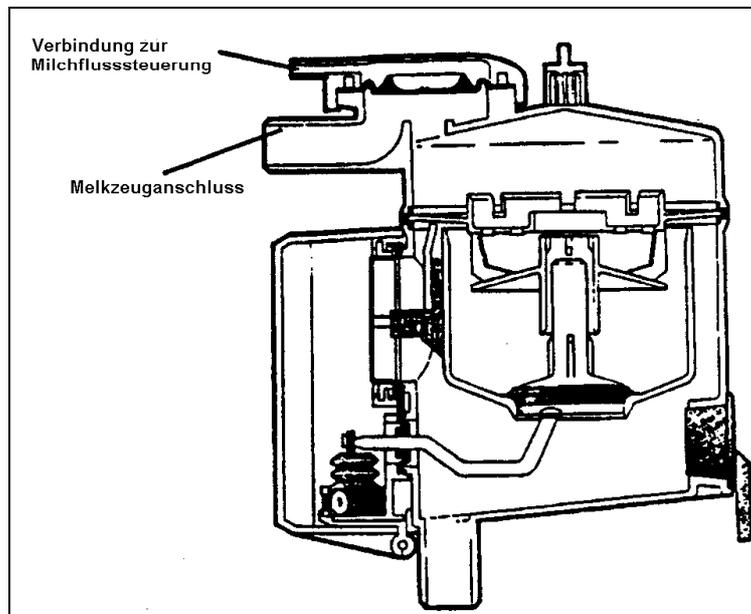


- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Arbeitskammer des Absperrventils | 6 Belüftungsöffnung am Spülventil |
| 2 Milcheinlaufstutzen              | 7 Spülventil                      |
| 3 Milchzuführungskanal             | 8 Probenahmekanal                 |
| 4 Kippwaage                        | 9 Bypass                          |
| 5 Anschläge für Kippwaage          | 10 Ventklappe                     |
|                                    | 11 Vorlaufkammer                  |

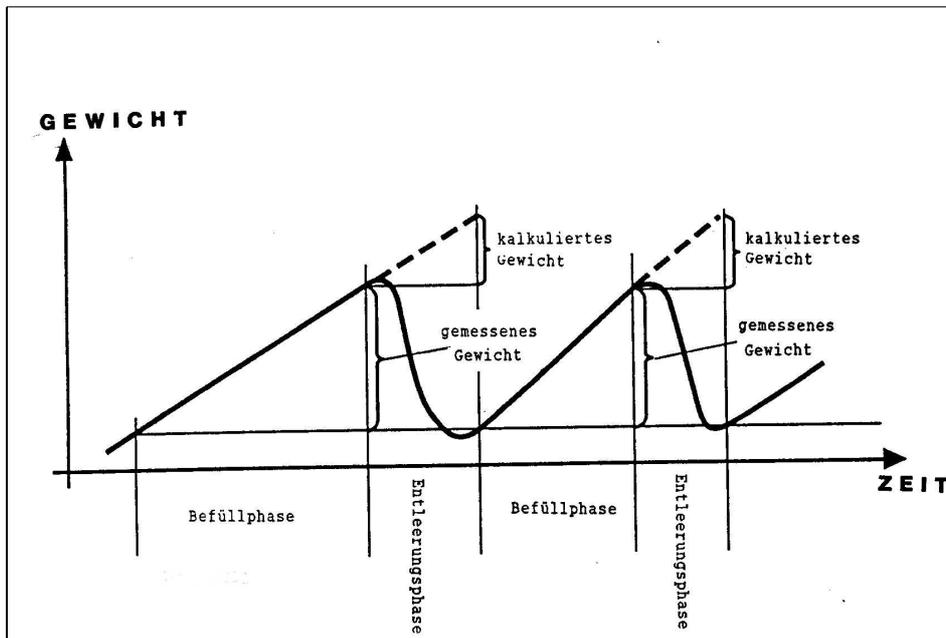
**Abb. 3.3:** Die „Kippschale“ ist ein verbreitetes Gerät in größeren Melkständen (LMS Stützerbach, Ilmenau)



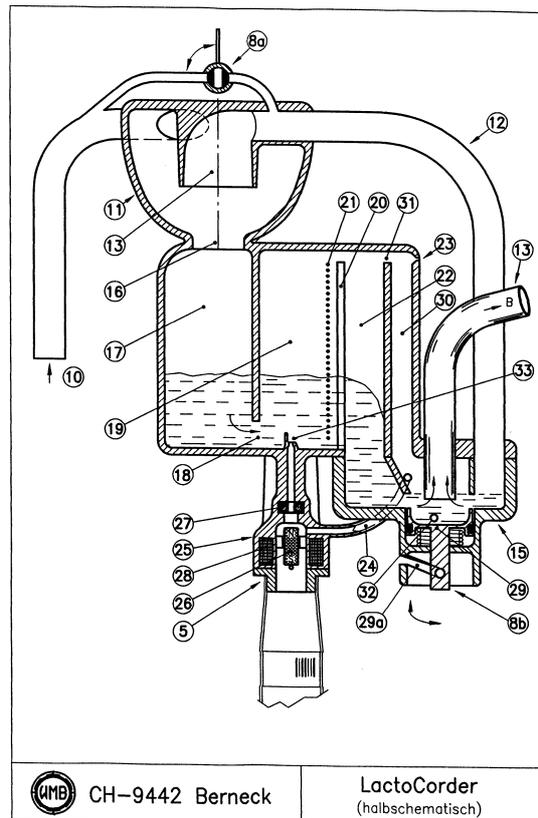
**Abb. 3.4:** Beispiel eines schwimmergesteuerten Gerätes zur Messung konstanter Volumina (Agro-Favorit Farmtechnik, Hemslingen)



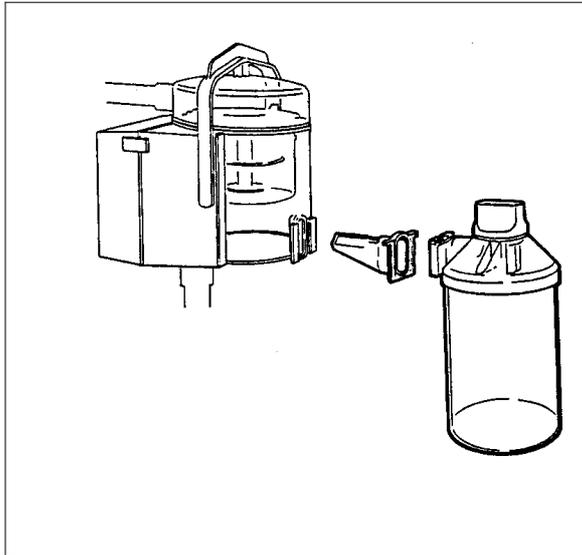
**Abb. 3.5:** Hier dient eine „Wiegetasse“ zur Integration der Milchmenge über die Zeit (DeLaval, Glinde)



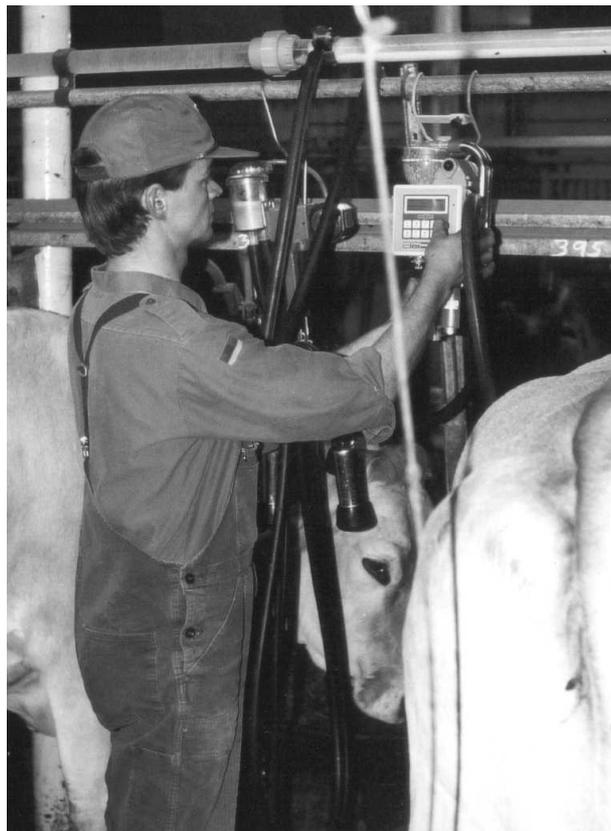
**Abb. 3.6:** Schematische Darstellung der milchflussgestützten Mengenbestimmung (DeLaval, Glinde)



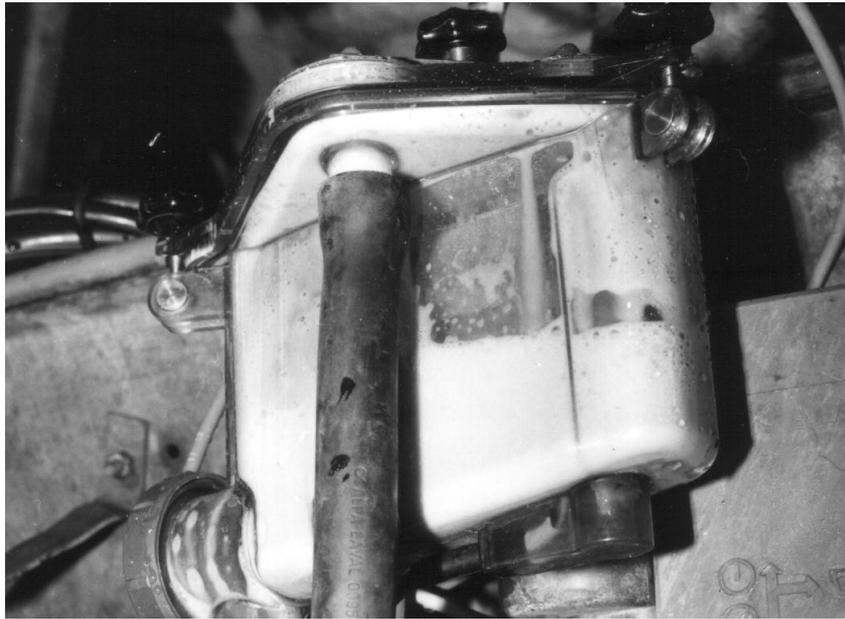
**Abb. 3.7:** Aufbau des „Lactocorders“ (kontinuierliche Messung des Milchpegels in der Messkammer) (WMB, Berneck (CH))



**Abb. 3.8:** Einrichtung zur geometrischen Abscheidung der Milchprobe (DeLaval, Glinde)



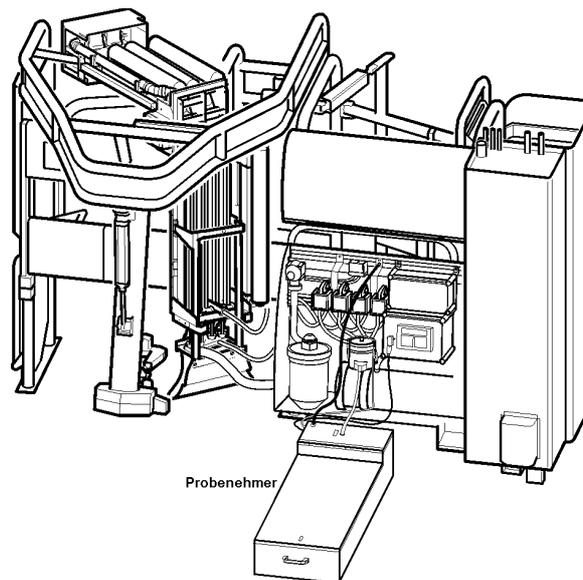
**Abb. 3.9:** Elektronische Milchmengenmessgeräte können auch beratungsrelevante Informationen liefern



**Abb. 3.10:** Elektrodengesteuerte Messgeräte sind in der Regel mit Vorlaufkammern zur Luftabscheidung ausgestattet.



**Abb. 3.11:** Nicht ICAR-erkannte Geräte können zur Melkzeugsteuerung und zur betriebsinternen Überwachung der Milchleistung eingesetzt werden.



**Abb. 3.12:** Automatische Melkverfahren benötigen Einrichtungen, die von jedem Gemelk eine repräsentative, eindeutig identifizierbare Milchprobe ziehen (DeLaval, Glinde)

### 3.8 Literatur

**AEL-Merkblatt** „Kochendwasser- oder Zirkulationsreinigung von Melkanlagen?“  
(1993)

**AEL-Merkblatt** „Vergleich zwischen Direktkühlung und Eiswasserkühlung von Milch“  
(1995)

**Graupner, M. und Barth, K.:** „Erfahrungen großer Milchviehbetriebe mit moderner Melktechnik“, RKL 4.2.1.1 (1999)

## 4. Sicherung der Milchqualität

Milch ist auf Grund ihrer Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Milchzucker ein gutes Nährmedium für zahlreiche Mikroorganismen. Ohne Gegenmaßnahmen steigt ihr Keimgehalt von wenigen 1000/ml unmittelbar nach dem Melken innerhalb einer Lagerzeit von 24 Stunden um den Faktor  $10^3$ , also weit über die in der Milchverordnung festgelegte Grenze.

Neben sauberer Arbeit bei der Milchgewinnung selbst sind wirksame Prozeduren für Reinigung und Desinfektion der Melkanlage und die Kühlung der Milch während der Lagerung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb wesentliche Voraussetzungen für die wirksame Kontrolle der Keimzahl der abgelieferten Milch und das Einhalten der vorgegebenen Grenzwerte.

Durch die derzeit gültige Version der Milchverordnung wurden die Anforderungen an die Milchqualität gegenüber früheren Vorgaben deutlich verschärft (Tab. 4.1). Nach dem Stand der Technik sind Keimzahlen um 20 000 Keime/ml und weniger erreichbar.

**Tab. 4.1:** Kriterien zur Prüfung von Rohmilch:

Keimgehalt (Keime/ml)	<100 000
somatische Zellen (Zellen/ml)	<400 000
Gefrierpunkt (Wassergehalt) (°C)	<-0.515
Hemmstoffe	nicht nachweisbar

## 4.1 Milchlagerung und –kühlung

### 4.1.1 Anforderungen an Milchkühlanlagen

Die Anforderungen an technische Einrichtungen zur Kühlung frisch ermolkenen Milch in Lagerbehältern sind in der Internationalen Norm ISO 13732 niedergelegt. Als grundlegende Forderung ist die Kühlzeit von 35°C auf 4°C für die in einer Melkzeit in den Lagerbehälter eingeleitete Milchmengen auf 2 bis 3,5 Stunden, je nach Leistungsklasse, begrenzt. Während der Kühlhaltung darf die Temperatur der Milch nicht über 4°C ansteigen.

Für die Milchkühlung stehen zwei Kühlsysteme zur Verfügung. Beim direkten Kühlsystem steht der Verdampfer der Kälteanlage in unmittelbarem thermischen Kontakt mit der Milch oder dem Milchbehälter, beim indirekten Kühlsystem wird die Wärme durch einen Kälte Träger von der Milch auf das Kältemittel übertragen. Als Kälte Träger dient Wasser, das sich teilweise als Eis am Verdampfer niederschlägt. Diese Anlagen werden als Eisspeicheranlagen bezeichnet.

### 4.1.2 Aufbau von Milchkühlanlagen

#### 4.1.2.1 Kälteanlage

Die Funktion der Kälteanlage beruht darauf, dass eine Flüssigkeit zum Verdampfen Wärme aus ihrer Umgebung aufnimmt, und dass das so entstandene Gas beim Kondensieren diese Wärmemenge wieder abgibt. Bei niedrigem Druck ist auch die für das Verdampfen nötige Temperatur niedrig, bei hohem Druck kann die Kondensation bereits bei höheren Temperaturen erfolgen.

Stoffe, bei denen diese Umwandlungen bei vorteilhaften Drücken und Temperaturen ablaufen, eignen sich zum Wärmetransport zwischen zwei Punkten. Sie werden als

Kältemittel bezeichnet. Diese sind durch den Buchstaben "R" und eine Ordnungszahl, z. B. "134a", gekennzeichnet und unterscheiden sich unter anderem in Wärmetransportkapazität und Druckbereich. Da auch das Schmieröl für das verwendete Kältemittel geeignet sein muß, ist die Umrüstung auf andere Kältemittel nicht ohne weiteres möglich.

Alle Arbeiten an der Kälteanlage müssen von Kältetechnikern durchgeführt werden, um Betriebssicherheit und Beachtung der Auflagen für den Umweltschutz zu gewährleisten.

Die Kälteanlage besteht aus einem ringförmigen Rohrsystem mit vier Stationen: dem Verdampfer, in dem das Kältemittel unter niedrigem Druck durch Aufnahme von Wärme verdampft, dem Kompressor, der den Dampf ansaugt und verdichtet, dem Kondensator, in dem der verdichtete Dampf sich unter Abgeben von Wärme in Flüssigkeit zurückverwandelt, und einem Drosselventil, welches diese in den unter Niederdruck stehenden Verdampfer zurückleitet.

In Milchkühlanlagen kommen überwiegend vollhermetisch gekapselte Kompressoren zum Einsatz, die in großen Stückzahlen standardisiert zu günstigen Preisen gefertigt werden. Kompressor und Antriebsmotor sind gemeinsam in eine druckfeste Kapsel eingebaut, die nicht von bewegten Teilen durchbrochen ist. Daher ist die Abdichtung gegen Kältemittelverluste bei dieser Bauart unproblematisch

Der Kondensator soll die aus der Milch abgeleitete Wärme an ein anderes Medium abgeben. Dieser Vorgang wird durch eine große Temperaturdifferenz zwischen dem Kältemittel und der Umgebung erleichtert. Kondensatoren können durch Luft oder durch Wasser gekühlt werden. Während die an die Luft abgegebene Wärmeenergie der Milch verloren ist, bleibt sie bei Wasserkühlung zur weiteren Verfügung erhalten (Wärmerückgewinnung).

Das Drosselventil zur Einleitung des Kältemittels nach Abkühlung und Verflüssigung in den Niederdruckbereich der Kälteanlage ist bei kleinen Anlagen als Kapillarrohr ausgebildet. Bei größeren Anlagen wird das Ventil entsprechend den Betriebsbedingungen der Kälteanlage gesteuert.

Der Wirkungsgrad der Kälteanlage ist bei großen Temperaturdifferenzen zwischen dem Kältemittel und dem Wärme abgebenden oder aufnehmenden Medium am höchsten, d.h. bei warmer Milch zu Beginn des Kühlvorganges und bei niedrigen Temperaturen im Bereich des Kondensators. Aus dem gleichen Grunde ist der Wirkungsgrad direkt gekühlter Anlagen geringfügig besser als der indirekt gekühlter Anlagen.

#### **4.1.2.2 Kühlsysteme**

Bei direkter Kühlung bestehen die Behälter aus einem Innenbehälter, der die Milch aufnimmt, und einem Außenbehälter zur Abstützung des Innenbehälters und als Schutzmantel für die Wärmedämmung. Der Verdampfer der Kälteanlage sitzt an der Außenseite des Innenbehälters. Um die Wärmeableitung möglichst gleichmäßig auf die gesamte Kühlfläche zu verteilen und um das Risiko des Anfrierens der Milch zu verringern, werden häufig zwei parallele Kanalsysteme für das Kältemittel vorgesehen.

In Verbindung mit Lagerbehältern ohne eigene Kühleinrichtung (Hofbehälter, kleine Milchwannen) wird der Verdampfer der Kälteanlage als bewegliche Einheit gestaltet und taucht durch den Deckel des Behälters von oben in die Milch ein (Tauchkühler). Er ist als Hohlzylinder oder als Teller ausgebildet. Platzbedarf und Gewicht begrenzen Kühlfläche und Kühlleistung (max. 1,1 kW). Tauchkühler werden bis zu Gemelken von etwa 200 Liter eingesetzt. Sie können nacheinander zwei Behälter kühlen. Aus arbeitswirtschaftlichen und kühltechnischen Gründen sollten sie darüberhinaus nicht verwendet werden. Zwischen den Melkzeiten müssen sie vor Verschmutzung sicher aufbewahrt werden.

Bei Eiswasserkühlung umschließt der Außenbehälter in der Regel nicht nur den Innenbehälter, sondern er enthält auch das Eisbanksystem mit dem Verdampfer, dem Eiswasservorrat und der Eiswasserumwälzpumpe. Die Wärmedämmung ist am Außenbehälter angebracht. Der Milchbehälter taucht in der Regel nicht in das Eiswasser ein, sondern wird durch ein Düsensystem angesprüht.

Statt reinen Wassers kann auch eine Mischung aus Wasser und Frostschutzmittel eingesetzt werden. Beim Abkühlen trennt sich der Wasseranteil in Form von kleinen Eiskristallen von dem Frostschutzmittel. Dieses Gemisch wird dann entweder zur Kühlung des Milchlagerbehälters verwendet oder durch einen Plattenkühler gepumpt. Da das unter großer Wärmeaufnahme ablaufende Auftauen der Eiskristalle erst durch den unmittelbaren thermischen Kontakt mit der Milch erfolgt, kommt dieses Verfahren mit einem relativ kleinem Gesamtvolumen aus.

## **4.2 Milchlagerung**

### **4.2.1 Lagerbehälter**

Lagerbehälter sind mit wenigen Ausnahmen wärmegeklämt. Ihr Aufbau wird durch das Kühlsystem beeinflusst. Überwiegend werden stationäre Behälter, Milchwannen oder -tanks, eingesetzt. Nur in Sonderfällen, z.B. beim Melken auf der Weide, wird auf transportable Behälter, Hofbehälter oder modifizierte Milchtanks, zurückgegriffen in denen die Milch durch Tauchkühler oder durch über Schläuche zu- und abgeleitetes Eiswasser gekühlt wird.

Milchwannen werden als rechteckige oder kreisförmige offene Behälter mit großflächigem Deckel gebaut. Der Deckel ist bei Rundbehältern einteilig, bei rechteckigen Behältern häufig zweiteilig. Die beiden Hälften sind an der Brücke angelenkt, auf der das Rührwerk sitzt. Einteilige Deckel tragen gleichzeitig das Rührwerk. Reinigung und Desinfektion von Milchwannen werden in der Regel von Hand vorgenommen. Die Ausrüstung mit Anlagen zur automatischen Reinigung unterbleibt meistens, weil das Austreten von Reinigungsflüssigkeit an den Deckelrändern nicht zu verhindern ist und auffällige Spuren an der Außenwand zurückbleiben. Die großen nicht wärmegeprägten Flächen des Wannendeckels begünstigen Einwirkungen der Umgebungstemperatur auf Kühlung und Kühllhaltung.

Milchtanks sind rundum geschlossene allseitig wärmegeprägten Behälter, meist in Form eines liegenden Zylinders, mit automatischer Reinigung und Desinfektion. Sie besitzen eine verschließbare Kontrollöffnung zur Besichtigung aller milchbenetzten Teile. Diese muß mindestens einer Ellipse mit den Abmessungen von 40 x 30 cm entsprechen. Das Rührwerk ist fest eingebaut. Eine Belüftungsöffnung sorgt für Druckausgleich bei Temperaturschwankungen und beim Entleeren des Tanks. Die Verdampferfläche kann zur Vergrößerung der Kühlfläche seitlich hochgezogen sein. Milchtanks werden für Lagerkapazitäten ab 1000 Liter bis zu etwa 12000 Liter eingesetzt.

Hofbehälter sind auf einem Fahrgestell transportable zylindrische Behälter ohne eigene Kälteanlage mit einem Fassungsvermögen bis zu 400 Liter. Die Kühlung mit Eiswassermantel ist besonders bei Weidemelken vorteilhaft, in Verbindung mit Stallmelkanlagen wird in der Regel der Tauchkühler eingesetzt. Hofbehälter sind auch in vakuumfester Ausführung verfügbar. Die Reinigung erfolgt immer von Hand.

#### **4.2.2      Hilfseinrichtungen**

Alle Lagerbehälter sind mit einem Rührwerk ausgestattet, um die Abkühlung der Milch zu beschleunigen, die Bildung von Wärmenestern und das Aufrahmen des Milchfettes und bei Direktkühlung das Anfrieren der Milch an der Kühlfläche, zu verhindern. Vor der Abholung der Milch muß das Rührwerk auf 4 °C gekühlte Milchmengen zwischen 10 und 100% des Nennvolumens innerhalb von 2 Minuten so durchmischen, dass der Fettgehalt von willkürlich entnommenen Proben um höchstens 0,1% schwankt. Dabei dürfen sich weder Schaum noch Butter bilden. Großflügelige, langsam laufende Ausführungen beanspruchen die Milch weniger als kleine, schnell laufende Rührwerke. Bei Tauchkühlern müssen die Form des Verdampfers und das Rührwerk deswegen besonders gut aufeinander abgestimmt werden.

Die Steuerung von Milchkühlanlagen erfolgt automatisch in Abhängigkeit von der Milchtemperatur. Bei direkt gekühlten Anlagen wird die Milchtemperatur durch Ein- und Ausschalten der Kältemaschine geregelt. Bei Eiswasserkühlung wird die Um-

wälzpumpe für das Eiswasser durch die Milchttemperatur, die Kältemaschine in Abhängigkeit vom Eisansatz an den Verdampferrohren gesteuert. Rührwerke arbeiten während der Kühlung grundsätzlich parallel zur Kältemaschine bzw. zur Eiswasserpumpe. Während der Kühllhaltung werden sie in Intervallen durch eine Zeitsteuerung eingeschaltet, um das Aufrahmen der Milch zu verhindern.

Plattenkühler eignen sich zur Vorkühlung der Milch mit Frischwasser bzw. zur raschen Abkühlung der Milch auf Lagertemperatur. Sie werden aus Plattenpaketen zusammengesetzt, die eine dem Milchdurchsatz angepaßte Anzahl von Platten aus nichtrostendem Stahl enthalten. Milch und Kühlflüssigkeit werden im Gegenstrom aneinander vorbeigeführt. Bei grösseren Plattenkühlern ist die Einrichtung von zwei Wasserwegen und damit der gleichzeitige Einsatz von Frischwasser zur Vorkühlung und von Eiswasser zur Abkühlung auf Lagertemperatur möglich.

#### **4.2.3 Wärmerückgewinnung**

Die Abwärme der Milchkühlung kann mit Hilfe eines wassergekühlten Kondensators zur Bereitung von Warmwasser verwendet werden. Der Kondensator befindet sich entweder in der Wand oder im Innenraum des Warmwasserspeichers oder er wird als getrennte Einheit außerhalb des Wasserbehälters installiert. Zusätzlich zu dem wassergekühlten ist ein luftgekühlter Kondensator vorhanden. Dieser sitzt entweder in einem gemeinsamen Kältemittelkreislauf mit dem wassergekühlten Kondensator oder er kann bei Bedarf zugeschaltet werden. Diese Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung erwärmen mit ca. 1,5 Liter Milch 1 Liter Wasser auf 50°C. In der Regel ist im Wasserspeicher eine elektrische Nachheizung installiert, welche die Wassertemperatur auf 65°C erhöht und ausreichenden Warmwasservorrat auch in Zeiten geringen Milchanfalles sicherstellt.

#### **4.2.4 Betriebsverhalten von Milchkühlanlagen**

Die Kühlung eines Gemelkes unter Normbedingungen dauert in Anlagen mit Direktkühlung ca. 2,5 Stunden. Bei Zugabe des zweiten Gemelkes erwärmt sich die Milch im Tank zunächst bis auf etwa 12°C (Abb. 4.1). Weitere Gemelke verursachen einen deutlich niedrigeren Temperaturanstieg. Die kritische Temperatur von 0°C an der Kühlfläche, die bei unzureichender Rührwerksfunktion zum Anfrieren der Milch führen kann, wird bei einer Milchttemperatur von etwa 7°C unterschritten. Hohe Milch- und Umgebungstemperaturen führen zu höheren Temperaturen und Drücken im Kältemittelkreislauf und erhöhen die Stromaufnahme der Anlage. In Untersuchungen wurde beispielsweise festgestellt, dass eine Laboranlage bei einer Milchttemperatur von rund 35 °C, also zu Beginn der Kühlung des ersten Gemelkes, einen Strom von

rund 13 Ampere aufnahm, bei einer Milchttemperatur von 8 °C betrug die Stromaufnahme dagegen nur noch 8 Ampere.

Die Kühldauer ist unter vergleichbaren Bedingungen in Eiswasseranlagen kürzer als in direkt gekühlten Behältern (Abb. 4.2). Die Temperatur des Eiswasservorrates liegt während der Kühlung 2 - 3 °C über dem theoretisch zu erwartenden Wert von 0 °C. In richtig dimensionierten Anlagen ist der Eisvorrat in der Regel nach rund 5 Stunden wiederhergestellt. Die in der Norm für diesen Vorgang gesetzte Grenze von 9 Stunden/Gemelk wird also deutlich unterschritten. In eiswassergekühlten Tanks ist bei der Zugabe eines zweiten Gemelkes mit einem Anstieg der Milchttemperatur auf ca. 11 °C zu rechnen, also etwas weniger als in direkt gekühlten Tanks. Weil bei niedrigerer Milchttemperatur auch die Temperaturdifferenz zum Kühlwasser abnimmt, verlängert sich die Kühlzeit des zweiten und weiterer Gemelke gegenüber dem ersten Gemelk geringfügig. Vorkühler können die Milch bei entsprechender Auslegung sofort bis auf die Lagertemperatur abkühlen. Das Kühlwasser wird dabei bis auf ca. 5°C erwärmt.

Auch bei der Eiswasserkühlung beeinflusst die Raumtemperatur die Funktion der Kältemaschine. Die Milchttemperatur spielt dagegen wegen des zwischengeschalteten Eiswasservorrates nur eine geringe Rolle.

#### **4.2.5 Kosten der Milchkühlung, Arbeitszeitbedarf**

Der Energieverbrauch für die Milchkühlung liegt bei ca. 1,5 kWh/100 Liter Milch bei direkt gekühlten und bei ca. 2,0 kWh/100 Liter Milch bei eiswassergekühlten Behältern (Tab. 4.2).

Während des Kühlvorganges braucht bei Eiswasserkühlung eigentlich nur die Eiswasserpumpe zu arbeiten, jedoch schaltet sich häufig auch die Kältemaschine mit nur kurzer zeitlicher Verzögerung nach dem Melkbeginn ein (Abb. 4.3). Damit ist eine optimale Nutzung tageszeitabhängig niedriger Strompreise nicht möglich.

Die Kosten der Milchkühlung setzen sich aus den im wesentlichen von der Kühlanlage verursachten Festkosten und den von der Milchmenge abhängigen Betriebskosten zusammen. Die ungefähre Zusammensetzung der Kosten für einen Tank mit einem Fassungsvermögen von 4000 l, einem Anschaffungspreis von rund 21000 Euro und einer Nutzungsdauer von 12 Jahren beträgt ca. 2600 Euro an Festkosten und veränderliche Kosten von 1,6 Euro/1000 l ermolken Milch (KTBL -Taschenbuch 2000/2001).

**Tab. 4.2:** Energieverbrauch eines Milchkühltanks in 4-Gemelke-Ausführung, Kapazität 3800 L, Gemelk 950 Liter (Quelle: AEL, 1995).

Kühlsystem	direkt	Eiswasser
Stromverbrauch	1,5 kWh/100 l	2,0 kWh/100 l
Stromverbrauch/Gemelk	14,25 kWh	19 kWh
Anteil Eiswasserpumpe (1,2 kW x 1,5 h)	-	1,8 kWh

Der Arbeitszeitbedarf für die Milchkühlung ist bei Milchtanks mit automatischer Reinigung und Desinfektion zu vernachlässigen.

### 4.3 Reinigung und Desinfektion

Melkanlagen müssen unmittelbar nach jeder Melkzeit und Milchlagerbehälter sofort nach der Entleerung gereinigt und desinfiziert werden.

#### 4.3.1 Zirkulationsreinigung

Die Umlauf- oder Zirkulationsreinigung in Verbindung mit sog. kombinierten Mitteln für Reinigung und Desinfektion ist zur Zeit das am weitesten verbreitete Verfahren (Abb. 4.4).

Diese Prozedur gliedert sich in drei Abschnitte:

- Entfernung von Schmutzpartikeln und Milchresten mit Wasser, nach Möglichkeit mit einer Temperatur von ca. 30° C.
- Reinigung und Desinfektion unter Anwendung von Wärme (ca. 60 °C), Reinigungs- und Desinfektionsmitteln in richtiger Konzentration, mechanischer Einwirkung auf die zu reinigenden Oberflächen (hohe Strömungsgeschwindigkeit, Bürsten), Einwirkungsdauer ca. 20 Minuten,
- Nachspülen mit Wasser.

Das Wasser muß Trinkwasserqualität haben. Für Reinigung und Desinfektion dürfen nur DLG- oder DVG-geprüfte Chemikalien in der vorgegebenen Konzentration eingesetzt werden.

Die Steuerung erfolgt durch programmgesteuerte Automaten. Diese erledigen alle Arbeiten zuverlässiger als mit Handarbeit und verringern den Aufwand an Arbeitszeit, Wasser, Chemikalien und Energie. Darüberhinaus ermöglichen sie die zeitliche Trennung einzelner Arbeitsgänge. Es ist z.B. möglich, nach dem Melken lediglich die Vorspülung ablaufen zu lassen und die Hauptreinigung erst unmittelbar vor der folgenden Melkzeit durchzuführen. Dadurch wird der durch Keimwachstum zwischen den Melkzeiten verursachte Anteil des Keimgehaltes der Milch reduziert.

Die Dosierung der Chemikalien erfolgt in der Regel automatisch. Entsprechend der Wasserhärte wird in angemessenen Intervallen, mitunter von Melkzeit zu Melkzeit, zwischen alkalischen und sauren Mitteln gewechselt. Gelegentlich werden beide Mittel sogar in einem einzigen Programm nacheinander eingesetzt.

Zur Warmwasserbereitung sind die Reinigungsautomaten in der Regel mit Durchlauf-erhitzern ausgerüstet, die auch das Nachheizen der Reinigungslösung erlauben, deren hoher Anschlußwert sich aber nachteilig auf den Grundpreis für elektrische Energie auswirken kann. Steht genügend Warmwasser aus anderen Quellen zur Verfügung, z.B. aus der Wärmerückgewinnung der Milchkühlanlage, wird der Energiebedarf für Reinigung und Desinfektion deutlich reduziert. Eventuell kann auf eine Zusatzheizung verzichtet werden.

#### 4.3.2 Kochendwasserreinigung

Neben der Umlaufreinigung ist Reinigung und Desinfektion der Melkanlage mit angesäuertem, nahezu kochendem Wasser („Kochendwasserreinigung“) möglich (Abb. 4.5). Der Wasservorrat muß dabei so groß bemessen werden, dass am abgelegensten Ende der Anlage noch mindestens 2 Minuten lang Wasser mit einer Temperatur von 77 °C ausströmt.

**Tab. 4.3:** Betriebsmittelaufwand für Reinigung und Desinfektion von Melkanlagen (Quelle: AEL,1993)

	Reinigungsverfahren	
	Zirkulation	Kochendwasser
Energie [kWh/10qm]	17	16
Wasser [l/qm]	21	20
Chemikalien [g/qm]	72,3	6,6

Die Kochendwasserreinigung benötigt weniger Zeit für die Reinigung als die Zirkulationsreinigung (Abb. 4.6, Abb. 4.7). Da die Aufheizung des Wassers in wärmege-dämmten Vorratsbehältern nicht zeitnah zur Melkzeit erfolgen muß, können dazu gegebenenfalls die Zeiten niedriger Stromtarife genutzt werden. Außerdem kann die Heizleistung wegen der längeren verfügbaren Heizdauer niedrig gehalten werden. Auch bei der Kochendwasserreinigung führt die Verbindung mit der Wärmerückge-winnung der Milchkühlanlage zu Energieeinsparungen. In Melkanlagen mit kompak-ten Leitungssystemen (Melkständen) ermöglicht die Kochendwasserreinigung effi-ziente Reinigung und Desinfektion ohne hohen Einsatz von Chemikalien (Tab. 4.3).

### 4.3.3 Sonstige Verfahren

Neben der Zirkulations- und der Kochendwasserreinigung stehen mittlerweile noch weitere Verfahren für Reinigung und Desinfektion zur Verfügung, z. B. die aus dem Molkereibereich abgeleitete Stapelreinigung. Beide Teilprozesse werden dabei getrennt. Das häufig zur Desinfektion eingesetzte stark umweltbelastende Chlor wird durch weniger kritische Chemikalien, z.B. Peressigsäure, ersetzt. Bisher vorliegende Ergebnisse zeigen, dass Melkanlagen mit diesem Verfahren ebenfalls zufriedenstellend gereinigt und desinfiziert werden können. Durch mehrfache Verwendung der Desinfektionslösung kann zudem die Abwassermenge verringert werden.

### 4.3.4 Einfluss der Melkanlage

Die Installation einer Melkanlage entscheidet weitgehend über den Erfolg von Reinigung und Desinfektion. Für die Abstimmung von Wasser- und Chemikalienmenge und Heizanlage auf die Anlagendimensionen (Leitungslänge, Milchmengenmeßgeräte) sollten die Anweisungen des Anlagenherstellers beachtet werden. Daneben sind aber auch scheinbare Nebensächlichkeiten wichtig, wie z.B. ein im Verhältnis zur Milchleitung ausreichender Durchmesser der Spülleitung oder der richtige Einbau von T-Stücken, um gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeitsmengen auf beide Zweige einer Anlage sicherzustellen.

Kritische Punkte, deren regelmäßige Kontrolle unangenehme Überraschungen bei der Keimzahl vermeiden hilft, sind besonders die Oberteile der Milchsammelstücke und, in Abhängigkeit von der Ausbildung der Melkzeugaufnahmen, die Innenseiten der Zitzengummiköpfe. Die Zitzengummischäfte gehören bei regelmäßigem Austausch der Gummis dagegen ebenso wie die Milchleitung zu den leicht zu reinigenden Anlagenkomponenten.

Im Interesse einer vollständigen Entleerung der Melkanlage nach Reinigung und Desinfektion sollten "durchhängende" Abschnitte der Milchleitung unbedingt begradigt werden.

Da in den Milchräumen stets hohe Luftfeuchtigkeit herrscht und die Reinigungsanlagen Kondenswasser und Spritzwasser ausgesetzt sind, müssen die Reinigungsautomaten mit entsprechenden Schutzmaßnahmen ausgerüstet sein. Elektrische Schalt- und Steuereinrichtungen sowie die gesamte Elektroinstallation müssen der Schutzart IP55 entsprechen. Gehäuse sollten aus korrosionsfestem und leicht abwaschbarem Material, Kunststoffen oder nichtrostendem Stahl, bestehen.

### 4.3.5 Reinigung und Desinfektion von Milchlagerbehältern

Kleine Milchlagerbehälter und Milchwannen bis zu etwa 1200 Liter Inhalt werden meist von Hand gereinigt. Für größere Behälter und Milchtanks sind Reinigungsanlagen erforderlich, deren Funktion mit der Zirkulationsreinigung von Melkanlagen vergleichbar ist. Auch Milchwannen können damit ausgerüstet werden, eine einwandfreie Abdichtung der Deckel ist allerdings schwierig.

Zur Zuführung der Reinigungslösung dienen Düsen, die auf der hohlen Rührwerkswelle, an der Behälterwand in Verbindung mit Prallflächen an der Rührwerkswelle oder an einem durch den Abfluß eingeschobenen Dorn angebracht sind. Der Rücklauf der Reinigungslösung erfolgt immer durch die Abflußöffnung des Behälters.

Je 1000 Liter Tankinhalt werden etwa 80 Liter Wasser benötigt, von denen etwa 30 Liter als Warmwasser mit einer Temperatur von 60 °C verfügbar sein sollten. Die Anlagen sind entweder betriebsfertig an den Lagerbehälter angebaut oder werden als separate Einheit geliefert, die sich auch zur Nachrüstung eignet.

### 4.3.6 Sicherheitsaspekte

Die problemlose Durchführung von Reinigung und Desinfektion erfordert die Beachtung einiger Sicherheitsaspekte.

Die Anforderungen an die Ausführung der elektrischen Anlage und die Gestaltung von Gehäusen wurden bereits erwähnt.

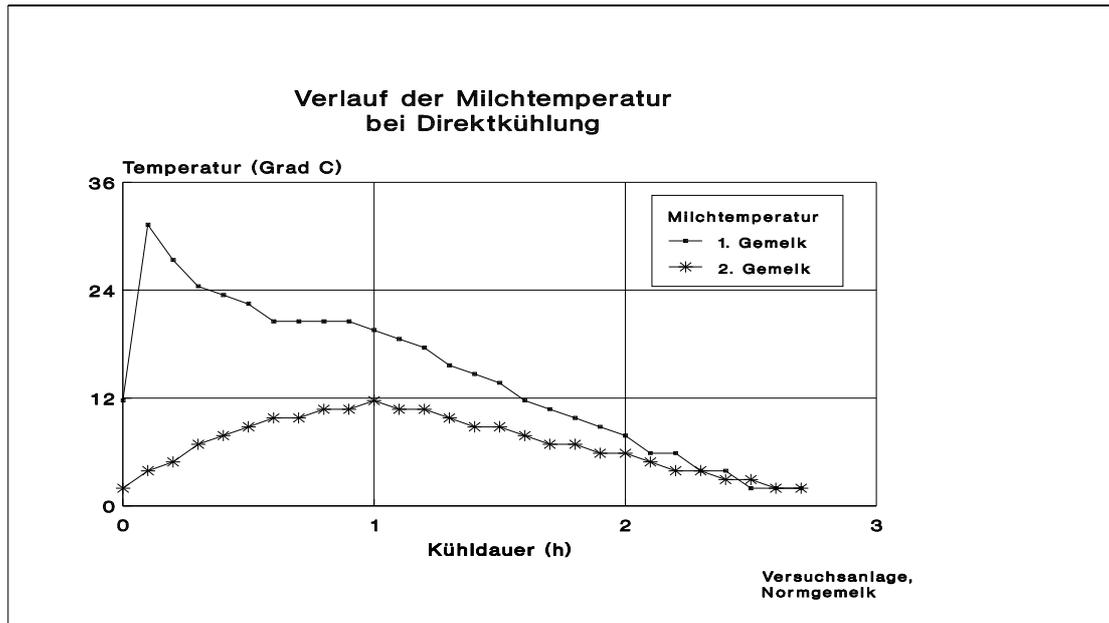
Von besonderer Bedeutung ist der sachgerechte Umgang mit den für Reinigung und Desinfektion eingesetzten Chemikalien. Um lange Haltbarkeit zu gewährleisten müssen diese kühl und trocken gelagert werden und dürfen nicht unmittelbar dem Sonnenlicht ausgesetzt werden.

Werden die Reinigungslösungen durch Zugabe pulvriger oder flüssiger Konzentrate von Hand hergestellt, dann ist der Kontakt mit der Haut zu vermeiden bzw. müssen entsprechende Hautstellen sofort entsprechend den Anweisungen auf der Verpackung des Reinigungsmittels gereinigt werden. In verschärftem Maße gelten diese Anforderungen für die Augen des Personals.

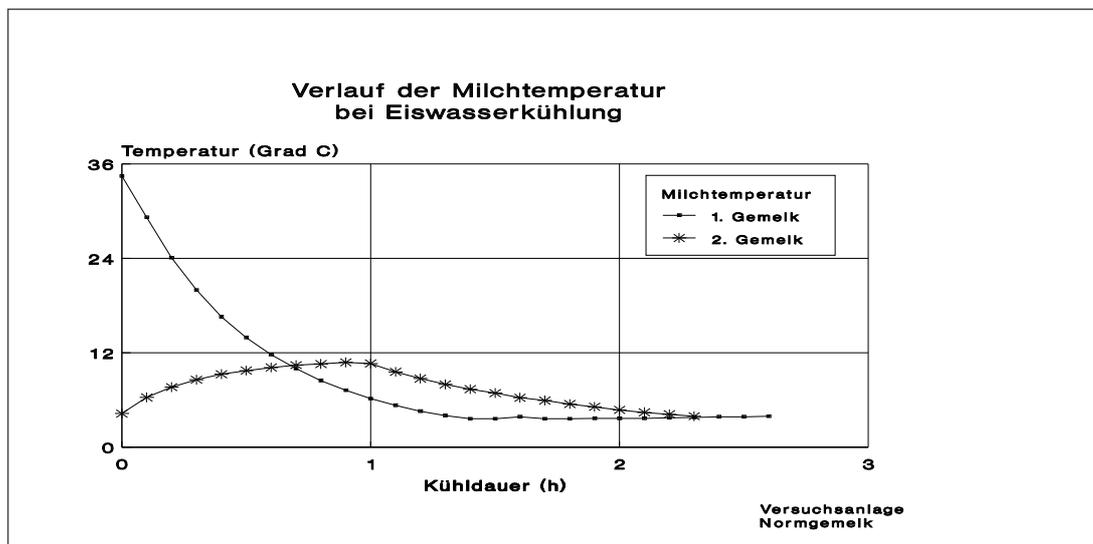
In neueren Anlagen sind diese Risiken dadurch verringert, dass die Dosierung der Chemikalien durch Schlauchpumpen vorgenommen wird. Zwischenfälle der genannten Art können hier eigentlich nur beim Ersatz leerer Vorratsbehälter auftreten.

Werden in einer Anlage gleichzeitig alkalische und saure Mittel bereitgehalten, dann muß darauf geachtet werden, dass jedes Mittel nur an dem dafür vorgesehenen Anschluß mit der Anlage verbunden wird, weil die Vermischung beider Chemikalientypen heftige chemische Reaktionen hervorrufen kann. Aus diesem Grunde dürfen sie auch nicht miteinander vermischt werden.

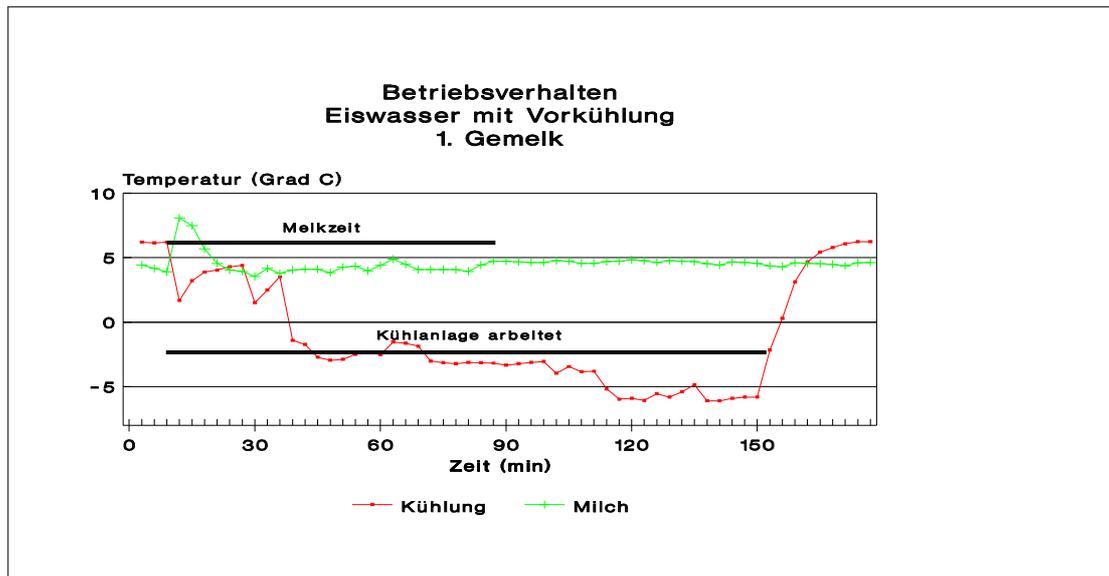
Da in Anlagen mit Kochendwasserreinigung Säuren eingesetzt werden, um die Verkalkung der Melkanlage zu vermeiden, gelten auch dort die genannten Anforderungen für den Umgang mit Chemikalien. Zusätzlich zu beachten sind die hohen Wassertemperaturen, mit denen hier gearbeitet wird. Sie verursachen nicht nur hohe Oberflächentemperaturen in der Melkanlage, sie können auch zu Verbrühungen führen, wenn man mit dem abfließenden Wasserstrom in Berührung kommt, vor allem gegen Ende des Prozesses, wenn die Wassertemperaturen am höchsten sind.



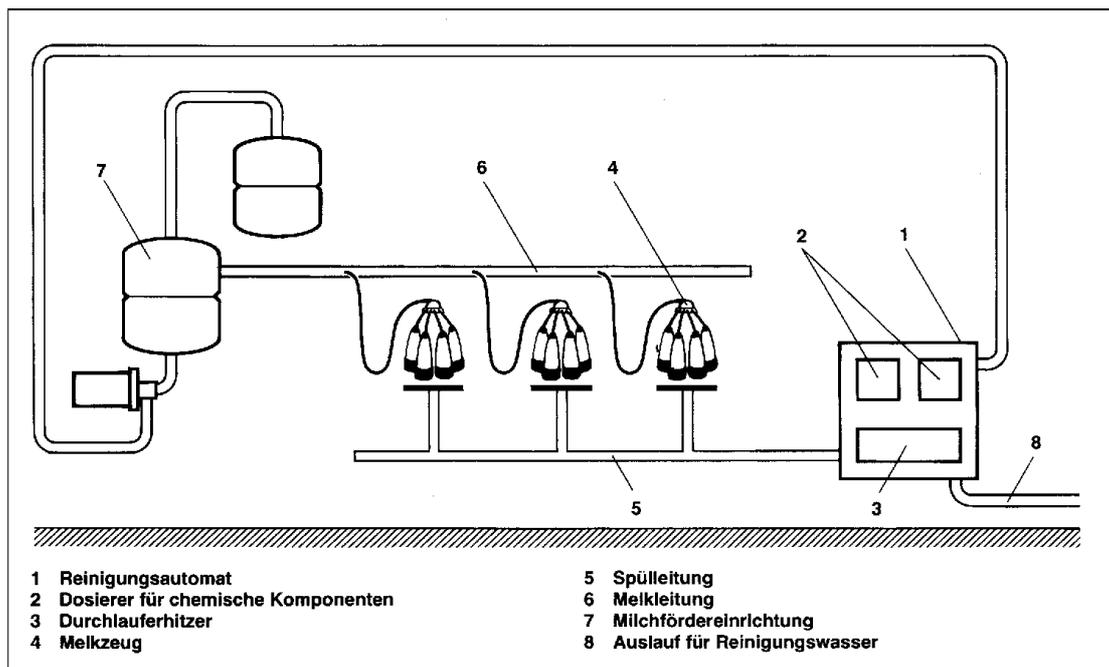
**Abb. 4.1:** Betriebsverhalten der Direktkühlung (AEL, 1995)



**Abb. 4.2:** Betriebsverhalten der Eiswasserkühlung (AEL, 1995)



**Abb. 4.3:** Betriebsverhalten einer Eiswasseranlage mit Vorkühlung (AEL, 1995)



**Abb. 4.4:** Funktionsschema der Zirkulationsreinigung (AEL, 1993)

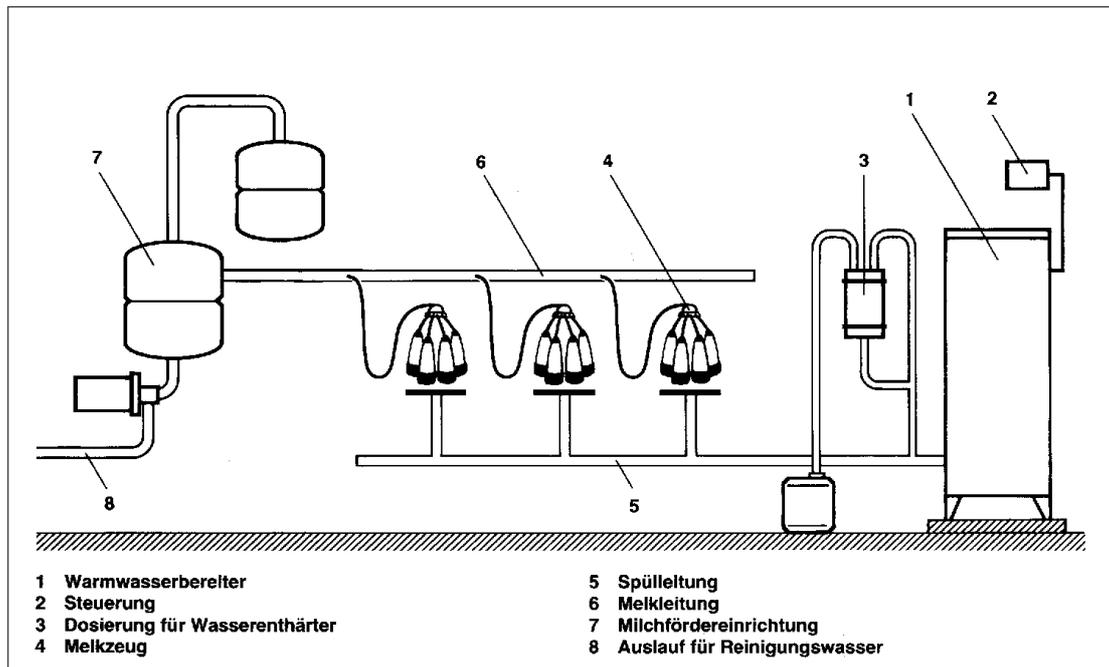


Abb. 4.5: Funktionsschema der Kochendwasserreinigung (AEL, 1993)

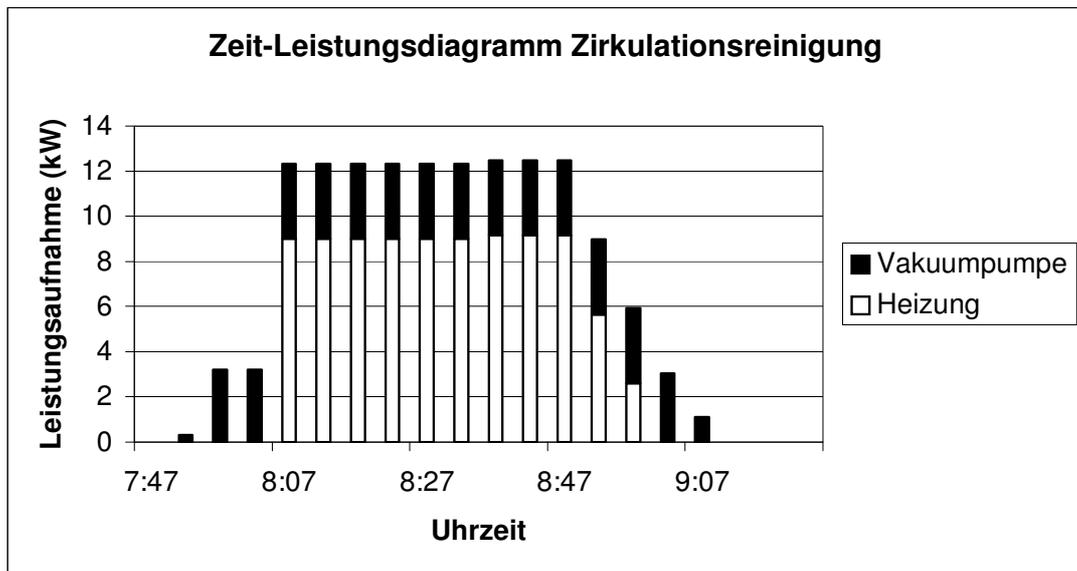
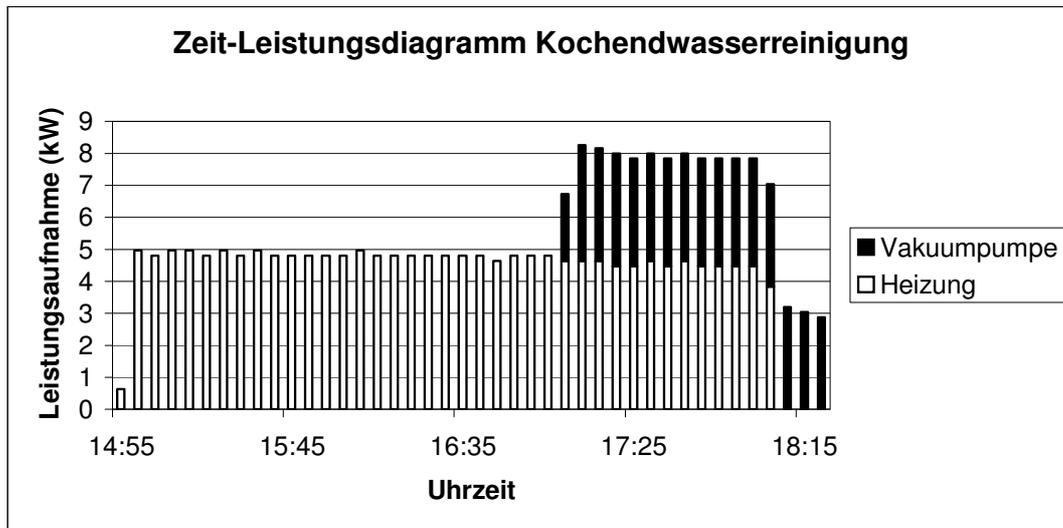


Abb. 4.6: Betriebsverhalten der Zirkulationsreinigung (Quelle: AEL 1992)



**Abb. 4.7:** Betriebsverhalten der Kochendwasserreinigung (Quelle: AEL,1993)

## 5. Praxisbezogener Vergleich und Zuordnung verschiedener Melkverfahren

Auf vielen bäuerlichen Familienbetrieben ist die Arbeitszeit knapp, so dass die Melkarbeit in max. 4 Stunden pro Tag erledigt sein sollte, um noch genügend Zeit für Fütterung, Herdenmanagement, Außenarbeiten usw. zur Verfügung zu haben. Anders stellt sich die Situation auf Großbetrieben mit Melkpersonal dar. Abgestimmt auf die Herdengröße ist ein Melkstand mit entsprechender Melkleistung auszuwählen. Die Melkleistung (Kühe/Stunde) hängt entscheidend von der Bauart, der Größe, der technischen Ausstattung und der Anzahl der Melkpersonen ab.

Neben dem zeitlichen Aspekt sollte die Melktechnik nur geringe Kosten verursachen, damit die Milchproduktion auch bei niedrigen Milchpreisen rentabel bleibt.

### 5.1 Vor- und Nachteile verschiedener Melkstandausführungen

Bei Bewertung von Melkständen, sind unter anderem der Raumbedarf, die Laufwege des Melkers, die Zugänglichkeit zum Euter und die Möglichkeit der Melkstandserweiterung entscheidend.

**Tab. 5.1:** Beurteilung verschiedener Melkstandausführungen

	Fischgräte	Side by Side	Side by Side (Swing-over)	Auto-tandem	Karussell (Fischgräte)
Raumbedarf	+	+	-	-	-
Laufwege für den Melker	+	+	-	-	+
Tiereinsicht/Euterzugang	+	-	-	++	+
Melkstanderweiterung	+	+	+	-	n.m.

+ = günstig    - = ungünstig    n.m. = nicht möglich

Wie aus der Tab. 5.1 ersichtlich, ist der Fischgräten-Melkstand im Hinblick auf den Raumbedarf aufgrund der Schrägstellung der Kühe zur Melkergrube als günstig zu beurteilen. Darüber hinaus bewirkt die Schrägstellung, dass die Laufwege für den Melker kurz sind und der Euterzugang gut ist, da die Kühe etwa zur Hälfte einsehbar sind. Ein steilerer Winkel von etwa 50 Grad zur Melkergrube verringert den Platzbedarf pro Melkplatz und verkürzt somit die Laufwege. Darunter leidet aber Zugänglichkeit zum Euter, in diesen Fällen, wird das Melkzeug nicht mehr seitlich, sondern von hinten durch die Beine angesetzt. Die Melkstanderweiterung ist bei der Fischgräte gut möglich. Bei der Betrachtung aller Kriterien zur Beurteilung von Melkständen, zeigt sich, dass der Fischgrätenmelkstand in allen Punkten gut zu beurteilen ist. Dies ist auch der Grund, weshalb diese Melkstandform die weiteste Verbreitung gefunden hat.

Der Side by Side Melkstand ist ähnlich zu bewerten wie der Fischgrätenmelkstand. Durch die Anordnung der Kühe im rechten Winkel zur Melkergrube reduziert sich die Melkstandlänge noch ein wenig mehr als beim Fischgrätenmelkstand. Die kompakte Bauweise verkürzt die Wege für den Melker und die Kühe. Auch das Nachrüsten weiterer Melkplätze ist tendenziell günstiger. Deutlich schlechter ist die Tiereinsicht und damit der Euterzugang. Alle Vorarbeiten sowie das Ansetzen des Melkzeuges erfolgen von hinten zwischen den Hinterbeinen der Kühe hindurch. Da der Euterzugang für viele Melkpersonen eine wichtige Rolle spielt, sollte vor der Entscheidung für dieses System einige Male mit dem Side by Side gemolken werden, um festzustellen, ob dies den persönlichen Neigungen entspricht.

Nur Fischgräten- und Side by Side-Melkstände können als Swing-over ausgeführt werden. Bei diesem System sind jeweils zwei gegenüberliegende Melkplätze mit einem Melkzeug ausgestattet. Dadurch ist der Raumbedarf bei gleicher Anzahl Melkzeuge deutlich höher und die Laufwege für den Melker sind doppelt so lang. Die Tiereinsicht und damit auch der Euterzugang sind beim Side by Side-Melkstand mit Swing-over-Ausführung ungünstig. Wird das Swing-over-System in einem Fischgrä-

ten-Melkstand eingesetzt, verbessern sich zwar Tiereinsicht und Euterzugang aber die Laufwege werden länger. Eine Erweiterung bei einem Melkstand mit Swing-over-Ausführung ist gut möglich, jedoch ist der Platzbedarf je Melkzeug sehr hoch, so dass alternativ die nachträgliche Ausstattung aller Melkplätze mit jeweils einem Melkzeug in Frage kommen kann.

Der Autotandem-Melkstand ist in Bezug auf den Raumbedarf als ungünstig zu bewerten, da die Kühe parallel zur Melkergrube stehen und somit viel Platz benötigt wird. Dies wirkt sich nachteilig auf die Laufwege für den Melker aus. Aufgrund der langen Laufwege scheidet der Autotandem-Melkstand für größere Anlagen (mehr als 2 x 4) aus. Dafür bietet die parallele Stellung der Kuh zur Melkergrube aber einen optimalen Zugang zum Euter. Einen Autotandem-Melkstand zu erweitern ist zwar grundsätzlich möglich, jedoch wird er sehr lang.

Das Melkarussell gibt es in verschiedenen Ausführungen. Die schräge Ausführung (als Fischgräte), bei der die Tiere mit dem Kopf nach außen gerichtet sind, ist die am weitesten verbreitete Karussellform. Der Melker steht innerhalb des Karussells an dem Punkt, wo die Kühe einzeln die Plattform betreten. Dieser Standort innerhalb des Melkarussells ermöglicht es der Melkperson, den Melkablauf bei allen Kühen zu beobachten. Das Melkarussell hat aufgrund der kreisförmigen Aufbaus einen hohen Platzbedarf. Die Laufwege für den Melker sind kurz, wenn er nicht zwischendurch zu einzelnen Kühe muß, die z.B. das Melkzeug abgetreten haben oder von Hand gedippt werden. Eine Erweiterung des Melkarussells ist nicht möglich.

## 5.2 Melkleistungen

Hohe Melkleistungen lassen sich nur erreichen, wenn optimale Bedingungen gegeben sind. Dazu gehören unter anderem saubere Euter und gerade, ebene Zu- und Abtriebswege. Auch die Bildung von Kuhgruppen (z. B. Kühe mit gleicher Melkdauer oder zu behandelnde bzw. frischmelkende Kühe) sichern hohe Durchsatzleistungen. Neben guten betrieblichen Bedingungen ist auch ein Melkstand mit entsprechender Leistungskapazität erforderlich, um hohe Melkleistungen zu erzielen. Die mögliche Melkleistung ist entweder vom Leistungsvermögen des Melkpersonals oder des Melkstandes abhängig. Optimal ist, wenn eine gute Auslastung sowohl des Melkpersonals als auch des Melkstandes erreicht wird.

Ist die Melkleistung des Melkstandes höher als die Melkleistung des Melkpersonals, wird ein Teil der Melkplätze im Melkstand als Warteplatz benutzt. In der Praxis zeigt sich, dass die Melkstände ausreichend groß ausgelegt sind und fast immer das Melkpersonal der begrenzende Faktor ist.

Ähnlich wie das Melkpersonal nur eine bestimmte Anzahl Kühe pro Stunde beim Melken betreuen kann, so ist auch bei jedem Melkstand nur eine bestimmte Melkleistung erreichbar. Das verdeutlichen die in Tab. 5.2 zusammengestellten Daten. In dieser Tabelle sind die maximalen Melkleistungen von verschiedenen Melkstandbauarten und –größen den Melkleistungen pro Melker gegenübergestellt.

In Melkständen mit mittlerer technischer Ausstattung also mit Nachtreibhilfe und Abnahmeautomatik kann ein Melker einen 2 x 6 Fischgräten- bzw. Side by Side-Melkstand, einen 2 x 12 Swing-over oder einen 2 x 4 Autotandem-Melkstand bedienen. Die Größe eines Melkkarussells sollte sich nach der Routinezeit bei störungsfreiem Melken richten, d. h. bei einer Umdrehungszeit von 12 Minuten können bei 35 bis 40 Sekunden Routinezeit rund 20 Melkplätze je Person bedient werden. Größere Melkstände erfordern den Einsatz eines weiteren Melkers. Hier ist aber erst dann eine gute Auslastung erreicht, wenn zwei Melker in einem 2 x 10 Fischgräten- bzw. Side by Side-Melkstand oder in einem 2 x 20 Swing-over arbeiten.

**Tab. 5.2:** Melkleistung (Kühe/h) vom Melkstand und Melker bei verschiedenen Melkstandbauarten und -größen

Melkstand	Anzahl Melkplätze	Melkleistung bei mittlerer technischer Ausstattung	
		Melkstand Kühe/h	Pro Melker Kühe/h
Fischgräte bzw. Side by Side	2 x 4	40	53
	2 x 6	60	53
	2 x 8	77	53
	2 x 10	96	53
	2 x 12	115	53
Swing-over	(2) x 12	60	55
	(2) x 20	98	55
Autotandem	2 x 3	40	56
	2 x 4	54	56
Melkkarussell	20	105	90
	30	143	90

Die beschriebenen Melkleistungen beziehen sich auf die reine Melkarbeit. Werden die erforderlichen Nebenarbeiten wie Melkstandvorbereiten und –reinigen noch mit in den Zeitaufwand einbezogen, ergeben sich geringere Durchsatzleistungen. Dies ist besonders dort der Fall, wo eine größere Fläche, wie z. B. beim Swing-over, zu reinigen ist.

Höhere Melkleistungen sind in der Praxis nur durch Weglassen oder ungenügende Durchführung der Melkarbeit zu erreichen. Über kurz oder lang führt dies häufig zu Problemen bei der Eutergesundheit. Besonders eine gute Vorstimulation wirkt sich positiv auf eine zügige und vollständige Milchhergabe (optimale Milchflusskurve) mit einem geringen Nachgemelk aus. Fehler bei der Vorroutine und eine daraus resultierende, mangelnde Melkbereitschaft der Kühe können im Laufe des Melkens nicht mehr korrigiert werden.

In der Tab. 5.3 ist berechnet, wie lange es dauert, mit unterschiedlichen Melktechniken verschiedene Herdengrößen zu melken. Neben der reinen Melkzeit wurden auch die Nebenarbeiten wie Melkstandvorbereitung, Melkstandreinigung usw. mit berücksichtigt. Bei der Berechnung wurde die Melkleistung von Melkständen mit mittlerer technischer Ausstattung zu Grunde gelegt.

**Tab. 5.3:** Zeitdauer pro Melkzeit für die Melkarbeit bei unterschiedlichen Herdengrößen

Bauart	Anzahl Melk-Plätze	Anzahl Melk-perso-nen	Melk-Leistung Kühe/h	Zeitdauer* pro Melkzeit (h:min)		
				Herdengröße (Anzahl Kühe)		
				60	120	180
Fischgräten-Melkstand bzw. Side by Side-Melkstand	2 x 4	1	40	1:40	-	-
	2 x 6	1	53	1:30	2:30	-
	2 x 8	2	77	1:20	2:00	2:40
	2 x 10	2	96	-	1:50	2:20
	2 x 12	2	100	-	1:50	2:20
Swing-over	(2) x 12	1	55	1:50	2:30	-
	(2) x 20	2	98	-	2:15	2:45
Autotandem-Melkstand	2 x 3	1	40	1:45	-	-
	2 x 4	1	50	1:30	2:30	-
Melkkarussell	20	1	90	-	1:50	2:25
	30	2	143	-	1:40	2:00

\*) incl. Nebenarbeiten (z. B. Melkstandreinigung)

In einem Betrieb mit 60 Kühen liegt der Zeitaufwand für die Melkarbeit mit einem 2 x 4 Fischgräten-Melkstand bei 1 Stunde und 40 Minuten pro Melkzeit. Wird im Vergleich dazu mit einem 2 x 6 Fischgräten-Melkstand gemolken, sinkt der Zeitbedarf um 10 Minuten pro Melkzeit. Weitere 10 Minuten werden bei einem 2 x 8 Fischgräten-Melkstand mit zwei Melkpersonen eingespart. Hingegen kommt es bei noch größeren Melkstandausführungen und einer Herdengröße von 120 Kühen nur noch zu

geringen Zeitersparnissen. Die kürzeren Melkzeiten werden hier durch den Mehraufwand für Nebenarbeiten egalisiert.

Bei größeren Herden nimmt der Gesamtzeitaufwand für das Melken deutlich zu. Durch einen größeren Melkstand oder einen Melkstandtyp mit einer höheren Durchsatzleistung kann die Melkzeit reduziert werden. Beträgt die Herdengröße z. B. 120 Kühe und es soll mit einer Person gemolken werden, liegt bei einem 2 x 6 Fischgräten-Melkstand der Zeitbedarf bei 2 Stunden und 30 Minuten pro Melkzeit. Im Vergleich dazu benötigt ein 20er Karussell für diese Herde lediglich 1 Stunde und 50 Minuten pro Melkzeit. Je nach dem, welche Herdengröße und wie viel Zeit und Personen zum Melken zur Verfügung stehen, kann ein auf dem jeweiligen Betrieb zugeschnittener Melkstand ausgewählt werden.

### 5.3 Kosten

Neben dem zeitlichen Aspekt spielen die jährlichen Kosten für die Melktechnik bei der Auswahl eine entscheidende Rolle. Melkanlagen werden im allgemeinen zeitabhängig auf 12 Jahre abgeschrieben. Die Kosten setzen sich also aus den festen Kosten für die Abschreibung und Zinsen sowie den variablen Kosten für Strom, Wasser, Arbeitszeit usw. zusammen. Zur Berechnung der festen Kosten sind die in der Tab. 5.4 aufgeführten Anschaffungspreise für die Technik und die Baukosten verschiedener Melkstände zu Grunde gelegt worden.

**Tab. 5.4:** Anschaffungspreise für Melktechnik und Melkraum

Bauart	Anzahl Melkplätze	Anschaffungspreis Technik €	Baukosten €	Gesamtinvestition	
				€	€/Melkplatz
Fischgräten-Melkstand bzw. Side by Side-Melkstand	2 x 4	39.000	21.000	60.000	7.500
	2 x 6	52.000	25.000	77.000	6.420
	2 x 8	68.000	29.000	97.000	6.060
	2 x 10	81.000	33.000	114.000	5.700
	2 x 12	93.000	36.000	129.000	5.380
Swing-over	(2) x 12	60.000	36.000	96.000	8.000
	(2) x 20	98.000	46.000	144.000	7.200
Autotandem-Melkstand	2 x 3	41.000	26.000	67.000	11.170
	2 x 4	51.000	31.000	82.000	10.250
Melkkarussell	20	133.000	90.000	223.000	11.150
	30	182.000	145.000	327.000	10.900

In den Anschaffungspreisen für die Melktechnik ist die Vorstimulation, die Abnahmeautomatik, die Nachtreibehilfe und die Milchmengenmessung mit Datenverarbeitung enthalten. Der Anschaffungspreis z. B. für die Technik eines 2 x 4 Fischgräten-Melkstandes liegt bei 39.000 € und die Baukosten betragen etwa 21.000 €. Das ergibt eine Gesamtinvestition von 60.000 €. Bezogen auf einen Melkplatz sind je Platz somit 7.500 € zu investieren.

Bei der Kostenermittlung wurde von einer zeitabhängigen Abschreibung von einem Zinssatz von 4 % und von Arbeitskosten in Höhe von 10 € pro Stunde ausgegangen. In der Tab. 5.5 sind die ermittelten Gesamtkosten in Cent pro kg Milch dargestellt.

**Tab. 5.5:** Kosten verschiedener Melkstände bei unterschiedlichen Herdengrößen

Bauart	Anzahl Melkplätze	Anzahl Melkpersonen	Kosten* in Cent pro kg Milch Herdengröße (Anzahl Kühe)		
			60	120	180
Fischgräten-Melkstand bzw. Side by Side-Melkstand	2 x 4	1	4,6	-	-
	2 x 6	1	4,7	3,4	-
	2 x 8	2	6,0	4,2	3,8
	2 x 10	2	-	4,1	3,5
	2 x 12	2	-	4,2	3,5
Swing-over	(2) x 12	1	5,6	4,0	-
	(2) x 20	2	-	4,8	4,1
Autotandem-Melkstand	2 x 3	1	5,1	-	-
	2 x 4	1	5,9	3,8	-
Melkkarussell	20	1	-	4,5	3,7
	30	2	-	6,1	4,6

\*) Herdenleistung 8.000 kg

Deutlich wird, dass mit zunehmender Herdengröße bei allen Melkständen, die Kosten für das Melken sinken. Beim 2 x 4 Fischgräten-Melkstand und einer Herdengröße von 60 Kühen werden Kosten von 4,6 Cent pro Liter Milch verursacht. Ersichtlich ist auch, dass mit größeren Melkständen die Kosten nicht zwangsläufig sinken. Kommt eine zweite Melkperson hinzu, wie ab einer Größe von 2 x 8 Melkplätzen beim Fischgräten-Melkstand erforderlich, steigen die Kosten sogar wieder an. Generell gilt, dass bei Herdengrößen von 120 und 180 Kühen niedrigere Kosten verursacht werden, wenn mit der entsprechenden Technik gemolken wird.

## 5.4 Fazit

Der Melkstand sollte so bemessen sein, dass auf Betrieben mit begrenzter Arbeitszeit das Melken in 2 Stunden pro Melkzeit erledigt ist. Besonders knapp bemessen ist die für das Melken verfügbare Zeit häufig bei bäuerliche Familienbetriebe mit Beständen bis zu 100 Kühen, weil hier noch viele andere Arbeiten zu erledigen sind. Da aber auch diese Betriebe kostengünstig melken müssten, ist hier besonders der 2 x 6 Fischgräten- bzw. Side by Side-Melkstand geeignet. In Frage kommt auch der (2) x 12 Swing-over Melkstand oder der 2 x 4 Autotandem-Melkstand, allerdings verursachen sie etwas höhere Kosten. Für größere Kuhbestände sind größere Ausführungen vom Fischgräten- oder Side by Side-Melkstand mit 2 Melkpersonen empfehlenswert. Bei sehr großen Herden (180 Kühe) kommt auch das Melkkarussell in Frage. Vorteilhaft sind bei dieser Bauart die hohen Melkleistungen je Melkperson. Bei allen Überlegungen zur optimalen Melktechnik ist auch die vorgesehene Betriebsentwicklung zu berücksichtigen.

## 6. Automatische Melkverfahren (AMS)

Unter AMS versteht man Melkverfahren, die in der Lage sind, Kühe ohne manuelle Hilfe selbsttätig zu melken. Durch das Wort „Verfahren“ (häufig wird auch das Wort „System“ gebraucht) kommt zum Ausdruck, dass ein AMS nicht nur die Technik zur Automatisierung des Melkvorgangs umfasst, sondern auch die Einrichtung des Melkplatzes, die Technik zum Milchentzug, zur Milchkühlung bzw. -lagerung, die Anordnung des AMS im Stall und das Management der Kühe.

Da der Mensch beim Melken nicht mehr anwesend ist, muss das AMS auch in der Lage sein, Aufgaben des Menschen bezüglich Hygieneanforderungen beim Melken (Sauberkeit) und Qualitätsbewertung der gemolkene Milch (Verkehrsfähigkeit der Milch) zu übernehmen.

Die Qualität eines AMS kann anhand von Parametern wie Melkleistung (Anzahl Kühe je Melkeinheit, gemolkene Milchmenge je Melkeinheit, Anzahl Melkungen je Kuh und Tag), Arbeitszeitbedarf, Tierverhalten und Eutergesundheit, Verbrauch von Betriebsmitteln (Energie, Wasser, Reinigungsmittel) aber auch Funktionssicherheit, Anschaffungspreis, Reparatur- und Serviceaufwand sowie Nutzungsdauer bewertet werden.

## 6.1 Historische Entwicklung

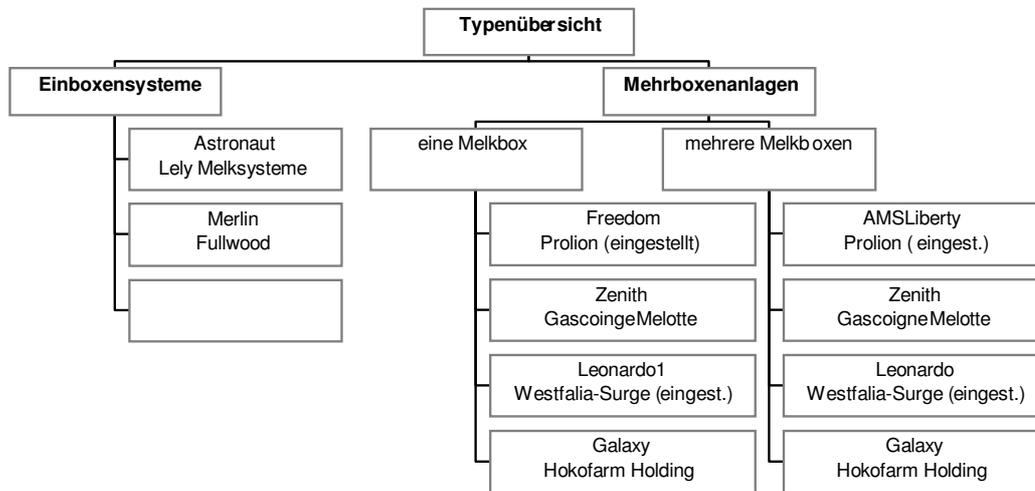
Ein DDR-Patent von Gabler (1971) gibt einen ersten Hinweis auf die Automatisierbarkeit des Melkens. Mit einem schalenförmigen Melkzeug, welches das Euter umschließt und taschenförmige Vertiefungen zur Aufnahme der Zitzen aufweist, sollten Kühe gemolken werden. Einen ersten Ansatz zum automatischen Ansetzen von Melkbechern beschrieben die Japaner Notsuki und Ueno (1977). Die Bewegungsfreiheit der Tiere sollte durch Airbags begrenzt und das Reinigen wie Ansetzen durch ein Unterflur verfahrbares Gerät durch zu öffnende Luken im Fußboden erfolgen. Das Ansetzen sollte ohne Sensorunterstützung vorgenommen werden. Ordloff (1983) versuchte unter Melkstandbedingungen, die Euterkontur mit einer Lichtschrankenkombination und die Zitzen über Temperaturmessung zu erfassen sowie mittels eines hydraulischen Systems die Melkbecher anzusetzen.

Ende der 80er Jahre wurde sowohl an Forschungseinrichtungen (CEMAGREF (F), FAL (D), IMAG (NL), Silsoe Research Institute (GB) wie auch in verschiedenen Firmen (Düvelsdorf (D), Gascoigne Melotte (NL), Lely (NL) und Prolion (NL) intensiv an der Entwicklung erster Prototypen für das automatische Melken gearbeitet. Nur einige Entwicklungen wurden (z. T. erst nach Übernahme durch große Melkfirmen (Düvelsdorf durch Westfalia, Silsoe Research Institute durch DeLaval) beginnend ab 1992 vermarktet (Abb. 6.1.1).

Die Systeme 'Astronaut' und 'Merlin' benutzen eine weitgehend identische Technik zur Zitzenfindung und zum Ansetzen. 'Zenith' ist eine firmenspezifische Version, basierend auf 'Freedom' bzw. 'AMSLiberty'. Prolion hat mittlerweile den Vertrieb eingestellt.

Westfalia-Surge hat den Verkauf von 'Leonardo' eingestellt und die Entwicklung eines Nachfolgermodells vorerst ausgesetzt.

Das automatische Melksystem 'Galaxy' eines niederländischen Herstellers (Insentec) ist das zuletzt in die Praxis eingeführte Verfahren.



**Abb. 6.1.1:** Typenübersicht über markteingeführte AMS (Stand: 2002)

## 6.2 Pro und Contra AMS

- ◆ Wann sollte die Beschaffung von AMS überlegt werden?
  1. Verfügbare Arbeitszeit im Betrieb knapp
  2. Hohe Kosten für das Melken (Fremdarbeit, Teilauslastung, Qualifikationsmangel, hohes Lohnniveau, Personalmangel, etc.)
  3. Hohe Nutzungskosten für die Melkarbeit aufgrund inner- oder außerbetrieblicher Beschäftigungsalternativen
  4. Bestandsaufstockung
  5. Aufnahme einer alternativer Beschäftigung (Ausweitung der Produktion, Nebenberufliche Weiterführung des Betriebes, Aufnahme von Lohnarbeit, etc.)
  6. Hochleistungsherde sollte öfter gemolken werden (Mehrleistung durch mehrmaliges Melken)
  7. Körperliche Beschwerden bei der Melkarbeit
  8. Freisetzung von der strengen Terminbindung durch das Melken
  9. Reduzierung der ungeliebten Melkarbeit
  10. Neubau oder Ersatz der bestehenden Melktechnik
  11. Sicherung der Hofnachfolge.
  
- ◆ Wann sollte auf die Beschaffung eines AMS verzichtet werden?
  1. Wenn auch längerfristig keine Vorzüglichkeit des AMS gegeben ist
  2. Wenn die „Ganztagverfügbarkeit“ mindestens einer genügend qualifizierten Person nicht gewährleistet werden kann

3. Wenn keine Bereitschaft vorhanden ist, den Umgang mit Computersystemen und Programmen zu erlernen und diese nicht intensiv genutzt werden.
4. Wenn wenig technisches Verständnis besteht.
5. Wenn Schwierigkeiten bei der Organisation der Arbeit, der Herdenführung, der Wartung technischer Einrichtungen oder dem Umgang mit Serviceeinrichtungen bestehen.
6. Wenn die Herdenüberwachung vernachlässigt wird.
7. Wenn erwartet wird, ohne tägliche Kontrolle auszukommen.

### 6.3 Verfahrensablauf beim automatischen Melken

Grundsätzliche Ziele beim automatischen Melken sind:

- die Kühe immer dann zu melken, wenn die erwartete Milchmenge groß genug ist, damit sich ein Melken lohnt bzw. physiologisch vertretbar ist,
- die Tiere so oft zu melken, dass der Gesamtmilchertrag möglichst hoch wird, und
- die Melkhäufigkeit je Tag so niedrig zu halten, dass eine Euterschädigung vermieden wird.

Voraussetzung hierfür ist, dass die Tiere genügend häufig das AMS aufsuchen. Durch geeignete Gestaltung des Tierverkehrs kann dies erreicht werden.

Sucht eine Kuh eine leere Melkbox (geöffnete Hintertür) auf, wird ihr Eintreten durch einen Sensor (z. B. Lichtschranke) registriert und dazu genutzt, die hintere Tür zu schließen. Nach der automatischen Erkennung der Kuh wird entschieden, ob die Bedingungen für ein Melken gegeben sind (diese Entscheidung kann – wenn eine Vorselektion vorhanden ist – schon in der Selektionseinrichtung getroffen werden). Soll die Kuh gemolken werden, wird mit dem Melkprozess begonnen und dazu Kraftfutter verabreicht (als Lockfutter wird ggf. schon beim Eintreten in die Box eine kleine Gabe zugeteilt).

Der Melkprozess unterteilt sich in **Euter/Zitzenreinigung** (ggf. erfolgt dieser Vorgang bereits außerhalb der Melkbox), **Zitzenfindung und Ansetzen**, **Melken**, **Abnahme** sowie **Nachbehandlung** (Sprühen eines Dippmittels). Ist der Melkprozess abgeschlossen, wird die Kuh durch Öffnen der Vordertür entlassen. Ein schnelles Verlassen der Box unterstützen Trogabweiser, Austreibegitter oder auch Austreibhilfen. Die verlassene Box wird vorne geschlossen und hinten für die nächste Kuh geöffnet. Dieser allgemeine Ablauf kann durch verfahrensspezifische Besonderheiten etwas anders gestaltet sein. Ein Beispiel ist die Zitzenreinigung mit Melk- oder Reinigungsbecher. Hierbei wird zuerst zum Reinigen angesetzt und anschließend auf Melken

umgeschaltet bzw. der Reinigungsbecher gegen den Melkbecher getauscht und dann gemolken.

## **6.4 Technik von AMS**

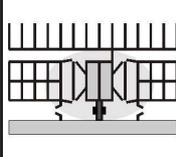
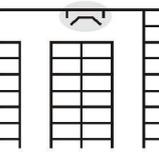
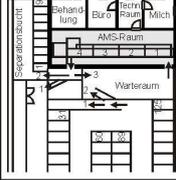
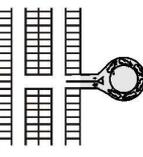
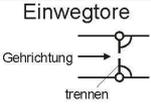
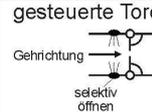
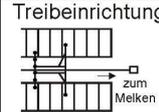
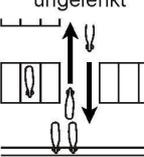
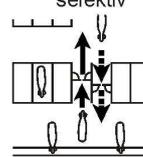
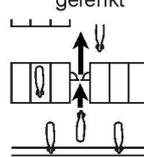
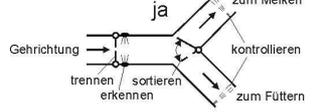
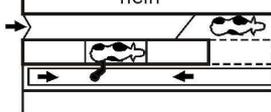
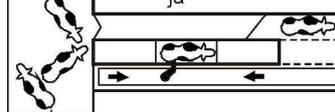
Da AMS nur dann eine optimale Effektivität aufweisen, wenn nicht nur die technische Einrichtung zum eigentlichen automatischen Melken, sondern das Gesamtsystem Stall, Tier, Melktechnik und Management bestens gestaltet bzw. organisiert sind, werden nachfolgend auch alle Komponenten des Verfahrens dargestellt.

Das komplexe AMS wird in so genannte morphologische Kästen aufgeteilt. Dabei wird so verfahren, dass in den Zeilen der nachfolgenden Tabellen (links) die einzelnen Prozesse benannt sind und die wesentlichsten Verfahrensvarianten rechts in den Zellen dieser Zeile aufgeführt werden. Würde man mittels einer Linie jeweils ein Element einer Zeile mit einem der Folgezeile verbinden und dies bis zum Tabellenende fortsetzen, dann hätte man eine Verfahrenskombination zusammengestellt. Bei dieser Vorgehensweise ist zu beachten, dass sich einerseits bestimmte Kombinationen ausschließen und andererseits bestimmte Varianten ggf. nicht verfügbar sind. Außerdem ist es in einigen Fällen sinnvoll eine Kombination mehrerer Zellen einer Zeile zu wählen, z.B. wenn es sich um ergänzende Effekte handelt, dann würde die Linie in der betreffenden Zeile horizontal verlaufen und die ausgewählten Zellen mit einem Kreis markiert. Durch die Darstellung der Verfahrenskomponenten mittels morphologischen Kastens wird die Komplexität des AMS aufgelöst, und Verfahrenskomponenten lassen sich sehr gut darstellen.

### **6.4.1 Melkplatz, Anordnung und Tierverkehr**

Die wichtigsten Kombinationsmöglichkeiten zwischen Melkplatz, dessen Gestaltung und dem Einbau in das Gebäude unter Berücksichtigen der Tierwege (Tierverkehr) sind in Tabelle 6.4.1 aufgezeigt. Einige Kombinationsmöglichkeiten schließen sich aus, andere sind derzeit noch nicht realisiert.

**Tab. 6.4.1:** Kombinationsmöglichkeiten von Melkplatz, Installation im Gebäude und Tierverkehr

Melkplatz	Durchgangsbox 		Tandembox 		Karussell 
Anordnung	Einzelbox 	in Reihe 	gespiegelt 	gespiegelt u. in Reihe 	kreisförmig 
Standort	Liegebereich 	Laufbereich 	giebelseitig 		abgesetzt 
Aufsuchen	freiwillig			getrieben	
Hilfsmittel	Lockfutter 	Einwegtore 	gesteuerte Tore 	Treibeinrichtung 	
Tierverkehr	ungelenkt 	selektiv 	gelenkt 		
Vorselektion	nein		ja 		
Warterraum	nein 		ja 		
Nachselektion	nein		ja		
Selektionsraum	nein		ja s. z. B. Standort giebelseitig		

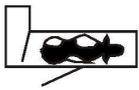
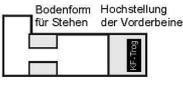
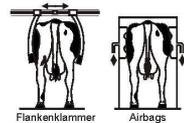
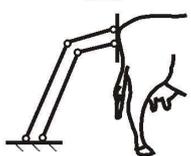
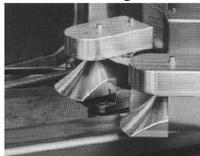
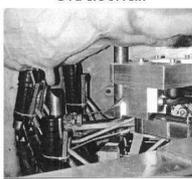
Die Melkplätze sind derzeit durchgängig als Tandembox ausgelegt und als Einzelbox mit rechts- oder linksseitigem Melksystem in reihenförmiger oder gegenüberliegender (gespiegelter) Anordnung gebräuchlich. Für Einzelboxen bietet sich der stirnseitige Einbau an. Gespiegelte Doppelboxen werden bevorzugt in eine Doppelboxenreihe integriert. Bei mehreren Boxen in Reihe bietet ein giebelseitiger Standort gute Gestaltungsmöglichkeiten.

Für einen erfolgreichen AMS-Einsatz ist eine optimale Gestaltung des Bewegungsablaufes der Kühe im Stall mitentscheidend. Das Stallkonzept sollte so angelegt sein, dass vom un gelenkten über den selektiven bis hin zum gelenkten Tierverkehr alle Optionen möglich sind. Der Durchsatz des AMS ist höher, wenn Kühe mit zu kurzer Zwischenmelkzeit oder zu niedriger erwarteter Milchmenge vor dem AMS umgelenkt (selektiert) werden. Der Einbau einer Nachselektionsmöglichkeit bringt Arbeitserleichterungen bei zu erfolgenden Tierbehandlungen. Der Selektionsraum muss aber Trink-, Fress- und Liegemöglichkeiten bieten.

### 6.4.2 Zitzenfindung

Die Voraussetzung zum automatischen Ansetzen und damit die wichtigste Innovation ist eine Technik, die es erlaubt, die Lage der Zitzen im Raum so schnell zu erfassen, dass ein „Ansetzsystem“ (Handhabungssystem) nach Anfahren dieser Position die Melkbecher erfolgreich applizieren kann (Tabelle 6.4.2).

**Tab. 6.4.2:** Elemente und Verfahren zur Zitzenfindung

Tier	einfangen 	positionieren Bodenform für Stehen Hochstellung der Vorderbeine 	fixieren  Flankenklammer Aibags
Bewegung der Kuh erfassen	nein	taktil 	berührungslos 
Zitzen finden mittels	Lichtgitter  Ultraschall 	Lasersystem 	Bildverarbeitungssystem 
Der Bewegung aktiv folgen	nein		ja

Zunächst wird das Tier in der Melkbox festgehalten. Gegebenenfalls wird über die Standflächenausprägung versucht die Stellung der Kuh so zu „manipulieren“, dass

der Zugang zum Euter über breitgestellte Beine und/oder Höherstellung der Vorderextremitäten erleichtert wird. Das Finden der Zitzen erfolgt meist in zwei Verfahrensschritten: Zuerst wird relativ grob die Lage des Euters über taktile oder berührungslose Sensoren erfasst. Dann bringt das Handhabungssystem die Feinsensoren in eine günstige Ausgangsposition von der aus die Lage der einzelnen Zitzen erfasst werden kann. Bei den meisten Systemen ist die Feinfindung der Zitze direkt mit dem Ansetzvorgang gekoppelt. Modulartige Anordnung der Melkbecher erfordert, dass das Handhabungssystem oder der Servicearm den Kuhbewegungen abschnittsweise folgt.

### **6.4.3 Euterreinigung, Melkzeug und Handhabungssystem**

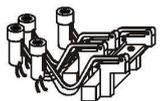
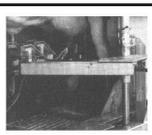
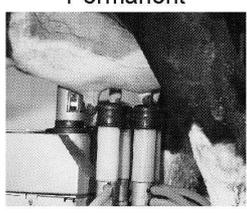
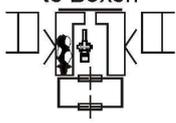
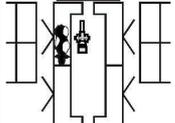
Die zweite Innovation bei AMS ist die Automatisierung des Ansetzprozesses. Dazu bedarf es einer spezifischen Technik (Tabelle 6.4.3). Zunächst ist das Melkzeug so zu gestalten, dass ein automatisches Greif- und Führungssystem (Handhabungssystem) alle erforderlichen Verrichtungen erledigen kann. Dazu werden die Melkbecher zu einer kompakten Einheit (Modul) zusammengefasst oder als Einzelbecher belassen, aber mit langen Milch/Pulsschläuchen ausgestattet. Melkmodule benötigen, wenn sie nicht vom Handhabungssystem permanent getragen werden, einen Servicearm, der das Gewicht des Moduls kompensiert und den Kuhbewegungen folgt. Die Melkbecher befinden sich in Ruhelage in einem Magazin in definierter Position, wobei sowohl stehende, liegende wie auch hängende Anordnungen vorkommen.

### **6.4.4 Milchentzug**

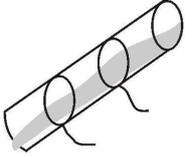
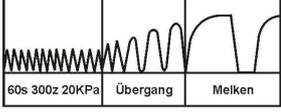
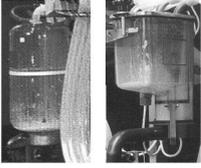
Besonderheiten des Milchentzuges bei AMS-Einsatz betreffen insbesondere den Melkbeginn, das Melkende sowie die Sicherung der Melkhygiene und Milchqualität (Tabelle 6.4.4). Zunächst muß festgestellt werden, ob der Ansetzvorgang erfolgreich war. Dazu werden systemspezifisch der einsetzende Milchfluss, das sich aufbauende Melkvakuum oder die Eintauchtiefe der Zitze in den Zitzenbecher genutzt. Fehlangelegte Melkbecher werden abgenommen und erneut angesetzt. Die Anzahl der Wiederholungen ist einstellbar. Ist das Ansetzen erfolgreich, müssen laut Milchverordnung die ersten Milchstrahlen abgetrennt werden. Bei AMS erfolgt dies durch eine integrierte Abtrennvorrichtung oder durch Abmelken während der Zitzenreinigung. Der eigentliche Milchentzug ist bei AMS ähnlich gestaltet wie in konventionellen Melkverfahren. Dabei kann die Stimulationswirkung der Euter- bzw. Zitzenreinigung genutzt werden. Soweit viertelspezifische Melkbecherabnahme installiert ist, werden dafür Milchflusssensoren oder Einheiten zur Viertelgemelkserfassung genutzt. Ein besonderes Problem bei AMS stellt die Bewertung der Verkehrsfähigkeit der Milch dar. Da die sinnliche Bewertung durch den Melker entfällt, müssen Sensoren diese Aufgabe erfüllen. Derzeit ist dafür die Messung der elektrischen Leitfähigkeit

Standard, sie genügt jedoch nicht in allen möglichen Fällen. Daher werden Farbmesssysteme und spektroskopische Verfahren, aber auch Zellzahlmessenrichtungen usw. entwickelt, um die noch vorhandenen Unzulänglichkeiten bei der Bewertung der Qualität der Milch zu beseitigen.

**Tab. 6.4.3:** Kombination von Reinigung, Melkzeug und Handhabungssystem

Melkeinheit	Modul 		Einzelbecher 	
Servicearm	ja 		nein	
Zitzenbecher in Ruhelage	stehend 	liegend 	hängend 	
Reinigungsort	in der Passage	am Melkplatz	in eigener Box	
Reinigung mit	Melkbecher 	Reinigungsbecher 	Reinigungsvorrichtung 	
Handhabungssystem	Greifwerkzeug für Verbindung mit Melkzeug	Servicearm	Melkbecher	Reinigungs- und Melkbecher
		Indirekt (führt zum Ansetzen den Servicearm)	Permanent 	nur für Aktionen 
Aktionen	Ansetzen	Schlauchführung	Abnahme	Dippen
Mobilität	ein Melkplatz 	eine Reihe 	zwei gespiegelte Boxen 	zwei Reihen 
Abnahme	Abziehen der Melkbecher		Servicearm	Handhabungssystem
Abnahme	Reibrad	Pneumatik		
Becherlage	stehend	liegend	hängend	
Nachbehandlung	keine	sprühen (stationär)	sprühen (Handhabungssystem)	dippen

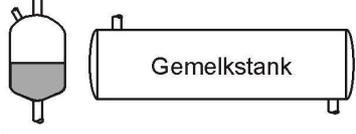
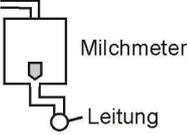
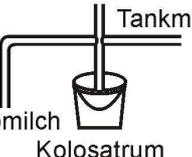
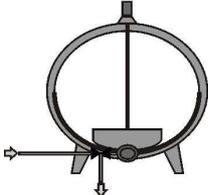
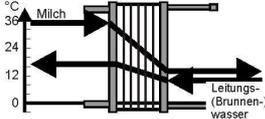
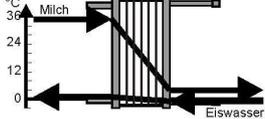
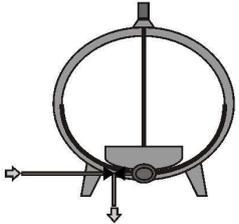
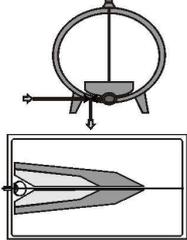
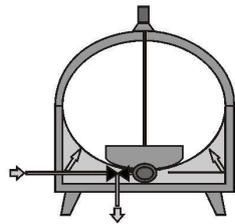
**Tab. 6.4.4:** AMS-spezifische Konstruktionsmerkmale beim Milchentzug

Milchabführung	zentral 		seitlich 	
Ansetzüberwachung	Milchfluss 	Vakuumhöhe 	Eintauchtiefe 	
Vorgemelksabtrennung	Abtrennen der ersten Milch 		Reinigen und Abmelken 	
Simulation	Euterreinigung 	Zitzenreinigung 	Stimulationsprogramm 	
Milchflusssteuerung	euterspezifisch		halbeuterspezifisch	viertelspezifisch
	Vakuumhöhe	Taktverhältnis	Taktfrequenz	Kombination
Schlauchführung	keine		Servicearm	Handhabungsgerät
Nachmelkhilfe	keine		Vakuum-/Taktsteuerung	Zug an den Melkbechern
Milchmengenmessung	Gesamtgemelk 		Gesamt- und Viertelgemelke 	Viertelgemelk
Milchqualität	Elektrische Leitfähigkeit		Farbmessung	Spektroskopie

### 6.4.5 Milchbehandlung und -lagerung

Milchbehandlung und -lagerung weisen einige AMS-Besonderheiten auf (Tabelle 6.4.5). Ein Gemelk wird derzeit zunächst in einem Recorder oder Gemelkstank zwischengespeichert. Nach Melkende wird entschieden wohin die Milch gefördert werden soll. Bis zu fünf Möglichkeiten sind verfügbar. Nichtverkehrsfähige Milch (z.B. Kolostrum oder Milch euterkranker Tiere) wird separiert, verkehrsfähige Milch in Kühl tanks gepumpt.

**Tab. 6.4.5:** Elemente zur Milchbehandlung und -lagerung

Gemelk	sammeln  Recorder Gemelkstank		direkt ableiten  Milchmeter Leitung
Trennen	Tank/Ableiten  Tankmilch Abmilch	Tank/Kolostrum/Ableiten  Tankmilch Kolostrum	Lely 4 Mögl. 
Zwischenlagern	nein	Auffangtank 	Puffertank 
Direktkühlung	keine	Wasser  °C Milch 36 24 12 0 Leitungs- (Brunnen-) wasser	Eiswasser  °C Milch 36 24 12 0 Eiswasser
Lagern und Kühlen	Direktverdampfertank 	modifizierter Direktverdampfertank 	Eiswassertank 

Da automatische Melksysteme ganztags verfügbar sein sollen, stellen Tankreinigungszeiten unnötige Ausfallzeiten dar. Sie führen außerdem zu Irritationen bei den Kühen und verringern die Anzahl der am AMS gemolkenen Kühe. Zur Vermeidung dieser Ausfallzeiten wird daher häufig ein kleiner Puffertank eingesetzt, der die gemolkene Milch während der Entleerung und -reinigung des Haupttanks aufnimmt. Ein Unterschied zu Melkstandsystemen ist bei der Kühlung zu beachten. Da die Milch bei AMS über den ganzen Tag verteilt anfällt, kann es mehrere Stunden dauern

ern, bis genügend Milch zur normalen Funktion des Kühltanks verfügbar ist. Bei konventionellen Tanks mit Direktkühlung würde bei ungenügendem Füllungsgrad die Milch an den Kühlflächen anfrieren. An das AMS-Milchaufkommen angepasste Direktverdampfertanks haben daher eine andere Auslegung der Kühlflächen und/oder die technische Möglichkeit zur Anpassung der Kühlleistung an die Tankfüllung. Sie sind dadurch auch mit geringer Milchmenge betriebsbereit. Die Möglichkeiten der Vor- oder Sturzkühlung mit Frisch- oder Eiswasser sind wie bei konventionellen Systemen auch bei AMS einsetzbar.

#### **6.4.6 Reinigung des AMS Melkzeug, Tankanlage und Standfläche**

Folgende Reinigungsprozesse fallen bei AMS an:

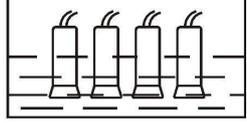
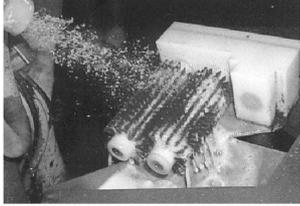
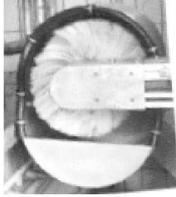
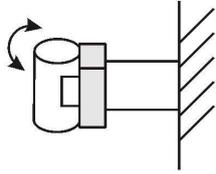
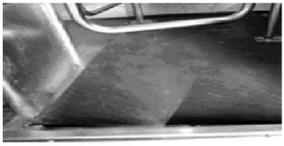
1. die Reinigung des Melkzeuges zwischen zwei Gemelken,
2. die Reinigung der Zitzen bzw. Euterreinigungseinrichtung
3. die Sauberhaltung des Sensorsystems, soweit es schmutzempfindlich ist,
4. die Sauberhaltung der Standfläche der Melkbox(en) und
5. die Reinigung der gesamten Melk- bzw. Tankanlage.

Äußerlich werden die Melkzeuge meist abgespritzt und ggf. zwischen zwei Melkungen mit Klarwasser gespült. Nach vorprogrammierten Zeiten oder Melkungen und immer nach dem Melken einer Kuh, deren Milch separiert werden muss, erfolgt eine Reinigung des gesamten Melkzeuges (Back flush). Die Reinigungsorgane werden mit Klarwasser, meist mit XXX-Zusatz, aus- bzw. abgespritzt und desinfiziert, anschließend mit Druckluft ausgeblasen oder bei Bürsten durch schnelle Rotation entwässert.

Zur Reinigung der Laser- oder Kamerasysteme dient ein Reinigungsschwamm. Dieser muss allerdings noch manuell gereinigt werden. Eine vor dem Sensorsystem angebrachte Wegblaseeinrichtung reduziert die Verschmutzungsgefahr. Zur Sauberhaltung ist der gefährdete Bereich der Standfläche perforiert ausgeführt oder es wird versucht durch Ableitklappen Kot und Urin von der Standfläche fern zu halten. Eine aktive Reinigung der Standfläche mit Düsen ist möglich.

An die Reinigungssysteme für die gesamte Melkanlage bzw. für die Milchtanks werden die gleichen Anforderungen wie an Melkstandsysteme gestellt. Allerdings ist die Anlagengröße an die Anzahl vorhandener AMS anzupassen. Zirkulations- und Kochendwasserverfahren werden eingesetzt. Zur Kostenminderung sollten die milchbenetzten Flächen möglichst klein gehalten werden, dies darf natürlich die Funktionsfähigkeit der Melktechnik nicht beeinträchtigen.

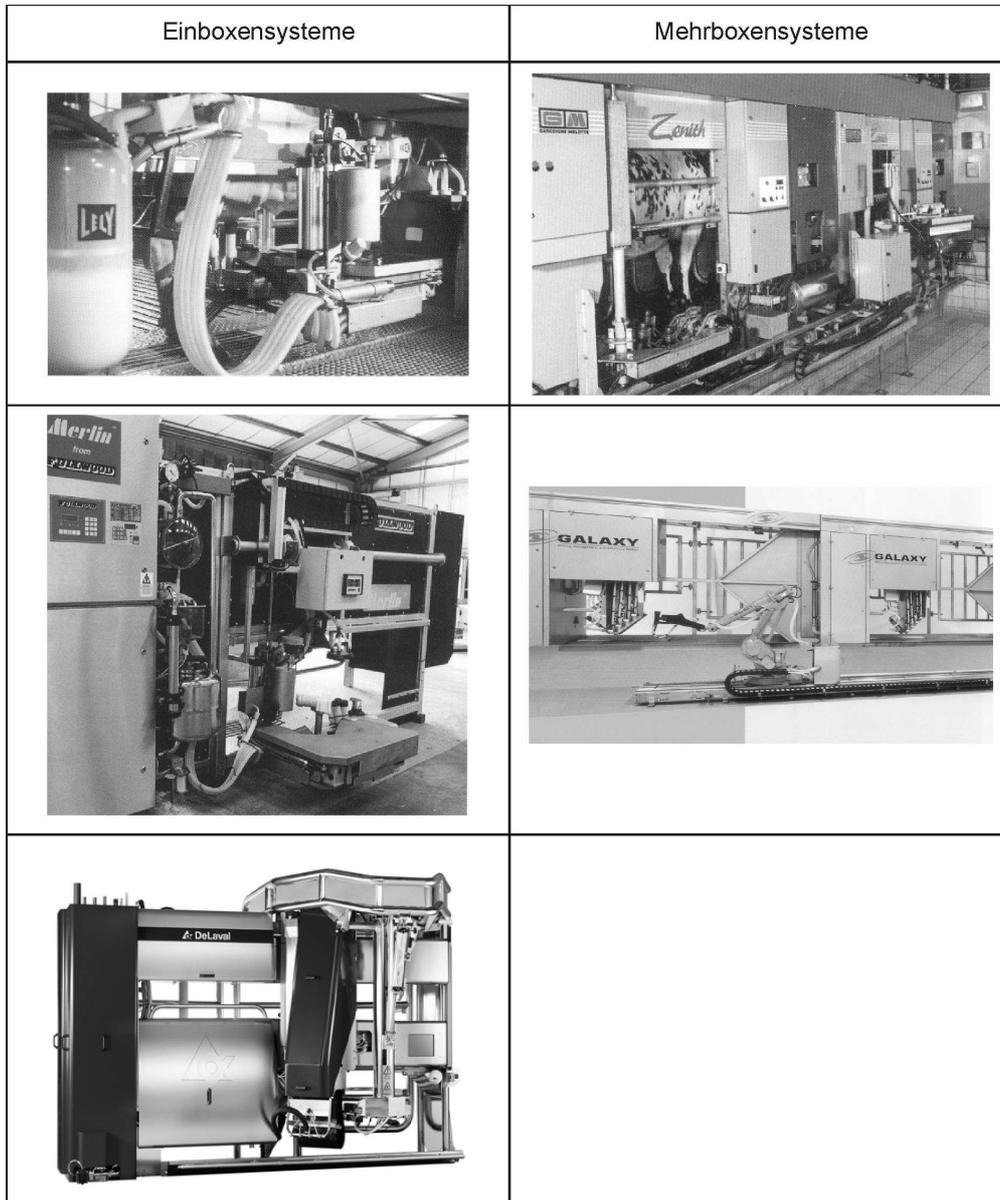
**Tab. 6.4.6:** AMS-spezifische Reinigungskomponenten

Melkzeug von außen	keine	abspritzen 	tauchen 
von innen	keine	spülen 	back flush
Reinigungs- organe	ausspritzen 	abspritzen 	waschen und desinfizieren 
Sensorsystem	keine	Schwamm 	Druckluft und Schwamm 
Standfläche	keine	Kot-/Urinschutz 	Sprühsystem 
Melkanlage, Tankanlage	Zirkulationsreinigung		Kochendwasserreinigung

### 6.4.7 Gesamtsysteme

Wie unter 6.1 dargestellt können die bisher vermarkteten AMS in Einboxen- und Mehrboxensysteme unterschieden werden. Ansichten der noch marktüblichen Systeme sind in Tab. 6.4.7 zusammengestellt. Auf eine Beschreibung der Einzelsysteme

soll hier verzichtet werden, da diese für die meisten in der KTBL-Schrift 395 nachgelesen werden kann und zusätzliche Informationen über Firmenwebseiten bzw. Prospekte zu erhalten sind. Zudem sind viele Details der aktuellen Anlagen in den vorhergehenden Tabellen dargestellt.



**Abb. 6.4.1:** Ansichten derzeit angebotener AMS (Stand: Mai 2004)

## 6.5 Erfahrungen mit AMS

Seit der ersten Installation eines AMS in einem niederländischen Betrieb im Jahre 1992 wurde diese Technologie bis Ende 2003 weltweit in ca. 2.200 Betrieben eingeführt. Aus Wissenschaft und Praxis liegen mittlerweile genügend Ergebnisse und Erfahrungen vor, die eine Einordnung und Bewertung der Systeme gestatten.

AMS integriert drei wichtige Managementfunktionen: Melkfrequenz, tierindividuelle Kraftfutterzuteilung und Kuhverkehr. Eine gute Abstimmung dieser drei Funktionen ist für einen erfolgreichen Einsatz wichtig.

Ansätze zur Integration der Einhaltung der Melkhygiene sowie zur Überwachung der Milchqualität, der Kuh- und Eutergesundheit sind vorhanden, befriedigen jedoch noch nicht. Auch die Überwachung der Fruchtbarkeit müsste einbezogen werden.

Die mitgelieferte Managementsoftware erleichtert das Führen des Systems, indem es die über die Anlage und die Kühe erfassten Daten analysiert und Unternehmensentscheidungen durch Expertensysteme vorbereitet oder selbst ausführt, sie erfordert jedoch qualifizierte Bedienung und Umsetzung.

Alle Erfahrungen zeigen, dass AMS nur dann gute Ergebnisse erbringen, wenn

1. die Einordnung in das Haltungssystem gut gelöst ist (einfacher Tierverkehr, kurze Wege für Tier, Milch und Mensch),
2. Flexibilität und Disziplin zur Durchführung der System- und Tierkontrolle aufgebracht werden,
3. die Befähigung, mit elektronischen Systemen und Computern umzugehen, in besonderer Weise vorhanden ist,
4. Hygiene im Stall, Tierbeobachtung und Tierverkehr besonders beachtet werden,
5. das System ausgereift ist, regelmäßig gewartet wird und ein kompetenter Service für Problemfälle schnell zur Verfügung steht und
6. die Bereitschaft besteht, ganztags (24 Stunden) zur Störungsbehebung verfügbar zu sein.

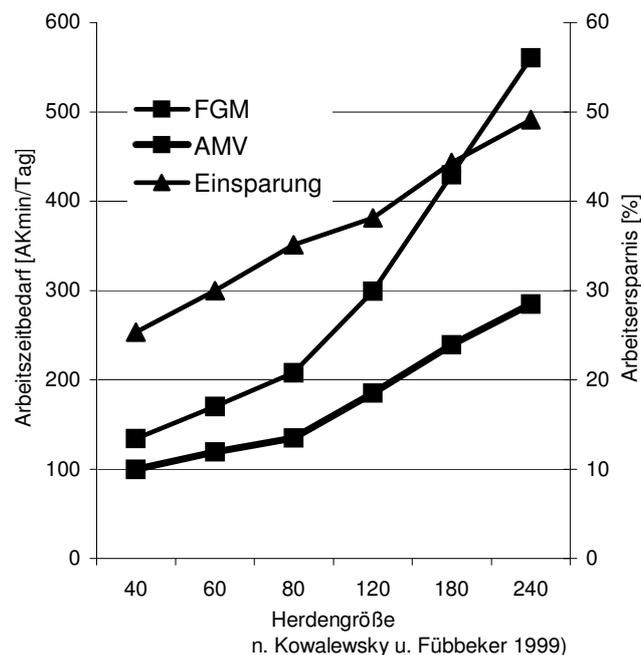
Von Einsatz AMS werden im Wesentlichen erwartet:

- höhere Flexibilität beim Arbeitseinsatz,
- niedrigerer Arbeitsaufwand für die Melkarbeit,
- Leistungssteigerungen durch häufigeres Melken und
- Wirtschaftlichkeit des Einsatzes.

Die wichtigste Auswirkung von AMS betrifft die **Flexibilisierung** des täglichen Arbeitsablaufes. Sind bei konventionellem Melken Einsatzzeiten und Arbeitsdauer festgelegt, so erfordern AMS, mehrmals täglich die Aufgabenliste am Computer zu kontrollieren, zögerliche Kühe zum AMS zu treiben, die Tierbeobachtung intensiv durchzuführen und die Boxen bzw. das Melksystem sauber zu halten. Diese Arbeiten sind jedoch nicht termingebunden und daher flexibel in das tägliche Arbeitsprogramm integrierbar. Systemfehler sind allerdings umgehend zu beseitigen. Sie treten aber nur ca. einmal je Woche auf und es ist zu erwarten, dass mit weiteren Entwicklungsschritten diese Ausfälle reduziert werden.

Die **Arbeitsersparnis** durch AMS schwankt zwischen den Betrieben sehr stark und ist zudem von der Herdengröße abhängig (Abb. 6.5.2).

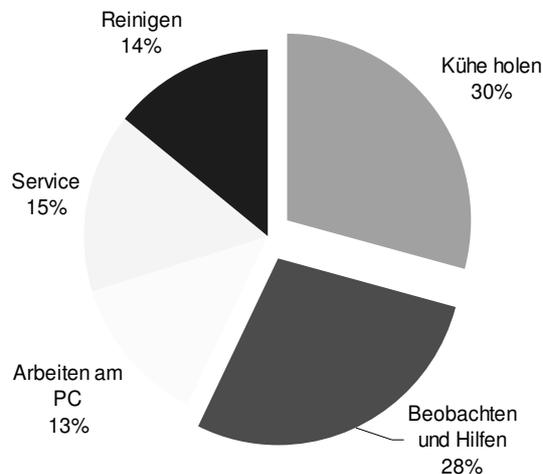
Eine Einschätzung der Arbeitsanteile für die wesentlichsten Aufgaben gibt Abb. 6.5.2 wieder. Sie zeigt deutlich, dass Kühe holen und beobachten und Hilfen fast 60 % der Arbeit erfordern. Die Wichtigkeit eines optimalen Tierverkehrs und eines hocheffizienten „Sensor- und Handhabungssystems“, gerade für die Eingewöhnung der Tiere, wird hier deutlich.



**Abb. 6.5.1:** Vergleich des Arbeitszeitbedarfes zwischen konventionellem und automatischem Melken

Die durch AMS erzielten **Leistungssteigerungen** sind – abgesehen von unzulänglichen Betriebsbedingungen – hauptsächlich von der realisierten Melkfrequenz ab-

hängig. Leistungssteigerungen lassen sich nicht durch Vor-/Nachher-Vergleiche ermitteln, da sich mit der Umstellung auf AMS zu viele Parameter verändern.



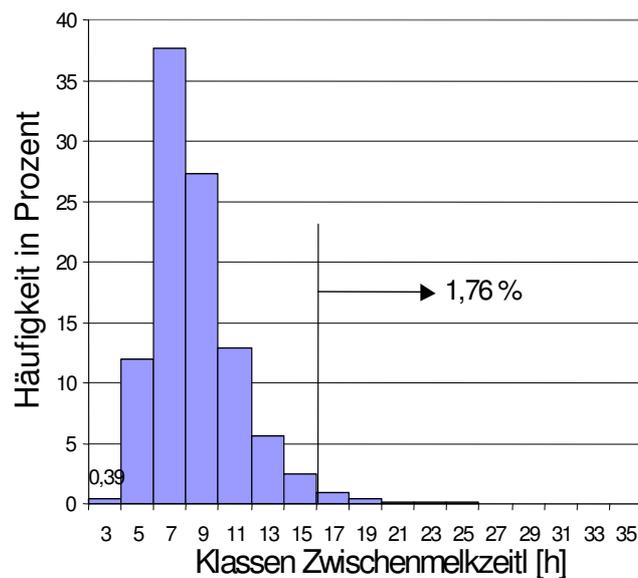
**Abb. 6.5.2:** Arbeitszeitanteile verschiedener Aufgaben bei AMS-Einsatz (nach Zube u. Trill 2003)

In Tab. 6.5.8 sind Daten wiedergegeben, die auf durch das AMS registrierten Besuchen beruhen und regressionsanalytisch ausgewertet wurden. Es zeigte sich, dass die Leistungssteigerungen neben der Melkfrequenz auch noch von der Gleichmäßigkeit der Zwischenmelkzeiten abhängen. Bei nahezu drei Melkungen je Kuh und Tag wurden 10, 15 und 17 % Leistungssteigerung bei erst-, zweit- bzw. drittlaktierenden Kühen ermittelt.

Wie Erfahrungen zeigen, vgl. Abb. 6.5.4, besuchen etwa 10 % der Kühe das AMS nicht innerhalb des gewünschten Zeitintervalles. Ein gutes Management für die zögerlichen Kühe ist zur Erzielung von Leistungssteigerungen unabdingbar. Wenn beispielsweise morgens um 7:00 Uhr alle Kühe mit mehr als 14 Stunden Zwischenmelkzeit, um 13:00 Uhr mit mehr als 12 Stunden und abends um 21:00 Uhr alle Kühe, die länger als 10 Stunden nicht gemolken wurden, zum AMS getrieben werden, kann die max. Zwischenmelkzeit auf 20 Stunden, bei akzeptablem Arbeitsaufwand, begrenzt werden. Eine Verkürzung der zugelassenen Zwischenmelkzeiten erhöht den Arbeitsaufwand überproportional. Eine gleichmäßigere Verteilung der Treibzeiten wäre zwar besser, aber nicht zumutbar.

**Tab. 6.5.1:** Veränderung der Milchmengen bei unterschiedlichen Melkfrequenzen (Mf), berechnet aus Daten zweier Betrieb mit fünf Einzelbox-AMS

Zeiten zwischen zwei Melkungen [h]	Nummer der Laktation					
	1		2		3 oder höher	
	Milch [kg]	Änderung [%]	Milch [kg]	Änderung [%]	Milch [kg]	Änderung [%]
12 + 12	7358	0	8245	0	8731	0
8 + 16	7059	-4,06	7946	-3,62	8433	-3,42
2 * 6 + 12	8016	8,95	9346	13,36	10076	15,40
8 + 8 + 8	8214	11,63	9544	15,76	10273	17,67
(4+6+8+9) *0,89	8396	14,12	9973	20,96	10838	24,13
(2*6+7+8) *0,89	8477	15,21	10053	21,94	10453	19,72
Schätzung für die Betriebe Mf	<b>8074</b>	<b>9,74</b>	<b>9464</b>	<b>14,79</b>	<b>10240</b>	<b>17,29</b>
	2,76		2,91		2,94	



**Abb. 6.5.3:** Verteilung der Zwischenmelkzeiten

Die **Wirtschaftlichkeit** von AMS wird im Wesentlichen bestimmt durch

- die Investitionshöhe und die Nutzungsdauer,
- die Betriebskosten (Wartung, Reparatur, Betriebsmittel (Wasser, Strom Reinigungs- und Desinfektionsmittel)),
- die bewirkten Effekte (Zeit- und Platzersparnis, Leistungssteigerung, Milchpreis-, Futterkostenänderung, usw.) und
- die Kosten bei konventionellem Melken.

Viele ökonomische Studien zeigen, dass beim Preisstand 2003 und davor die Milchgewinnung mit AMS teurer ist als bei - an die Herdengröße angepassten - konventionellen Systemen. Bei günstigen Annahmen (hohe Leistungssteigerungen und hohe Arbeitersparnis mit hohen Nutzungskosten der Arbeit) wurden auch positive Ergebnisse berechnet.

Eine grobe, aber schnelle und leicht nachvollziehbare Abschätzung der zulässigen Höhe der Investition in ein AMS kann wie folgt vorgenommen werden:

Zuerst wird die Summe aus jährlichen Einsparungen durch Abschaffung des konventionellen Melksystems einschließlich dem geringeren Flächenbedarf, den geringeren Arbeitskosten und dem Ertrag der höheren Milchleistung gebildet. Diese Summe wird dann durch die relativen jährlichen Kosten des AMS in Verhältnis zum Anschaffungspreis dividiert. Dieser Rechenvorgang kann anhand der Tabellen 6.5.9 und 6.5.10 nachvollzogen werden.

**Tab.6.5.9:** Einsparungen und Erträge durch AMS (Daten: KTBL, Kowalewsky u. Fübbeker)

Kühe	Technik	Investition FGM €	Jahres- kosten FGM €	Gebäude				Jahres- kosten FGM + Gebäude €	Arbeit			Milch Mehr- ertrag €
				FGM m <sup>2</sup>	AMV m <sup>2</sup>	Ersparnis €	je Jahr €		FGM Akmin/d	AMV Akmin/d	Erspar- nis €	
60	2x5	32.000	5.943	54	15	7.846	693	6.636	170	119	3.878	7.200
120	2X6	37.000	9.638	65	24	8.060	712	10.350	299	185	8.669	14.400
180	2x8	52.000	18.180	86	39	9.456	835	19.015	429	239	14.448	21.600

200 €/m<sup>2</sup> N=12

12,5 €/h  
8.000 kg  
10%  
0,15 €/kg

Die Division der Summe der fettgedruckten Werte einer Zeile (Herdengröße) in Tab. 6.5.2 durch die relativen jährlichen Kosten des AMS (angesetzt sind in Tab. 6.5.3 25 % [Faktor = 0,25]) ergibt die zulässige Investitionshöhe für das AMS. Teilt man diesen Wert – wegen der Vergleichbarkeit – für 120 Kühe durch 2 und für 180 Kühe durch 3 (entspricht 2 bzw. 3 Einzelboxsystemen) ergibt sich der in Tab 6.5.10 ausgewiesene „Raum für Investition in AMS“.

Es zeigt sich zunächst, dass unter den gegebenen Annahmen (FGM (KTBL-Daten), Arbeitersparnung nach Kowalewsky und Fübbeker und 12,50 €/h sowie 10 % Mehrleistung bei einer 8.000-kg-Herde bei einem Deckungsbeitrag von 15 Cent je kg Mehrleistung) die zulässigen Investitionshöhen weit unter den gegenwärtig angegebenen Listenpreisen für Einzelboxsysteme liegen. Es zeigt sich ferner, dass der Investitionsfaktor mit zunehmender Herdengröße fällt. Dies liegt zunächst an der höheren Arbeitersparnis bei größeren Herden. Bei 180 Kühen kommt hinzu, dass der FGM über der Auslastungsschwelle ausgelastet ist und von daher eine kürzere Nutzungszeit aufweist.

**Tab. 6.5.10:** Zulässige Investitionshöhe in AMS sowie deren Veränderung bei unterschiedlichen Annahmen

Kühe	Raum für Investition in AMV €	Investitions- faktor gegen- über FGM	Jahreskosten AMV - 5 % €	Milch- leistung + 5 % €	Arbeits- ersparnis 150 % €
60	<b>68.083</b>	2,1	17.021	14.400	7.756
120	<b>65.414</b>	1,8	16.354	14.400	8.669
180	<b>72.304</b>	1,4	18.076	14.400	9.632

Tabelle 6.5.10 verdeutlicht auch, dass bei Jahreskosten der AMS von 20 statt 25 % die Investitionshöhe um 16.000 bis 18.000 € höher sein darf. Der Effekt einer 5%-Mehr- aber auch -Minderleistung ist größer als der der jährlichen Systemkosten und konstant, da jedem AMS gleiche Anzahl Kühe (60) zugeordnet sind. Eine um 50 % höhere Arbeitseinsparung gegenüber der Annahme (mehr dürfte selbst bei bester Technik nicht möglich sein) lässt nur eine knapp 8.000 bis 10.000 € höhere Investition zu.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, dass für einen konkurrenzfähigen AMS-Einsatz vor allem die Preise und die Betriebskosten einschließlich Wartung und Reparaturen gesenkt werden müssen. Außerdem hängt es sehr vom Management der Anlagen ab, welche Arbeitseinsparungen bzw. welche Mehrleistung mit AMS erzielt werden.

In den Abbildungen dieses Kapitels wurden teilweise Prospektmaterial und Unterlagen der Hersteller von AMS bzw. Melkanlagen verarbeitet.

## 6.6 Literatur

**Artmann, R.** (2003): High-Tech im Rinderstall. Mais H. 1, S. 4-7

**Artmann, R.** (1998): Automatische Melksysteme (AMS) – Einordnung und Herdenmanagement. In: Baubriefe Landwirtschaft "Milchviehhaltung" H. 39, S. 81-87.  
Hrsg. Bauförderung Landwirtschaft

**DLG** (2002): Melkroboter MERLIN. Prüfbericht Nr. 5073

**DLG** (2002): ASTRONAUT®, "M4use" und Tierwaage Gravitor®. Prüfbericht Nr. 5074

**DLG** (2000): Melkroboter Lely ASTRONAUT. Prüfbericht Nr. 4916

**Fübbeker, A.; Kowalewsky, H.-H.** (2004): Praxiserfahrung mit automatischen Melksystemen – eine Umfrage. KTBL-Schrift 424

**KTBL** (2004): Automatische Melksysteme im Vergleich. KTBL-Schrift 430

**KTBL** (2000): Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift 395

## 7. Zusammenfassung

Das Angebot der Hersteller von Melkanlagen, ob konventionell oder automatisch, und Melkanlagenzubehör ist ausgesprochen vielseitig und bietet jedem Landwirt die Möglichkeit, für seine Bestandsgröße und seine arbeitswirtschaftliche Situation die geeignete Melkanlage auszuwählen.

Entscheidend für erfolgreiche Nutzung ist jedoch, dass es gelingt, den Faktor Technik mit den Faktoren „Arbeitserledigung“ und „Tier“ zu einem harmonischen System zu verbinden. So ist es durchaus möglich, dass ein guter Betriebsleiter mit nicht optimaler Technik, aber gutem Tiermaterial und gutem Management ein sehr gutes Betriebsergebnis erzielt. Andererseits ist aber in der Praxis häufig zu beobachten, dass weniger gute Betriebsleiter auch mit der besten Technik nicht zurecht kommen, weil sie Fehler bei der Bedienung der Melkanlage, der Hygiene oder der Arbeitserledigung machen.

Je mehr es gelingt, das Zusammenwirken von Tier, Mensch und Maschine zu koordinieren, um so besser ist das auf den Betrieb bezogene Ergebnis der Milcherzeugung. Dies gilt im Besonderen für erfolgreichen Einsatz automatischer Melkverfahren.

Im Folgenden werden einige Punkte aufgelistet, die hilfreich für erfolgreiche Nutzung der Melktechnik sind:

- Die Zufriedenheit der Betriebe hängt weniger von dem Melkmaschinenfabrikat als von der Betreuung durch den jeweiligen Händler ab (AMS).
- Vor dem Kauf einer neuen Melkanlage sollten die betriebsspezifischen Bedingungen genau analysiert und die daraus folgenden Anforderungen an die Melkanlage definiert werden. Dabei erweist sich Beratung, z. B. durch den Landeskontrollverband oder durch freie Berater, als vorteilhaft.
- Um sich über die Funktion der Melkanlage einschließlich einzelner Ausstattungsmerkmale zu informieren, sollten Betriebe besucht werden, die mit diesen Melkanlagen arbeiten und bereit sind, sich kritisch damit auseinanderzusetzen (AMS). Es sollte zusätzlich versucht werden, in der betreffenden Melkanlage eine oder mehrere Melkzeiten mitzumelken.
- Die Zitzennachdesinfektion hat sich als eine wesentliche Maßnahme zur Vermeidung von Eutererkrankungen bewährt. Eine optimale Benetzung der Zitzenspitzen mit Desinfektionsmittel ist durch Zitzentauchen nach dem Melken (Dippen) zu erreichen.
- Nach der Abnahme des Melkzeuges kann gemeinsam mit dem Zitzendippen eine Nachkontrolle der Euter durchgeführt werden, eine wichtige Maßnahme zur schnellen Erkennung von Melkstörungen.

- Zellzahlangaben aus der Milchleistungsprüfung sollten zur Kontrolle der Eutergesundheit genutzt werden.
- Für die weitere Vierteldifferenzierung können effektiv die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung herangezogen werden. Die günstigste Lösung ist die Messung mit Handgeräten im Vorgemelk der einzelnen Viertel. Richtig angewendet ist die Leitfähigkeitsmessung von Anfangsviertelgemelken eine wirksame Methode zur Erkennung von Eutergesundheitsstörungen. Sie eignet sich insbesondere zur gezielten und differenzierten Vorbereitung der Euterviertel auf das Trockenstellen.
- Die Gestaltung des Vorwartehofes sollte auf die gewählte Gruppengröße und Melkstandgröße abgestimmt werden. Günstig ist es, wenn mindestens eine Kuhgruppe bequem im Vorwartehof unterkommen kann. Reicht der Platz für mehr als eine Gruppe, ist eine Unterteilung vorzusehen.
- Der Einbau eines Gefälles in Richtung Vorwartehof von 1 % kann den Eintrieb fördern und wirkt sich günstig bei der Reinigung des Melkstandes aus.
- Gute Arbeitsbedingungen im Melkstand wirken sich insbesondere bei langen Melkzeiten positiv auf Arbeitsdurchführung und -qualität aus.
- Die arbeitswirtschaftlichen Angaben (Arbeitskräftebesatz u. a.) der Hersteller/Händler sind besonders kritisch zu prüfen. In der Regel werden zu hohe Angaben für den Durchsatz gemacht. Selten können diese Zahlen in der Praxis ohne Verlust an Arbeitsqualität realisiert werden.
- Bei der betriebswirtschaftlichen Bewertung der Angebote sind die Folgekosten durch Service und Ersatzteile zu berücksichtigen (AMS).
- Der Verlauf der Bau- und Installationsausführungen sollte genau protokolliert werden.
- Nach Fertigstellung ist die Abnahme der Melkanlage durch eine firmenunabhängige Organisation zu empfehlen, um vorhandene Mängel sofort zu erkennen und deren Beseitigung einzufordern.
- Probleme bei Eutergesundheit und Milchqualität werden in der Regel nicht ausschließlich durch die Technik verursacht, sondern vielfach durch Personal und Management. Nicht allein die Melkerleistung, sondern vor allem die Qualität der Arbeitsdurchführung sollte als Schwerpunkt betrachtet werden, auch wenn sich dadurch der personelle Aufwand erhöht.