

# Milchgeräte

von Max Hupfauer

Sonderdruck

aus „Geschichte der Landtechnik“

DLG-Verlags-Ges. m. b. H. 6 Frankfurt/M.

# Milchgeräte

von Max Hupfauer

## Die Erfindung der Zentrifuge

Die Erfindung der *Zentrifuge* wurde mit Recht als die Erlösung der Milchwirtschaft bezeichnet. An ihren Anfang darf man die 1864 von ANTONIN PRANDTL, einem Elemen der Technologischen Abteilung der Weihenstephaner Königlichen Landwirtschaftlichen Zentralschule, gebaute Eimer-Zentrifuge stellen. Ihm folgten WILHELM LEFELDT mit einer auf der Landwirtschaftlichen Weltausstellung in Bremen 1874 gezeigten Eimer-Schleuder. Einen weiteren Impuls erhielt diese Entwicklung wiederum aus Weihenstephan durch den Professor für Landwirtschaft, Dr. ALEXANDER PRANDTL, einem Bruder des vorhin erwähnten, der 1875 eine Milchschleuder konstruiert hatte, welche bereits den Gedanken der ununterbrochenen Entrahmung verwirklichen sollte (Abb. 1). Dieses Ziel erreichte jedoch erst 1878 der schwedische Ingenieur Dr. GUSTAV PATRIK DE LAVAL, welcher durch Veröffentlichungen über LEFELDT's Milchschleuder zu seiner bahnbrechenden Erfindung angeregt worden war (Abb. 2).

Absatzgebiete waren aber nur größere Molkereien, bis es DE LAVAL 1886 gelang, eine Ausführung für Handbetrieb herzustellen. Ausschlaggebend für die weitere Verbreitung wurde 1890 die Erfindung des Münchener Zivil-Ingenieurs CARL FREIHERR VON BECHTOLSHEIM (Abb. 3), mit deren Hilfe störende Strömungen in der umlaufenden

Abb. 1: Milchzentrifuge von A. Prandtl, 1875

Abb. 2: Milchseparator von G. de Laval, 1879

Abb. 3: Milchschleuder mit Tellereinsatz  
von C. Freiherr von Bechtolsheim, 1890

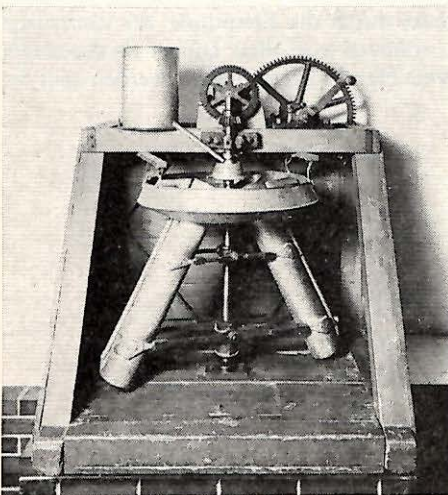


Abb. 1

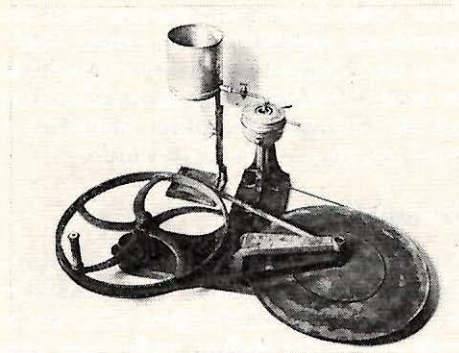


Abb. 2

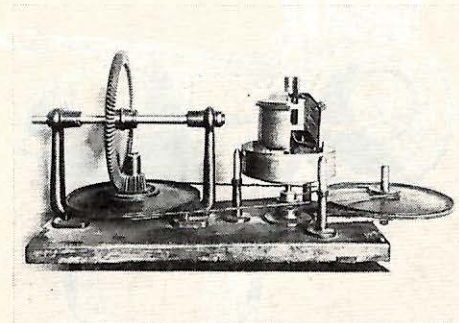


Abb. 3



Zentrifugentrommel beseitigt und damit die Stundenleistung, die Entrahmungsschärfe sowie die Ausbeute wesentlich erhöht werden. DE LAVAL erkennt die weittragende Bedeutung dieser Erfindung und kauft das Deutsche Reichspatent Nr. 48 615 für die von ihm inzwischen gegründete Separatorenfabrik in Stockholm auf. Um die Jahrhundertwende hatten bereits mehr als 150 000 Maschinen das Werk verlassen und erst, als am 14. Juli 1903 das ALFA-LAVAL-Patent erlosch, konnten auch andere Fabrikanten gleichwertige Geräte liefern. Über die stürmische Entwicklung der Milchverarbeitung mit Hilfe von Zentrifugen gibt Professor MARTINYS Bericht Auskunft, wonach im Jahre 1907 bei einer Gesamtzahl von 347 649 landwirtschaftlichen Betrieben 336 906 Milchschleudern benutzten und in gewerblichen Betrieben außerdem 10 743 Molkerei-Zentrifugen gezählt wurden. Diese Mechanisierung der Rahmgewinnung war die Grundlage der weithin verbreiteten bäuerlichen Butterherstellung.

### Buttereigerät

Gleichzeitig wurden auch die *Buttereigeräte* weiterentwickelt, das Stampfbutterfaß verschwand mehr und mehr, während Quirl-, Schlag- und Sturzbutterfässer in den verschiedensten Formen zur Anwendung kamen. Sachverständige Milchwirtschaftler verfolgten den Gang der Dinge nicht ganz ohne Besorgnis, weil die Milchverarbeitung auf dem Bauernhof sowohl hinsichtlich der Rahmausbeute als auch der Rahmbehandlung und damit der Qualität der Butter gegenüber molkereimäßiger Verarbeitung manche Mängel aufwies. Daher wurde die Entrahmungsschärfe der Handzentrifugen durch die von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft organisierten Prüfungen genau untersucht, um zu erreichen, daß wenigstens die technischen Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Arbeitsweise soweit als möglich gegeben waren. Umfang und Bedeutung dieser Arbeit kann man ermessen, wenn man hört, daß bis 1907 bereits 490 verschiedene Zentrifugen geprüft worden waren. Auf fast allen Bauernhöfen surrten die Zentrifugen und drehten sich die Butterquirle, bis im Zuge der Fettbewirtschaftung während des ersten Weltkrieges die Milchablieferung an die Molkereien zwangsweise eingeführt und die Erfassung der Milch schließlich durch Plombierung bzw. Beschlagnahme der Handzentrifugen erzwungen wurde.

### Das maschinelle Melken

Von der zeitraubenden und unwirtschaftlichen Aufrahmung der Milch in Satten war der Bauer, also bereits um die Jahrhundertwende, durch die Erfindung der Zentrifuge befreit. Eine viel schwierigere, nicht nur zeit-, sondern vor allen Dingen kraftverzehrende Arbeit, das *Melken*, mußte noch immer von Hand vorgenommen werden und be-

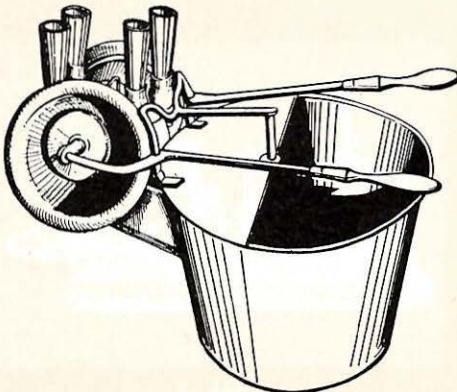


Abb. 4: Handbetätigte Melkmaschine von L. O. Colvin, 1860



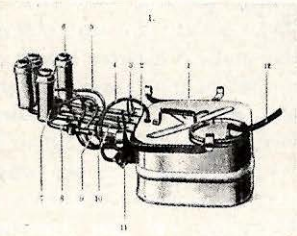
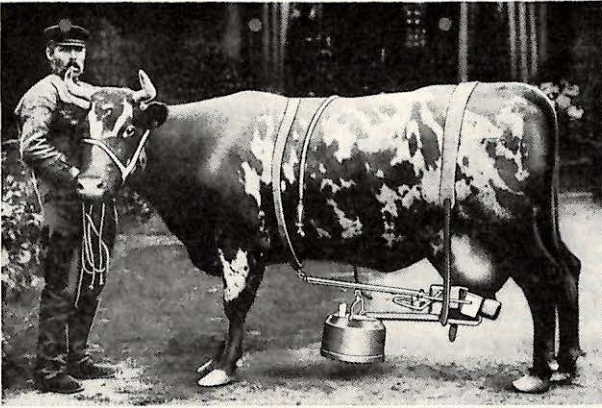


Abb. 6:  
Omega Melkmaschine 1914

← Abb. 5:  
Alfa-Melkmaschine, Bauart  
Laktator, auf der DLG-  
Ausstellung Hamburg 1910

lastete vor allem die weiblichen Arbeitskräfte auf dem Bauernhof. Etwa 120 Melkgriffe in der Minute und mehrere tausend während einer Melkzeit verlangten vom Handmelker oft übermäßige Anstrengung. Kein Wunder, daß man schon mit beginnender Mechanisierung in der Landwirtschaft, also vor etwa 100 Jahren, sich um die Erfindung einer Melkmaschine bemühte. Aber mehr als jede andere landtechnische Entwicklung war diese schwierig, weil es sich um Mechanismen handelt, die an wertvollen lebenden Tieren und an empfindlichen Organen dieser Tiere angebracht werden mußten.

Die bereits 1836 in England patentierten Melkröhrchen, die den Milchabfluß durch Ausschaltung der Funktion des Schließmuskels herbeiführten, haben als Ersatz für das Handmelken, obgleich sie immer wieder in Erscheinung getreten sind, niemals Bedeutung erhalten. Als erste Melkmaschine kann das von dem Amerikaner COLVIN, Philadelphia, 1860 gebaute Gerät mit einer handbetätigten Saugpumpe bezeichnet werden (Abb. 4). In den folgenden Jahren wurden zahlreiche Versuche, Melkmaschinen zu bauen unternommen, überwiegend in der Absicht, das Handmelken durch mechanisch bewegte Gummipplatten, Rollen oder dergl. nachzuahmen; aber ebenso, wie bei der Mechanisierung manch anderer Handarbeiten, z. B. der des Mähens, die Nachahmung von Handgeräten und ihrer Bewegungsvorgänge nicht zum Erfolg führte, sondern erst völlig davon abweichende Konstruktionen des Rätsels Lösung brachten, so kam die Melkmaschinenentwicklung erst auf brauchbare Bauarten, als man versuchte, das natürliche Melken, nämlich das Saugen des Kalbes nachzuahmen. Eine entscheidende Erfindung auf diesem Wege gelang dem Schotten Dr. SHIELDS aus Glasgow 1895 mit der Konstruktion des Pulsators, mit dessen Hilfe die Saugwirkung an den Zitzenbechern in regelmäßigen Abständen unterbrochen werden konnte. Die mit diesem Pulsator ausgestattete THIESTLE-Melkmaschine erhielt im gleichen Jahr auf der Royal Show in Darlington die Silberne Preismünze. In Deutschland wurde sie erstmals auf der Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Hamburg 1897 gezeigt. Neben der Erfindung des Pulsators war die des Zweiraum-Melkbeckers 1903 durch den Australier ALEXANDER GILLIES aus Terrang ein besonderer Fortschritt in der Entwicklung des maschinellen Melkens. Mit dieser Konstruktion konnte man die bisherigen Schwierigkeiten bei den sogenannten Vakuummachines, welche das Saugen des Kalbes nachahmten, nämlich Schmerzempfindungen durch Vakuumeinwirkungen, Abfallen der Becher usw., grundsätzlich überwinden. Einige Jahre später, auf der 24. Wanderausstellung der DLG in Hamburg 1910, konnte man die erste ALFA-Melkmaschine besichtigen, welche noch dem Prinzip des Laktators, so nannte man die Funktion des Handmelkens nachgebaute Geräte, entsprach (Abb. 5). Es war ein Hängemelker mit zwei Gummitaschen für je zwei Zitzen, die durch eine Druckluftanlage vom Pulsator gesteuert



bewegt wurden. Alle rein mechanisch arbeitenden Anlagen hatten den gemeinsamen Nachteil, daß die abströmende Milch wiederholt mit der Außenluft in Berührung kam und deshalb leichter Infektionen ausgesetzt war, als die Milch von Anlagen, bei welchen das Absaugen unter Luftabschluß erfolgte. Eine Maschine solcher Bauart, die 1914 bereits eine gewisse Bedeutung gewonnen hatte, war die Omega-Melkmaschine (Abb. 6), welche mit 38 cm Vakuum und einer Pulszahl von 60—80 Doppelbewegungen in der Minute betrieben wurde. Sie war ebenfalls als Hängemelker ausgebildet und hatte vier Zweiraummelkbecher, aus denen die Milch über Celluloidrohre sichtbar in den Melkeimer lief. Der Anschluß an jede Melkmaschine an die Hauptrohrleitung erfolgte mit einem 2 m langen Gummischlauch über einen Hahnstutzen. Im Prinzip also eine Bauart mit allen heute noch verwendeten Grundelementen.

Wie auf allen Gebieten der Landtechnischen Entwicklung, so setzte der erste Weltkrieg 1914 auch weiterer Verbesserung und Verbreitung der Melkmaschinen eine gewisse Grenze. Die mit den Kriegsereignissen verbundene Verknappung der Lebensmittel in vielen Ländern wertete die landwirtschaftliche Produktion kräftig auf, so daß nach Überwindung der Kriegsfolgeerscheinungen eine neue Blüte der Landtechnik begann. So wurde 1926 von dem inzwischen gegründeten Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft der Ausschuß für die ländliche Milchwirtschaft ins Leben gerufen. Er befaßte sich in erster Linie mit der Prüfung von Melkmaschinen für die inzwischen ein lebhaftes Bedürfnis entstanden war. Etwa 50 Anlagen gab es im Jahre 1924 im damaligen Reichsgebiet, 150 waren es 1925 und 1926 war die Zahl der Anlagen bereits auf rund 700 gestiegen. Während der Kriegszeit war die Entwicklung im Ausland doch weitergegangen, so hatte man in Schweden eine Bauart mit zwangsläufiger Pulssteuerung konstruiert. Diese ALFA-LAVAL-Melkmaschine (Abb. 7) war mit einer Takteinrichtung

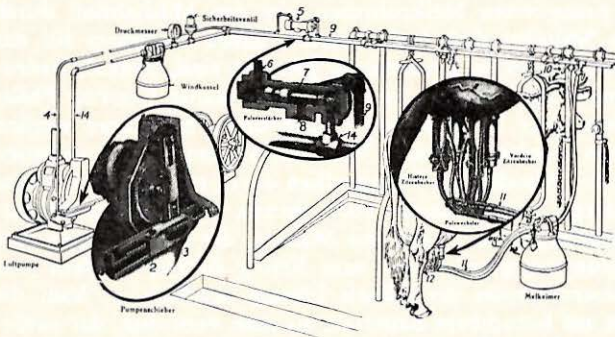
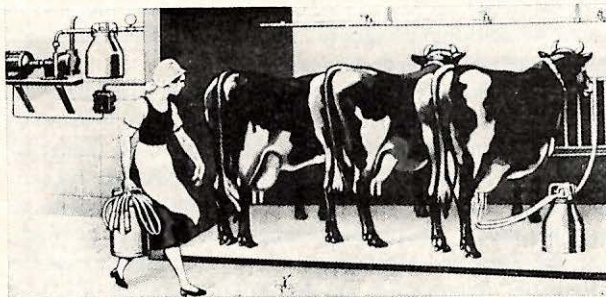


Abb. 7:  
Alfa-Melkanlage mit  
zwangsläufiger pneumatischer  
Pulssteuerung, 1926

an der Melkpumpe ausgestattet, deren Pulse über eine  $\frac{3}{8}$ "-Rohrleitung neben der Vakuumleitung gleichmäßig über den Stall verteilt wurden, wozu allerdings sogenannte Verstärker eingebaut werden mußten. Die Anlage war besonders für größere Stallungen geeignet, weil auch bei Benutzung mehrerer Melkmaschinen die Pulszahl unverändert gleich blieb, was für die Erhaltung der Milchleistung wichtig erschien. Aber bald zeigte sich eine überraschende Tatsache, die sich nicht nur auf diese Bauart sondern auf das ganze Dutzend der inzwischen auf dem Markt befindlichen Fabrikate erstreckte. Die Berufsschweizer auf den Gütern waren mit der Einführung des maschinellen Melkens nicht einverstanden, weil sie ihre Vormachtstellung gefährdet sahen. Die „eiserne Konkurrenz“, wie sie von den Melkern bezeichnet wurde, machte die Gutsbesitzer nicht mehr in so starkem Maße vom Arbeitswillen der Melker abhängig, wie dies bisher der Fall war. Manche kürzten auch die Melkerlöhne mit der Begründung, daß die durch die Maschine gebrachte Arbeitserleichterung den Schweizern zugute käme, dem Gutsbesitzer aber neben der Anschaffung laufende Strom-, Ersatzteil- und Reparaturkosten verursachte. Es leuchtet ein, daß eine Maschine nicht einfandfrei funktionierte, wenn das Bedienungspersonal sie



Abb. 8:  
Melkanlage mit einfacher  
Vakuümleitung und  
einstellbaren Pulsatoren  
an den Melkeimern 1930



ablehnte. So kam es, daß im Gegensatz zur Entwicklung der Landtechnik auf allen anderen Gebieten nicht der Großbetrieb bei der Einführung voranging, sondern die bäuerlichen Betriebe Schrittmacher wurden, wo die weiblichen Arbeitskräfte, sonst mit dem Handmelken belastet, mit Freuden die Maschine begrüßten, welche sie von schwerer Arbeit befreite. In diesen Betrieben wurde sie richtig bedient, sorgfältig gepflegt und arbeitete demzufolge auch einwandfrei. Weil die bäuerlichen Betriebe aber nicht so zahlungskräftig waren, versuchte man durch technische Vereinfachungen den Kaufpreis der Maschinen herabzusetzen. Anstelle der immerhin teuren Doppelrohrleitung mit Pulsverstärker kamen Anlagen mit Einzelpulsatoren an den Melkeimern und einer einfachen Vakuümleitung auf den Markt (Abb. 8). Auch die inzwischen fortgeschrittene Elektrifizierung auf dem flachen Lande förderte die Verbreitung des maschinellen Melkens. 1927 waren es bereits 3500, 1928 rund 9000 Anlagen im Reichsgebiet. Inzwischen waren die Ergebnisse der in diesen Jahren durchgeführten Melkmaschinenprüfungen veröffentlicht worden. Fünf von zwölf geprüften Bauarten erwiesen sich als unbrauchbar, sieben wurden anerkannt. Es wurden auch Regeln für den Einsatz und den Betrieb der Anlagen erarbeitet, Verbesserungsvorschläge für die Vereinfachung der Bauarten gemacht, um den Durchschnittspreis einer bäuerlichen Anlage für etwa 10—12 Kühe auf 1000,— RM zu senken. Diesem Bestreben versuchte die Industrie durch die Erstellung fahrbarer Anlagen nachzukommen, bei denen die Kosten für die Montage und die Rohrleitung im Stall erspart wurden. Es zeigte sich aber, daß dies nicht von Erfolg begleitet war, weil das Hin- und Herfahren der Aggregate in den manchmal sehr engen Stallungen umständlich, zeitraubend und durch das Heranführen der Schläuche von rückwärts auch ziemlich unhygienisch war. Der Bauer hatte bald erkannt, daß eine Anlage, die er, wie kaum eine andere, tagtäglich mindestens zweimal, jahraus, jahrein benutzte, so einfach und bequem zu bedienen sein mußte, wie nur irgend möglich und daß Einsparungen auf Kosten dieser notwendigen Eigenschaften sich tagtäglich unangenehm spürbar machten. So hat die Melkanlage mit einer im Stall fest verlegten Rohrleitung weiterhin die Oberhand behalten. 1930 waren bereits mehr als 12 000 Anlagen in Betrieb, wovon 80% auf Bauernhöfen arbeiteten, als ein großer Rückschlag kam. Ehe auf diesen näher eingegangen wird, soll noch die übrige technische Entwicklung in der bäuerlichen Milchwirtschaft in dieser Zeit kurz erläutert werden.

### Rahmverarbeitung

Nichts hätte die bäuerliche Butterherstellung mehr fördern können, als die Beschlagnahme der Zentrifugen während der Lebensmittelzwangswirtschaft. Als diese Fesseln fielen und neue verbesserte Zentrifugen auf dem Markt erschienen, warf man die teilweise verrosteten Geräte früherer Bauart zum alten Eisen und schaffte sich neue Milchschleudern an. Sie hatten inzwischen Ölbadgetriebe mit sicher wirkender Schmierung des hochbeanspruchten Halslagers der schnellaufenden Trommelspindel erhalten, waren zum Teil aus rostfreien Materialien hergestellt und in der Entrahmungsschärfe den



älteren Molkereizentrifugen ebenbürtig. Dazu kam, daß für die Rahmverarbeitung bzw. Butterherstellung geeignete Butterfässer, Knetteller, ja sogar molkereihähnliche Butterfertiger geliefert werden konnten.

Bei der volkswirtschaftlichen Bedeutung, die diese Eigenverarbeitung der Milch auf dem Bauernhof mit sich brachte, sahen sich verantwortliche Milchwissenschaftler veranlaßt, mit neuen verbesserten Methoden die Zentrifugenprüfungen fortzusetzen, um die besten Konstruktionen ins rechte Licht zu rücken. Auch die Butterfässer wurden überprüft und das bereits 1911 untersuchte Stahlbutterfaß mit Handbetrieb, welches eine besonders rasche Butterung ermöglichte, erschien wieder auf dem Markt. Wohl war die Zahl der Molkereien inzwischen auch größer geworden, aber die Verfütterung hofeigener Magermilch an die Aufzuchtälber wurde vielfach wegen Vermeidung von Krankheitsübertragungen aus fremden Beständen bevorzugt. Teilweise kam eine Bewegung der Rahmablieferung in sog. Rahmstationen in Gang, wodurch diesem Wunsch der Bauern einerseits Rechnung getragen werden konnte, andererseits der Rahm zur Verbutterung in die Molkerei gelangte. Seitens der Industrie wurde diese Entwicklung durch den Bau mittelgroßer Zentrifugen mit 1000 bis 1500 l Stundenleistung gefördert.

Zwecks Erhaltung der Milch- bzw. der Rahmqualität hatte die Industrie wasser- und eisgekühlte Aggregate entwickelt in Form von Flach- oder Rundkühlern, bei denen die Milch schleierartig aus einem Einschüttgefäß über die vom Kühlwasser durchströmten Rohrleitungen im Gegenstrom nach unten floß und auf diese Weise bis auf etwa 3° über Kühlwassertemperatur heruntergekühlt werden konnte. Es gab auch Kühler, die im unteren Teil eine drehbare Blechtrommel hatten, die man mit Eis füllen konnte, so daß die vom Wasser vorgekühlte Milch über die Eistrommel laufend eine noch niedrigere Temperatur erhielt. Auch eine Kombination von Seihvorrichtung und Wasserkühlung, aus Aluminium hergestellt, fand manche Anhänger. Wo größere Rahmmengen auf dem Bauernhof verarbeitet wurden, kamen kleine Butterfertiger zur Anwendung, Holzfässer mit einer Getriebebeschaltung, die nach dem Einfüllen des Rahms elektrisch angetrieben zunächst schnell rotierten, um den Butterungsvorgang zu beschleunigen und nach Eintritt der Butterung und Ablassen der Buttermilch durch Getriebeumschaltung in eine langsame Gangart versetzt wurden, wobei sich dann im Butterfaß befindliche Knetwalzen gegenläufig bewegten und die Butter auskneteten. Auch das Waschen der Butter wurde dann in diesen Fertigern vorgenommen, so daß die Butter fertig herausgenommen werden konnte. Zentrifuge, Butterfaß, Knetteller oder Butterfertiger von einem Getriebemotor gemeinsam angetrieben und in dieser Zusammenstellung als „Hausmolkerei“ bezeichnet, fanden allenthalben Interessenten. So war auf vielen Bauernbetrieben die Milchwirtschaft vom Melken bis zum Buttern durch die Technik von zeitraubender und anstrengender Handarbeit erlöst.

### Weiterentwicklung der Melkmaschinen

Doch nun zurück zu den Melkmaschinen. Nach der stürmischen Entwicklung, um die Mitte der Zwanziger Jahre, traten mehr und mehr Schwierigkeiten durch Eutererkrankungen auf. Man wußte sich zunächst keinen Rat und setzte die Maschinen außer Betrieb, weil vielfach nach der Rückkehr zum Handmelken die sichtbaren Veränderungen der Milch, nämlich die Flockenbildung, als Folge der Euterentzündungen und mit ihnen die Entzündungen selbst wieder verschwanden. Die Melkmaschinen wanderten auf den Dachboden und nach wenigen Jahren waren nur noch etwa 10% der Anlagen in Betrieb. Diese alarmierende Erscheinung rief schon 1927 die Wissenschaft auf den Plan, die in Deutschland in einem mehrjährigen groß angelegten Versuch auf verschiedenen Betrieben den Einfluß des Maschinenmelkens auf den Gesundheitszustand der Milchkühe sorgfältig prüfte. Als Ergebnis wurde festgestellt, daß eutergesunde Tiere durch sachgemäßes Maschinenmelken nicht erkranken; dagegen stellte sich heraus, daß



zahlreiche Milchkühe an einer chronischen Euterentzündung erkrankt sind, die beim Handmelken nicht deutlich in Erscheinung tritt, jedoch beim Übergang zum Maschinenmelken vielfach in einen akuten Entzündungszustand übergeführt wird, der dann die begriffliche Meinung aufkommen läßt, daß die Entzündung durch die Melkmaschine verursacht worden sei. Um diesem Übel abzuhelpen wurde vorgeschlagen, vor dem Ankauf einer Melkmaschine den Milchviehbestand auf solch chronisch erkrankte Tiere durch einen Tierarzt untersuchen zu lassen. Es wurde ferner durch zahlreiche Versuche festgestellt, daß die fragliche Eutererkrankung (Streptokokken-Mastitis), mit Hilfe der Maschine von kranken auf gesunde Tiere zu übertragen, normalerweise nicht möglich ist. Nachdem man inzwischen auch wußte, daß die Streptokokken-Mastitis in versteckten, also chronischer Form im deutschen Milchviehbestand sehr verbreitet war, erklärte sich durch diese Untersuchung das plötzliche Auftreten von Euterentzündungen in maschinengemolkenen Viehbeständen. Die Bekämpfung der Krankheit wurde nicht zuletzt auf Grund dieser Melkmaschinenprüfung erheblich verstärkt und führte in Verbindung mit der Tuberkulosebekämpfung zu den heute fast seuchenfreien Tierbeständen.

Trotz des Rückschlages ging die technische Entwicklung der Melkmaschinen weiter. Aus der Erkenntnis, daß ein absolut gleichmäßiger Pulsschlag der Maschine für die Erhaltung der Milchleistung der Kühe von großer Wichtigkeit ist, versuchte ALFA-LAVAL 1932 die Magnetpulsanlage einzuführen, bei welcher der Puls durch ein magnetisch bewegtes Ventil am Melkeimer erzeugt wurde. Das wechselnde Magnetfeld wird in einer ebenfalls am Melkeimerdeckel befindlichen Kupferspule durch Schwachstromstoß hervorgerufen. Die stoßweise Stromversorgung bewirkt den Takt durch einen an der Melkpumpe befindlichen und von ihr zwangsläufig gesteuerten Stromunterbrecher (Abb. 9). Der Schwachstrom wird durch eine isolierte Leitung längs der Vakuumleitung über geeignete Anschlußhähne und Schläuche zum Eimerdeckel geführt. Verwendet wurde ein Schwachstrom von einem Gleichstromdynamo oder von einem Trockengleichrichter erzeugt mit einer Spannung von max. 24 V, die für Mensch und Tier völlig ungefährlich ist. Die Eigenschaften des elektrischen Stroms ermöglichen infolge des zwangsgesteuerten Unterbrechers auch bei vielen gleichzeitig angeschlossenen Melkmaschinen einen absolut gleichmäßigen Pulstakt. Dieser bedeutungsvolle technische Fortschritt war schon in zahlreichen ausländischen Anlagen, sowohl in den Vereinigten Staaten als auch in Australien, in England usw. seit geraumer Zeit in Anwendung gebracht worden und hatte sich hervorragend bewährt. Eine der damals bedeutendsten und bald in der ganzen Welt bekannten Melkanlagenkonstruktionen mit dieser Pulssteuerung war der Rotolactor auf der Cordon Walker Farm in Plainsboro, New Jersey bei New York (Abb. 10). Sie bestand im wesentlichen aus einer großen Drehscheibe, auf der 50 Kühe in Melkständen untergebracht waren. Die Milch wurde nicht mehr in die Melkeimer, sondern in aufgehängte Glasgefäße mit einer Wägevorrückung gemolken, so daß Melkvorgang und Milchleistung genau kontrolliert werden konnten. Die Scheibe drehte sich so langsam, daß eine Umdrehung etwa der Melkzeit einer Kuh entsprach, weshalb wie beim Zugang zu einer Manege im Zirkus von einer Stelle aus ständig die Kühe gewechselt werden konnten. Man nannte dieses Verfahren „das Melken am laufenden Band“. Es regte auch bei uns die Entwicklung von Melkständen an, wodurch das Arbeitsprinzip völlig umgeändert wurde, da mit der Errichtung von Melkständen das Melken nicht mehr im Stall sondern in einem besonderen Melkraum erfolgte. — Die Kühe gingen also jetzt zur Melkmaschine, während bei den Rohr-Anlagen im Stall die Maschinen von Kuh zu Kuh getragen wurden. — Freilich, im Weidebetrieb hatte man dieses Arbeitsverfahren längst verwendet, indem man Melkwagen oder Melkstände konstruierte, zu denen die Tiere getrieben wurden. Aber eine Übertragung dieser Methode in den Stall hatte bisher nicht stattgefunden. Das Melken im Melkstall wurde vor allem durch die Einrichtung von Laufställen gefördert, die von manchen Landwirten auch für Milchkühe verwendet wurden. Die Magnetpulsanlage



konnte in Deutschland keine weite Verbreitung finden, obgleich ihre Vorteile ganz offensichtlich waren. Die Rückschläge im Melkmaschineneinsatz und die zunehmende Zahl von Arbeitskräften in der Landwirtschaft infolge der steigenden Arbeitslosigkeit in den Städten hemmte die Weiterverbreitung von Melkmaschinen ganz allgemein und insbesondere konnten die verhältnismäßig teuren Magnetpulsanlagen von den Landwirten in ihrer schwierigen finanziellen Lage nicht bezahlt werden.

Um aber die Anwendung von Melkmaschinen wenigstens in die rechten Bahnen zu lenken, wurden in den folgenden Jahren unter der Leitung von Sachverständigen eine Reihe z. T. sehr einschneidender Maßnahmen von Amts wegen durchgeführt. So wurde den Herstellern aufgegeben, die Maschinen so zu bauen, daß das sog. Naßmelken verhindert werden würde. Unter Naßmelken verstand man die Erscheinung, wonach infolge der Pumpwirkung des vom Luftdruckwechsel bewegten Zitzengummis die Milch von der Zitzenspitze innerhalb des Gummis an der Außenhaut der Zitze bis zur Zitzenwurzel immer wieder hinaufgespült wurde und sogar eine wechselnde Spülwirkung zwischen den einzelnen Zitzenbechern stattfand. Da das Naßmelken beim Handmelken, worunter man die Anfeuchtung der Hände mit einem Milchstrahl verstand, aus hygienischen Gründen verboten war, mußte man auch für die Beseitigung des Naßmelkens bei der Melkmaschine sorgen. Die Firmen ALFA-LAVAL und WESTFALIA folgten als erste dieser Aufforderung, wobei die zu diesem Zweck von ALFA-LAVAL entworfene

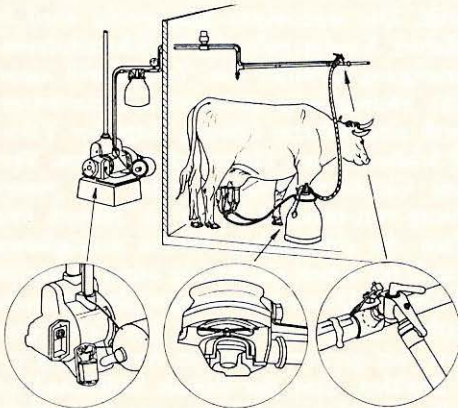


Abb. 9: Melkanlage mit zwangsläufiger elektromagnetischer Pulssteuerung

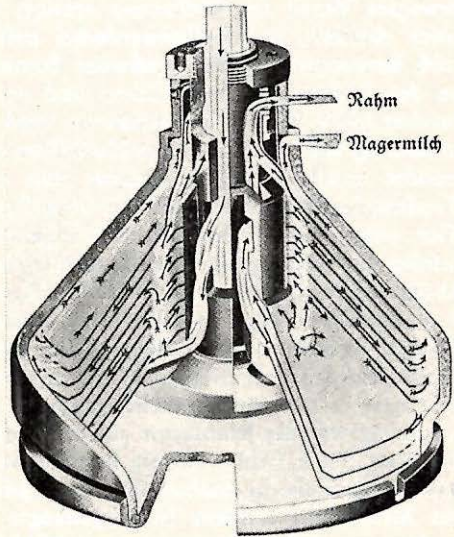
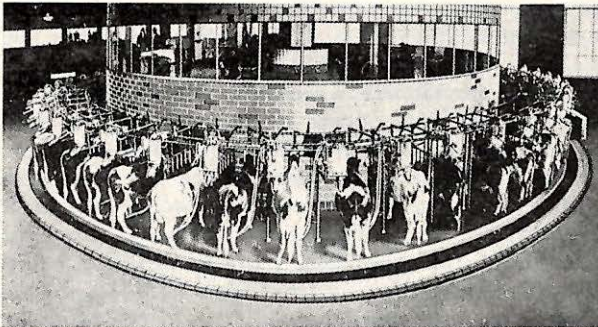


Abb. 11: Zentrifugentrommel



← Abb. 10:  
Rotolactor (Melkkarussell)



Bauart des Milchsammelstückes für eine spätere Normung vorgesehen wurde. Durch den wachsenden Arbeitskräftebedarf auf dem gewerblichen und industriellen Sektor etwa von 1936 an war auf dem flachen Lande der vorübergehende Überschuß an Arbeitskräften abgebaut und sogar einem Mangel gewichen. Darum bemühte man sich in Zusammenarbeit zwischen Reichsernährungsministerium, dem damaligen Reichsnährstand, der Forschung und der Industrie die Anwendung und weitere Verbreitung der Melkmaschinen zu fördern. In Weihenstephan wurden Melkmaschinenkurse eingerichtet und sogar die bisher dieser Maschine zumindest abwartend gegenüberstehenden Berufsmelker wurden in eigenen Lehrgängen mit der Melkmaschine vertraut gemacht. Aber auch die konstruktiven Fragen in Bezug auf die Weiterentwicklung wurden beeinflusst, indem man sich für die Dauer, die Art und die Beeinflußbarkeit des Pulstaktes, sowie die Höhe des anzuwendenden Unterdruckes auf Einheitswerte festlegte, welche das Ergebnis wissenschaftlicher Untersuchungen waren. Ein Vakuum von etwa 38 cm und eine Pulszahl von 45 pro Minute mit einem Anteil der Saugdauer am Pulstakt von etwa 50%, wobei Taktzahl und Saugdruckverhältnis unverändert bleiben sollten, wurden zur Norm erhoben. In einem Zeitraum von mehr als zehn Jahren hatten sich diese Funktionswerte bewährt. In der Absicht, eine Verbreitung nicht diesen Forderungen entsprechender Melkmaschinen zu verhindern und der Landwirtschaft nur geprüfte Maschinen zur Verfügung zu stellen, wurde eine Zulassungspflicht für Melkmaschinen erlassen, d. h. es durften nur Maschinen angeboten werden, die vom Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft eine entsprechende Genehmigung erhalten hatten. Um andererseits einen Rückschlag in der Anwendung des maschinellen Melkens durch etwa vorhandene euterkrankte Kühe auf den Betrieben auszuschalten und um bei der beginnenden Materialbewirtschaftung Maschinen nur dorthin zu liefern, wo sie im Betrieb bleiben und nicht infolge von auftretenden Euterentzündungen rasch wieder zum Stillstand kamen, wurde eine Bezugscheinpflicht für Melkanlagen eingerichtet, die sowohl den Nachweis eutergesunder Tiere als auch ausreichender Kenntnis vom Maschinenmelken verlangte. Gleichzeitig wurde die Vereinheitlichung der Konstruktionselemente, vor allem der Zitzenbecher und der Melkeimer weiter vorangetrieben, wobei man beim Zitzenbecher auf leichte Reinigung und bequeme Auswechslung des Zitzengummis ohne Werkzeuge besonderen Wert legte. Die gesamte Entwicklung kam infolge der anfang der vierziger Jahre einsetzenden Kriegsfolgen völlig zum Erliegen und erst etwa zehn Jahre später erschienen wieder Melkanlagen in größerer Zahl auf dem Markt.

### Das Ende der Handzentrifugen

Die Technik der Milchverarbeitung auf dem Bauernhof war indessen weiter verbessert worden. In den dreißiger Jahren beschäftigte man sich intensiv mit dem Studium der Strömungsvorgänge in Separatortrommeln (Abb. 11), was auch eine zunehmende Verbesserung der Entrahmungsschärfe der Handzentrifugen zur Folge hatten. Um ihren elektrischen Antrieb zu vereinfachen, wurde ein langsam anlaufender Einphasenwechselstrom-Motor entwickelt, der die hohen Anlaufwiderstände des Zentrifugenbetriebes bewältigte, was bisher nur mit Drehstrommotoren möglich war. Auch die Entwicklung von kleineren Tiefkühlanlagen für Milch machte weitere Fortschritte, wobei man einerseits für Eiswasserkühlung geeignete Aufbereiter entwickelte, andererseits bei Absorbationskälteanlagen auf gleichmäßige Kühlung, kurze Anheizdauer und Vermeidung von Explosionsgefahren hinarbeitete.

Mit den beginnenden Bewirtschaftungsmaßnahmen Ende der 30er Jahre kam die bäuerliche Milchverarbeitung erneut zum Erliegen und erlebte im Gegensatz zu den zwanziger Jahren nach dem Kriege keinen Wiederaufstieg mehr, weil einerseits die molkereimäßige Erfassung der Milch schon weit fortgeschritten war, sowie günstigere



Bedingungen als früher bot und andererseits für die Eigenverarbeitung des Arbeitsaufwandes und der Absatzmöglichkeit wegen kein großer Anreiz mehr bestand.

### Neue Melkverfahren

Das maschinelle Melken hingegen erlebte eine stürmische Aufwärtsentwicklung. Die Nachfrage war so groß, daß neben den wenigen Firmen, die ihre erprobten Konstruktionen die ganze Zeit hindurch noch angeboten hatten, innerhalb kurzer Zeit eine ganze Reihe anderer, z. T. ganz neuer Fabrikate auf den Markt kamen. 1950 wurden mehr als 40 verschiedene Bauarten auf der DLG-Ausstellung gezählt. Der Verdacht, ungeeignete Konstruktionen könnten im Zuge des Nachholbedarfes in der Landwirtschaft Eingang finden und dort einen erneuten Rückschlag des maschinellen Melkens auslösen, war durchaus begründet und veranlaßte 1951 den Erlaß eines Prüfungszwangs für Melkmaschinen. Dadurch wurde die Entwicklung in eine geordnete Bahn gelenkt. Gleichzeitig begann man sich mit der Physiologie und dem Mechanismus des Milchentzuges erneut intensiv zu beschäftigen, weil die wachsende Verbreitung von Melkmaschinen zur Lösung verschiedener Fragen drängte. Aus den Vereinigten Staaten war ein Schnellmelkverfahren gekommen, das zwar nicht in einer konstruktiven Umgestaltung der Melkmaschine begründet, sondern auf neuen Erkenntnissen über die Bereitschaft der Kuh zur Milchabgabe aufgebaut war. Die Nachahmung dieses Verfahrens bei uns führte auch zu einer Überprüfung der Funktionen der vorhandenen Melkmaschinen und unter Beibehaltung erprobter Vakuumhöhe, Pulsfrequenz und Saugdruckverhältnisse wurde die optimale Form der Druckübergänge vom Saug- zum Entlastungstakt bzw. umgekehrt — die sogenannten Druckwechselzeiten in mehrjährigen Versuchen in Weihenstephan ermittelt (Abb. 12). Ferner in Anlehnung an den raschen Rhythmus des Kälbersaugens eine Schnellpulsmelkmaschine entwickelt, die in Zusammenhang mit einem besonders für diesen Zweck gebauten Langkopfzitzengummi merkliche Verkürzungen der Melkzeit brachte. Unter der Bezeichnung Kurzzeitmelker entstanden Melkverfahren, bei denen der Saugtakt im Melkbecher bis zum Vierfachen des sogenannten Entlastungsaktes verlängert wurde, wodurch ebenfalls kürzere Melkzeiten erreicht wurden. Der intensivere Milchentzug setzt aber höhere Aufmerksamkeit des Melkpersonals voraus, sollte er nicht schädigende Wirkungen zur Folge haben. Dafür boten die bereits seit einigen Jahren bekannten Melkstände besonders günstige Voraussetzungen, weil hier Euter und Melkzeuge in Augenhöhe dicht vor der Bedienungsperson lagen. Neu kam in dieser Baugruppe die als Fischgrätenmelkstand bezeichnete Anordnung aus Neuseeland hinzu (Abb. 13), welche auf kleinstem Raum die übersichtliche Bedienung mehrerer Melkzeuge durch eine Person ermöglichte. So ging die technische Entwicklung zunächst auf eine Leistungssteigerung des Melkpersonals durch Verkürzung der Melkzeit und gleichzeitiger Bedienung mehrerer Melkzeuge hinaus. Eine weitere Entwicklungsrichtung wurde durch das Ziel größtmöglicher Arbeitersparnis bestimmt. Sie nahm ihren Anfang in der Schaffung geeigneter Reinigungs- und Desinfektionsgeräte für die Melkmaschinen, durch welche die Handarbeit bei der Reinigung herabgesetzt, die Reinigungs- bzw. Desinfektionswirkung verbessert und die Lebensdauer der Gummiteile verlängert werden konnte.

Ein weiterer Schritt in dieser Richtung waren die Rohrmelk- oder Absauganlagen (Abb. 14), bei welchen die Handhabung der Melkeimer wegfällt, da die Milch direkt vom Melkzeug in eine Rohrleitung fließt. Diese Arbeiterleichterung mußte mit technischen und damit finanziellen Aufwendungen erkauf werden. Milchrohrleitungen entweder aus nichtrostendem Stahl oder aus Kunststoffglas waren neben der schon vorhandenen Vakuumleitung notwendig. Für die Abfüllung der Milch aus der unter Saugdruck stehenden Milchleitung mußten Milchabscheider oder Milchscheunen konstruiert werden. Besonders wichtig war eine sicherwirkende Reinigung, die den Einbau von Spülpulsatoren erforderlich machte. Trotz dieses erheblichen Aufwandes fanden Ab-



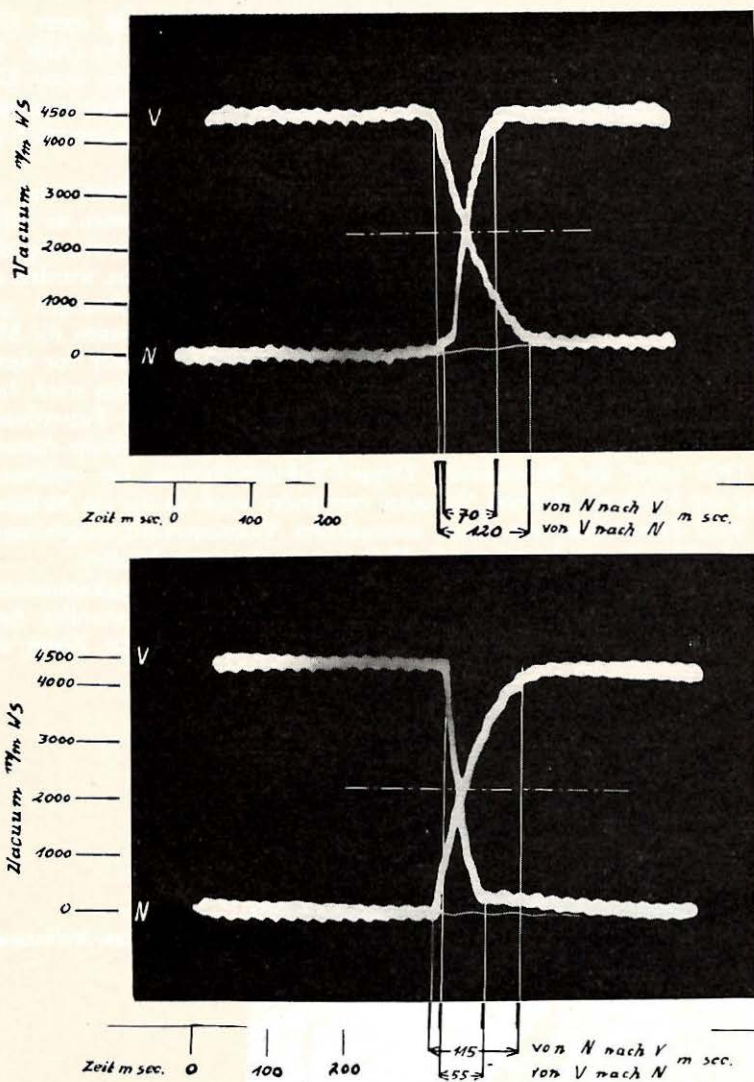


Abb. 12: Oszillogramme zur Ermittlung der Druckwechselzeiten bei Melkanlagen

sauganlagen in Betrieben mit Anbindeställen weite Verbreitung. Milchfilter unmittelbar hinter dem Melkzeug oder am Ende der Rohrleitung eingebaut, vielfach in Verbindung mit dem Milchabscheider, verbesserten die Hygiene der Milchgewinnung, weil das Filtern durch Saugwirkung unter Abschluß von der Außenluft erfolgt. Bereits 1958 wurden auch Absauganlagen mit Einrohrleitung hergestellt, bei welchem Vakuum- und Milchleitung in einem Rohr vereinigt waren. Diese Vereinfachung vermindert die Kosten für eine Absauganlage, weil außerdem auch die langen Pulsschläuche in Wegfall kamen, denn Pulsator und Milchsammelstück wurden am Melkzeug vereinigt. Mit dem Milchabscheider werden Unterdruck und Milch getrennt, so daß die Milch im ruhigen Fluß in den Milchbehälter abfließen kann. Dieser ist außer mit der Milchleitung auch über eine Druckausgleichsleitung an den Milchabscheider angeschlossen und damit in das Unterdrucksystem eingeschaltet. Die Milchschleuse (Releaser) besteht im Gegensatz



zum Milchabscheider aus zwei Kammern, von denen eine ständig unter Unterdruck steht und durch ein Ventil mit der anderen Kammer verbunden ist (Abb. 15). Diese zweite Kammer steht wieder durch ein Ventil gesteuert wechselweise unter Unterdruck oder unter atmosphärischem Druck. Die Auslösung der Ventilschaltvorgänge erfolgt meistens selbsttätig durch Schwimmer, es sind auch elektrisch oder pneumatisch gesteuerte Einrichtungen bekannt.

Auch für Melkstände, meist in Verbindung mit Laufställen errichtet, wird die Milch über eine Rohrleitung abgesaugt. Es gibt auch Ausführungen, bei denen an jedem Melkstand ein Milchmengenmeßgerät eingeschaltet ist, welches die Registrierung der Milchmenge jeder Kuh bei jedem Melken ermöglicht. Für diese Messungen wurden selbsttätig arbeitende Schreibgeräte entwickelt und darüber hinaus Einrichtungen geschaffen, welche die Entnahme von Milchproben ermöglichen. Außerdem können die Melkstände mit Euterbrausen ausgestattet werden, so daß das Reinigen der Euter vor dem Melken mit lauwarmem Wasser vereinfacht und besonders hygienisch gestaltet wird. In neuester Zeit wurden auch noch halb- oder vollautomatisch arbeitende Futterdosiereinrichtungen für Melkstände konstruiert. Eine besondere Bauart bei Zweirohr-Absauganlagen entstand 1960 unter der Bezeichnung Doppel-Vakuum-System, bei welchem für die Absaugung der Milch ein höheres Vakuum verwendet wird als das im Melkzeug wirksame. Es wird durch eine mit einem besonderem Vakuumventil ausgerüstete Regelautomatik erreicht, die ein Ansteigen des Vakuums am Euter verhindert.

Auch die seit 1940 in größerem Umfang wieder zur Anwendung gekommenen Hängemelker fanden weiterhin viele Anhänger. Ihr Vorteil liegt bei sinnvoller Anwendung in einer bei verschiedener Aufhängung möglichen Veränderung des Zuges der Melk-

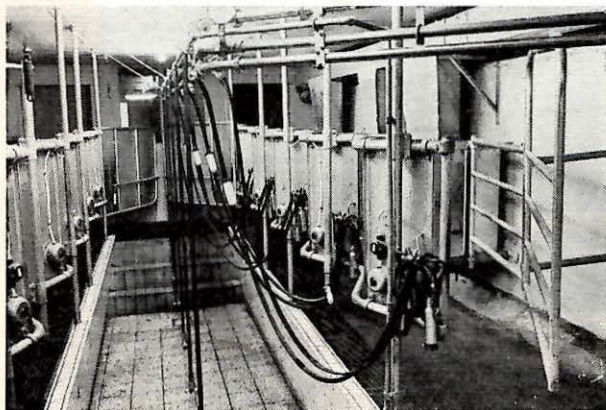


Abb. 13:  
Fischgräten-Melkstand

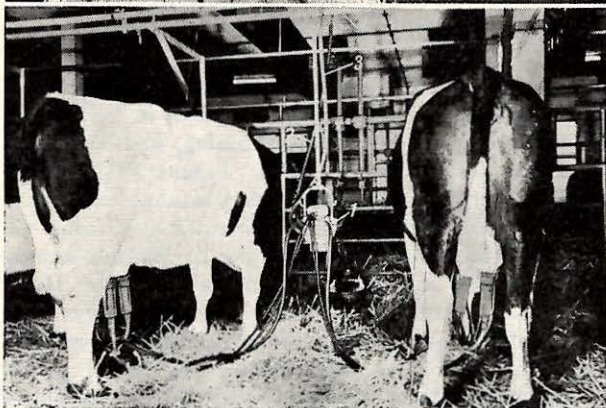


Abb. 14:  
Absauganlage mit Filtergerät



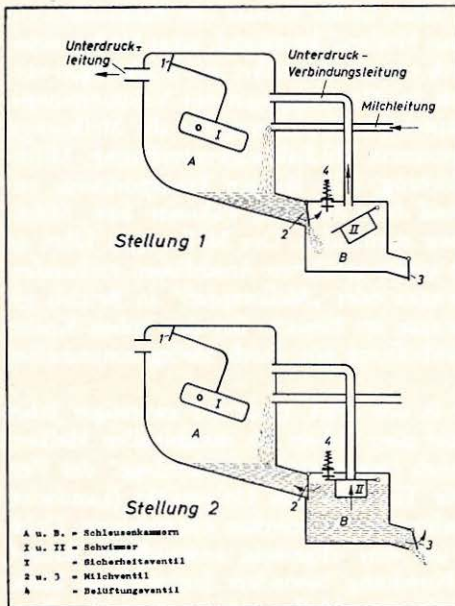


Abb. 15: Arbeitsweise einer Milchscheuse

becher am Euter, wodurch eine Anpassung an die verschiedene Melkbarkeit einzelner Kühe möglich ist.

Die arbeitswirtschaftlich günstigsten Voraussetzungen für rationelles Melken bietet heute der hochmechanisierte Fischgräten-Melkstand, wo von einem Melker bis zu 40 Kühe in der Stunde ordnungsgemäß gemolken werden können.

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft hat auch im Bundesgebiet die Durchschnittszahl der Kühe pro Herde ständig erhöht. Trotzdem liegt die Milcherzeugung überwiegend in bäuerlichen Betrieben, so daß der Bedarf an kleineren und mittelgroßen Melkanlagen noch ständig im Zunehmen ist. Dabei handelt es sich in überwiegendem Maße um Stallanlagen mit festverlegter Rohrleitung in einfacher Ausführung mit einzelnen Melkmaschinen, die heute schon für bäuerliche Kuhbestände bis etwa 10 Kühe für weniger als tausend Mark geliefert werden können. Damit ist das langerstrebte Ziel die Schaffung einer Bauernmelkmaschine inzwischen erreicht worden. Die nachfolgende Zahlentabelle gibt ein eindrucksvolles Bild über die Verbreitung von Melkanlagen im Bundesgebiet seit 1950.

1949	5 596	1956	119 616	1961	345 000
1951	16 283	1957	142 000	1962	390 000
1952	41 458	1958	175 000	1963	405 000
1953	54 287	1959	240 000	1964	420 000
1954	75 316	1960	310 000	1965	440 000
1955	95 616			1966	460 000

Auch die technischen Einrichtungen für das Weidemelken wurden in diesem Zeitraum verbessert. Aus den Erfahrungen des Melkstandbaues entstanden fahrbare Weidemelkstände, die rationelle Melkarbeit auch auf der Weide ermöglichten. Die häufig fehlende Stromversorgung für den Elektromotor zum Antrieb der Luftpumpe wurde durch die Verwendung eines Verbrennungsmotors für diesen Zweck ersetzt. Neuerdings wurden aber auch Melkmaschinenpumpen konstruiert, welche von der Zapfwelle des Schleppers angetrieben werden können.



Eine Entwicklung, die schon 1947 ihren Anfang nahm, ist der Einsatz von Melktrupps mit Melkwagen (Abb. 16). Diese Arbeitsmethode, aus Holland kommend, setzt Melkgemeinschaften aus mehreren Betrieben voraus, die durch einen Lohnmelker mit Melkwagen versorgt werden. Auf dem Melkwagen befindet sich das Motoraggregat mit Vakuumpumpe, die Melkmaschinen bzw. Melkzeuge, eine Desinfektionseinrichtung für die Melkzeuge, ein Milcheinschüttbehälter mit automatisch gesteuerte Milchabsaugevorrichtung, Milchzähler und Milchtank, sowie einer Kühleinrichtung, falls längere Transportwege zurückzulegen sind. In den einzelnen Betrieben sind dann nur noch Vakuum- bzw. Milchrohrleitungen mit den erforderlichen Anschlüssen vorhanden. Der Melkwagen fährt an das Stallgebäude heran und wird mit den nach außen geführten Anschlüssen verbunden. 1952 wurde im Bundesgebiet der erste Melkwagen oder „Melkexpress“ in Betrieb genommen. 1958 waren bereits etwa 100 Melkwagen im Einsatz. Bei den hohen Kosten von 35—40 000 DM pro Wagen war ihre Anschaffung nur durch Melkgemeinschaften oder auch Molkereien möglich.

Ebenso, wie das Melkkarussell, der Rotolactor in den USA, Ende der zwanziger Jahre und lange darüber hinaus als das modernste auf dem Gebiet des maschinellen Melkens angesehen worden war, gilt nun die „elektronisch ferngesteuerte Melkanlage“ des Versuchsgutes Unterer Lindenhof des Instituts für Tierzucht der Universität (Landwirtschaftlichen Hochschule) Hohenheim als Vollendung der technischen Entwicklung. Dabei handelt es sich, wie beim Rotolactor, nicht um eine allgemein anwendbare Bauart, sondern hier um eine für wissenschaftliche Forschung besonders konstruierte Melkanlage, bei der in einem Doppel-Sechser-Fischgräten-Melkstand jeweils sechs Tiere gleichzeitig gemolken werden und im davon entfernt liegenden Leitstand auf sechs Band- und zwei Punktschreibern die Milchfließkurven der Kühe, wahlweise auch die Fließkurven eines jeden Euterviertels elektronisch aufgezeichnet werden. Gleichzeitig hat der bedienende Wissenschaftler die Möglichkeit, mit Hilfe der Fernsteuerung Puls-takt und Frequenz der Anlage in Betrieb zu ändern und die Reaktion der Tiere unmittelbar auf den Registriergeräten abzulesen.

Inzwischen war aus der Erkenntnis, daß während des Betriebes sich ändernde Melkpulse sich nachteilig auf die Milchleistung auswirken, ein Pulswerk mit hydraulischer Steuerung im Ausland entwickelt und bei uns eingeführt worden (Abb. 17). Untersuchungen in Hohenheim und Weihenstephan bestätigten die unerreichte Gleichmäßigkeit des Hydropulswerkes, welches durch diese Eigenschaft einen wesentlichen Fortschritt im maschinellen Melken darstellt.

### Tiefkühlung

In enger Verbindung mit der Verbreitung der Melkanlagen wurde die *Milchkühlung* weiter verbessert. Während man früher einfache Wasserkühlung anwendete, führten die steigenden Anforderungen an die Milchqualität und die staatliche Bezuschussung zur verstärkten Verbreitung der Tiefkühlung.



Abb. 16:  
Melkexpress auf der Weide



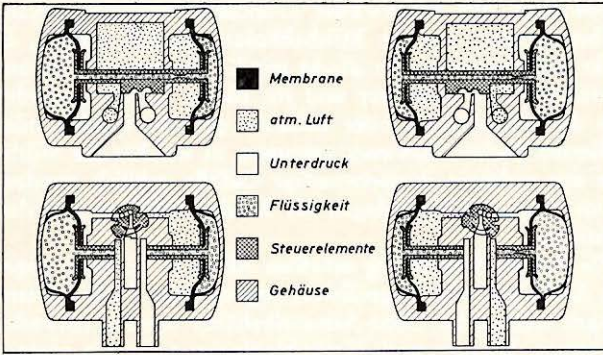


Abb. 17:  
Pulsator mit hydraulischer Steuerung

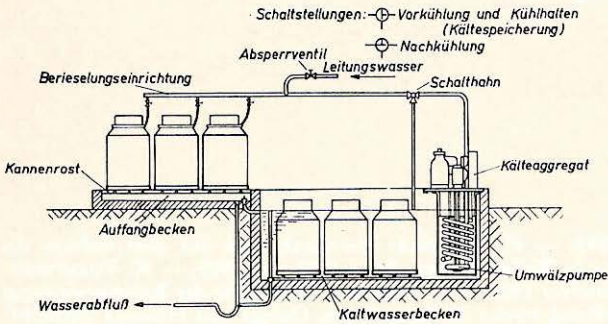


Abb. 18:  
Bäuerliche Kühlvorrichtung  
mit Wasservorkühlung  
und Kälteaggregat

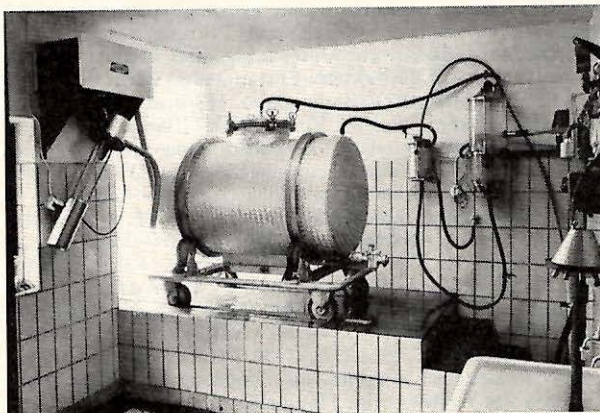


Abb. 19: Milchammereinrichtung mit Releaser, Spiralkühler  
und Milchvakuumentank



Der für einfache Verhältnisse bewährte, mit Frischwasser arbeitende, rotierende Kannenkühler genügt zwar noch überall dort, wo die Milchabholung täglich erfolgt, in allen anderen Fällen muß indirekt mit Eiswasser oder direkt mit Kühlaggregaten bis auf 8 bzw. 4° C heruntergekühlt werden. Weit verbreitet sind für diesen Zweck entweder einfache Tauchkühler, welche in die Milchkannen oder Behälter gesteckt werden oder Kühlaggregate, die in einem isolierten Becken Eiswasser erzeugen, in welches die Milchkannen gestellt, beziehungsweise mit welchem doppelwandige Gefäße gekühlt werden. Seit 1954 sind schätzungsweise mehr als 50 000 Anlagen für Milchtiefkühlung auf den Bauernhöfen in Betrieb gesetzt worden.

Wenn auch heute noch fast 90% der molkereimäßig erfaßten Milch in Kannen abgeliefert wird, so nimmt doch die Aufbewahrung in größeren, sogenannten Hofbehältern und der Abtransport in Tankwagen ständig zu. Diese Sammelbehälter werden entweder unter Vorschaltung von kombinierten Wasser- und Tiefkühlanlagen oder mit eigener Tauch- oder Mantelkühlung versehen, vielfach direkt an die Milchleitung der Melkanlage angeschlossen. In vakuumfester Ausführung können sie sogar in die unter Unterdruck stehende Milchleitung einbezogen werden. Es werden auch Doppelmantel-Milchbehälter mit automatischer Entleerung nach Erreichung der Kühltemperatur zur Bildung eines isolierten Luftpolsters gebaut und Tauchkühler mit tragbarem Stromaggregat für die Kühlung auf der Weide hergestellt.

## Schrifttum

W. MARTINY: Kirne und Girbe, 1895. — H. PUCHNER: Untersuchungen auf dem Gebiete des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Weihenstephan, Band 1903 und 1909. — K. VORMFELDE: Über Milchscheidern, Diss. TH Hannover 1908. — B. MARTINY: Geschichte der Rahmgewinnung, 1913. — B. MARTINY, P. VIETH: Prüfung zweier Melkmaschinen, Omega und Heureka (ArbDI.G 271, 1914). — T. KOSACK: Untersuchungen über den landwirtschaftlichen Gebrauchswert von Melkmaschinen Diss. Halle, 1929. — W. FRITZ: Melkmaschinen im Ausland (RKTL-Schr. 19, 1930). — B. LICHTENBERGER: Milchkammern (RKTL-Schr. 3, 1930). — B. MARTINY: Die Melkmaschine im Groß- und Kleinbetrieb (MittDLG 18, 1931). — W. ERNST, F. SCHMIDT, W. SCHMIDT, M. SEELEMANN: Der Gesundheitszustand der Kühe beim Maschinenmelken (RKTL-Schr. 24, 1931). — W. FRITZ: Beitrag zur Klärung von Grundfragen für die Beurteilung und Weiterentwicklung von Melkmaschinen mit Zweiraum-Melkbechern (RKTL-Schr. 33, 1932). — W. FRITZ, U. MENNICKE: Über Konstruktion, Berechnung und Prüfung von Milchentrahmungs-Scheidern (RKTL-Schr. 34, 1932). — Sp. SORESCU: Beitrag zur Prüfung von Klein-Butterfässern, Diss. Halle, 1933. — W. WILSMANN: Mathematische Untersuchung des Trennvorganges in der Schleudertrommel, Diss. Hannover, 1933. — M. HUPFAUER: Entrahmungsschärfe und Durchflußwiderstände, 1934. — W. PRANDTL: A. Prandtl zur Erfindung der Milchentrahmung durch Zentrifugieren, 1938. — W. FRITZ: Die Melkmaschine und ihr Einsatz (RKTL-Schr. 1939) — J. LAMPE: Wiedereinsatz von Melkmaschinen unter besonderer Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Fragen, Diss. Berlin 1941. — T. JANSON: Mjölknings-Maskinen, 1943. — F. J. SCHMITZ: Die Verteilung der Milch im Tellerraum der Milchentrahmungsmaschinen, Diss. Braunschweig, 1944. — W. FRITZ, K. RÖBEN, N. ANDRESEN: Grundsätzliches zur Einrichtung von Melkstandanlagen, Mitt. für die Landw. Heft 2, 1944. — M. SCHULZ: Milchwirtschaftliche Patentberichte 1935—1945, hg. 1947. — W. KIRSCH, D. PARAU: Versuche mit dem Schnellmelkverfahren (Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte, II. Bd., H. 3, 1950). — L. EISENREICH, F. MENNICKE: Untersuchungen über den Einfluß von Melkmaschine, Melkmethode und Milchmenge auf die Melkgeschwindigkeit beim Maschinenmelken (Milchwissenschaft 6, 1951). — H. OBÉE, K. EBERTZ: Stand und Entwicklung des Melkmaschineneinsatzes (Arb. DLG 15, 1952). — K. PLOCK: Milchkühlung auf dem Bauernhof (AID-Schr. 88, 1954). — F. BECKER: Vergleichende Untersuchungen über den Mechanismus des Milchentzuges beim Saugen des Kalbes, beim Handmelken und beim maschinellen Melken, Diss. Weihenstephan, 1955. — M. HUPFAUER: Der Einfluß der Druckwechselzeiten von Pulsatoren auf die Melkleistung (Ltfg 6, 1956). — M. HUPFAUER: Method for Testing Milking Machine Pulsators (Agricultural Engineering 38, 1957). — W. VENNMANN: Untersuchungen über die optimale



Anwendung des Maschinenmelkens, 1958. — H. HOECHSTETTER, G. ISERMEYER: Der Melkwagen (KTL-Flugschrift Nr. 3, 1958). — M. HUPFAUER: Die Landmaschinenprüfung und ihre Bedeutung für die Praxis (Bayer. Landw. Jb. 35, Sonderheft 1, 1958). — E. SYCH: Beitrag zur Frage des „schonenden“ Maschinenmelkens (Tierzucht 12, 1958); Machine Milking, Britisches Landwirtschaftsministerium, Bulletin No. 177, 1959. — H. LANGELÜDDECKE, H. KLOTH: Einfluß höherer Pulszahlen auf die Melkgeschwindigkeit (Tierzucht 18, 1964). — L. EISENREICH, H. RÜHMANN: Melkanlagen - Typentabelle (KTL-Arbeitsblatt Nr. 47, 1965). — M. HUPFAUER, H. HECHT, H. RÜHMANN: Melkanlagen - Bauarten (ebd. 45, 1965). — J. HESSELBACH, H. RÜHMANN: Milchkühlung im landwirtschaftlichen Betrieb - Verfahren (ebd. 57, 1966). — D. PARAU: Milcherzeugung und zweckmäßige Behandlung der Milch nach dem Melken auf dem Bauernhof (Molkerei-Zeitung, 20. Jg., 1966). — M. HUPFAUER: Vergleichende Untersuchungen von Vakuumventilen und Pulsatoren (Berichtsheft Kongreß „Problematik des maschinellen Milchentzuges“, Berlin 1966). — H. RÜHMANN: Milchkühlanlagen - Bauarten (ebd. Nr. 68, 1966). — J. HESSELBACH: Melken im Anbindestall - Verfahren (KTL-Arbeitsblatt Nr. 72, 1967). — M. HUPFAUER: Die Pulsregelung beim maschinellen Melken (LT 1967).

### **Bildnachweis:**

Lichtbildstelle Deutsches Museum 1—3. Verfasser 9, 11, 12, 14, 15. Alfa-Laval 5, 7, 8, 10, 13, 19, Machine Milking, Bull. Nr. 177. London 1959, 4. ArbDLG 271. Masch.-Prüfung 16. Glock, Gebr. Diesel, Hildesheim 16.AID H. 88, Milchkühlung, 1945, Nr. 18, S. 16.