

Entwicklung und Anwendung teilautomatisierter Melkzeuge

Von C.L. Pen, H. Schön und K.O. Semmler,
Freising-Weihenstephan

DK 637.125

Die Melkarbeiten belasten die Milchviehhaltung mit einem hohen Handarbeitsaufwand. Arbeitswirtschaftliche und technische Untersuchungen dienten dem Ziel, die Arbeitsleistung beim Melken zu erhöhen; dabei zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen der Anzahl der Melkzeuge je Arbeitskraft (AK) und der erzielten Arbeitsleistung. Teilautomatisierte Melkzeuge verhindern das Blindmelken und erhöhen damit die Anzahl der von einer Arbeitskraft zu bedienenden Melkzeuge erheblich. In großen Rundmelkständen sind damit Arbeitsleistungen bis zu 100 Kühen/AK und Stunde erreichbar.

1. Einleitung

Die Umwandlung pflanzlicher in tierische Produkte, die sog. tierische Veredlung, ist in der Landwirtschaft von großer Bedeutung; so stammen rd. 80% des gesamten Erzeugungswertes aus der Tierhaltung, davon wiederum allein 40% aus Erzeugnissen der Milchviehhaltung. Dieser Produktionszweig ist mit einem außerordentlich hohen Handarbeitsaufwand belastet, der die schwierige Einkommenslage vieler landwirtschaftlicher Betriebe mitverursacht. Es ist daher von besonderer Bedeutung, alle Möglichkeiten einer Entlastung der manuellen Arbeit durch Mechanisierung aususchöpfen, vor allem bei den Melkarbeiten, die etwa 2/3 der gesamten Stallarbeiten beanspruchen.

2. Analyse der Melkarbeiten

Eine Beschleunigung der Melkarbeiten wird bereits seit längerer Zeit durch züchterische Selektion auf schnellere Milchabgabe angestrebt. Diesem Bemühen war aber kein großer Erfolg beschieden, denn die züchterische Beeinflussung der Melkgeschwindigkeit ist äußerst schwierig und langwierig. Daher ist beim derzeitigen Stand der Züchtung die Milchflußzeit der Kuh als gegebene Größe anzusehen. Die für die Milchabgabe einer Kuh erforderliche Zeitspanne kann der Melker arbeitswirtschaftlich nur dadurch nutzen, daß er mehrere Kühe gleichzeitig melkt.

Hierfür bietet der Fischgrätenmelkstand besonders günstige Voraussetzungen: Das Tier kommt in den Melkstand zum Melker und dieser kann in aufrechter Haltung und Sichthöhe die Arbeit verrichten. Durch die besondere Anordnung der Standplätze sind nur kurze Wege von Euter zu Euter zurückzulegen, so daß eine Arbeitskraft

Die Untersuchungen zur Steigerung der Arbeitsleistung beim Melken wurden mit Unterstützung des KTBL ermöglicht.

Dr. agr. H. Schön ist Assistent am Institut für Landtechnik der TU München-Weihenstephan und Leiter der Arbeitsgruppe „Maschineller Milchentzug“; Dr. agr. C.L. Pen, BSAE, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichen Institut und Dipl.-Ing. agr. K.O. Semmler war Mitarbeiter am oben genannten Institut und ist jetzt Mitarbeiter beim KTBL Frankfurt a.M.

mehrere Melkzeuge gleichzeitig betreuen kann. Zum Steigern der Arbeitsleistung sind dabei Melkzeugzahl und Melkstandgröße von ausschlaggebender Bedeutung. Untersuchungen über den Einfluß der Melkstandgröße auf die Arbeitsleistung unter verschiedenen praktischen Bedingungen liegen in umfangreichen Arbeitsstudien vor [1 bis 3].

Allgemeingültige Aussagen lieferte ein mathematisches Simulationsmodell, das den gesamten Arbeitsablauf beim Melken erfaßt [4; 5], **Bild 1**. Mit Hilfe der EDV konnte – bei Unterstellung einer „Standardherde“ sowie unter Eingabe überdurchschnittlicher, durchschnittlicher und unterdurchschnittlicher Arbeitszeitwerte – der Einfluß verschiedener Melkstandgrößen auf die Arbeitsleistung exakt bestimmt werden.

In Gruppenmelkständen mit Wechselmelkzeugen, in denen für zwei gegenüberliegende Buchten ein Melkzeug zur Verfügung steht, läßt sich die Melkleistung einer Arbeitskraft (AK) bis zum Fischgrätenmelkstand mit 2 × 3 Buchten in allen Fällen steigern, **Bild 2**. Bei hohem Zeitaufwand für die einzelnen Arbeitsverrichtungen, d.h. bei unterdurchschnittlicher Arbeitserledigung (vgl. Kurven a in Bild 2), ist über diese Melkstandgröße hinaus keine weitere Verbesserung der Arbeitsleistung möglich. Durchschnittliche Arbeitszeitaufwendungen, Kurve b in Bild 2, erlauben dagegen einen Melkstand mit bis zu 2 × 5 Buchten und damit eine Steigerung der Arbeitsleistung. Eine weitere Vergrößerung des Melkstandes bringt nur bei überdurchschnittlich schneller Arbeitserledigung noch höhere Arbeitsleistungen; hier sind sogar bis zu 2 × 8 Buchten zusätzliche Arbeitseinsparungen zu erzielen, Kurve c in Bild 2.

Mit zunehmender Melkstandgröße verlängern sich aber gleichzeitig die Blindmelkzeiten. Diese treten dann auf, wenn die Milchabgabe der Tiere beendet ist, die Melkzeuge von der Arbeitskraft aber noch nicht abgenommen wurden. Blindmelkzeiten führen in größerem Ausmaß zu erhöhter Zellausscheidung in der Milch und schließlich zu Euterkrankheiten.

Völlig vermeiden lassen sich Blindmelkzeiten nur bei sehr kleinen Melkständen; bereits bei 2 × 4 Buchten betragen – bei durchschnittlicher Arbeitserledigung – die Blindmelkzeiten je Kuh etwa 1 min, bei 2 × 5 Buchten bereits 2 min. Unter schlechten arbeitswirtschaftlichen Bedingungen erhöhen sich die Blindmelkzeiten noch wesentlich; bei schnellerer Erledigung der Routinearbeiten liegen sie unter den genannten Werten. In der Praxis muß daher bei der Wahl optimaler Melkstandgrößen ein Kompromiß zwischen dem Zwang zu höherer Arbeitsleistung und der Forderung nach schonendem Melken gefunden werden. Bei umfangreichen Arbeitsaufwendungen für die einzelnen Melkarbeiten ist deshalb für eine Arbeitskraft der Fischgrätenmelkstand mit 2 × 3 Buchten, bei durchschnittlichen Aufwendungen der mit 2 × 4 Buchten und bei günstigen arbeitswirtschaftlichen Bedingungen der mit 2 × 5 Buchten und Wechselmelkzeugen zu empfehlen.

Gruppenmelkstände können auch mit Einzelmelkzeugen ausgestattet sein, so daß für jede Bucht ein eigenes Melkzeug vorhanden ist. Hier zeigt sich bei hohen Arbeitszeitaufwendungen für die Routinearbeiten bereits bei 2 × 2 Buchten eine große Arbeitszeiteinsparung, **Bild 3**. Eine weitere Vergrößerung des Melkstandes bringt nur bei noch schnellerer Erledigung der Routinearbeiten

für Melkprozess im Gruppenmelkstand mit einfacher Melkzeugbesetzung

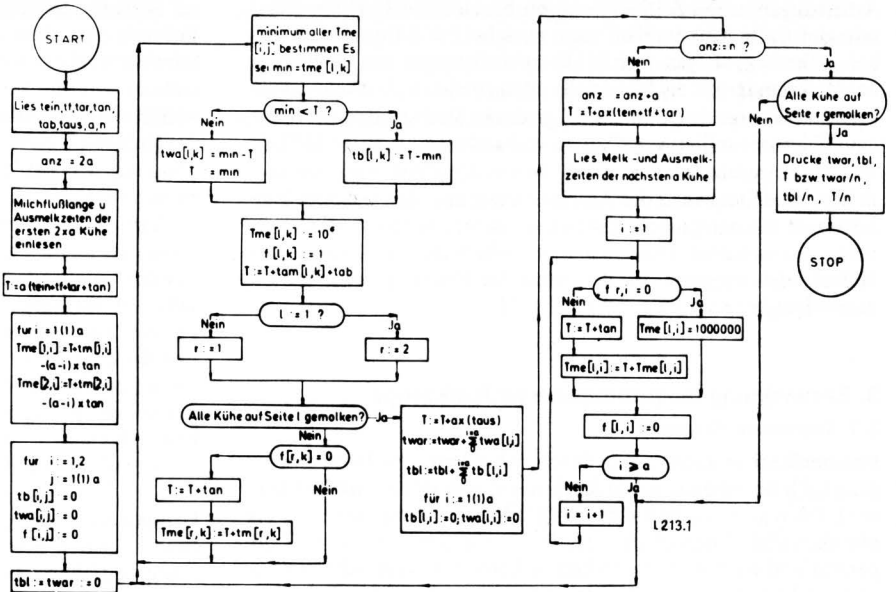


Bild 1.

Flußdiagramm für den Melkprozeß im Gruppenmelkstand mit Wechselmelkzeugen.

In dieses Simulationsmodell können verschiedene Arbeitszeitelemente sowie Milchfluß- und Ausmelkzeiten der Kühe eingelesen werden. Das Flußdiagramm enthält nicht die Befehle zum Ausdrücken des zeitlichen Ablaufs.

tein	Zeitbedarf für das Eintreiben einer Kuh	n	Anzahl der gesamten Kühe	tm [1, i]	Milchflußlänge der i-ten Kuh auf Seite 1
tf	Zeitbedarf für das Füttern einer Kuh im Melkstand	anz	Anzahl der schon eingetriebenen Kühe	tb [i, j]	Blindmelkzeit der j-ten Kuh auf i-ter Seite
tar	Zeitbedarf für das Anrücken	min: tme [l, k]	Zeitpunkt des jetzt zu Ende gehenden Milchflusses (Position dieser Kuh, die k-te Kuh auf l-ter Seite)	f [i, j]	Zustand der j-ten Kuh auf i-ter Seite (wenn gemolken, f=1, sonst f=0)
tan	Zeitbedarf für die Melkzeuge ansetzen	:	=	tbl	Summe der Blindmelkzeiten
tab	Zeitbedarf für die Melkzeuge absetzen	T	Momentanzzeit	twar	Summe der Wartezeiten
taus	Zeitbedarf für das Austreiben einer Kuh	l (1) a	1, 2 ... a	r	Gegenüber liegende Seite von Seite l
a	Kuhzahl in einer Gruppe	Tme [1, i]	Zeitpunkt des Milchflusses bei der i-ten Kuh auf Seite 1 des Melkstandes		

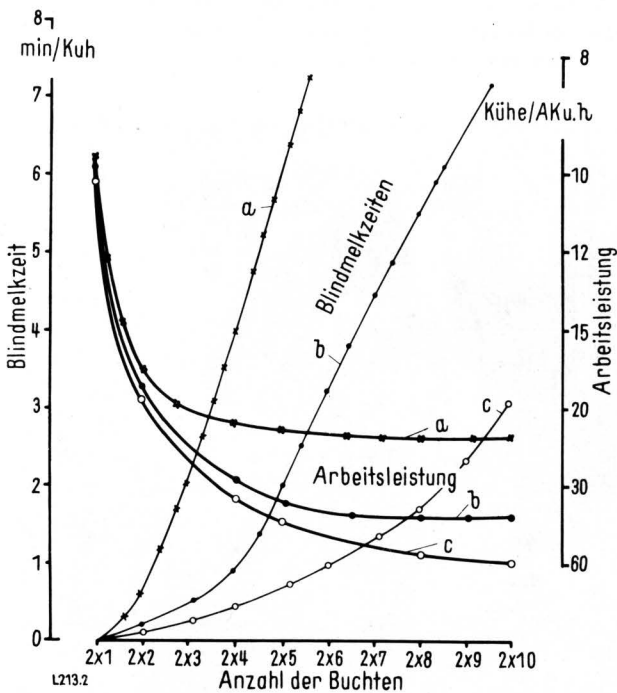


Bild 2. Arbeitsleistung und Blindmelkzeiten bei verschiedenen Melkständen mit Wechselmelkzeugen.

Arbeitsleistung:
 a unterdurchschnittlich
 b durchschnittlich
 c überdurchschnittlich

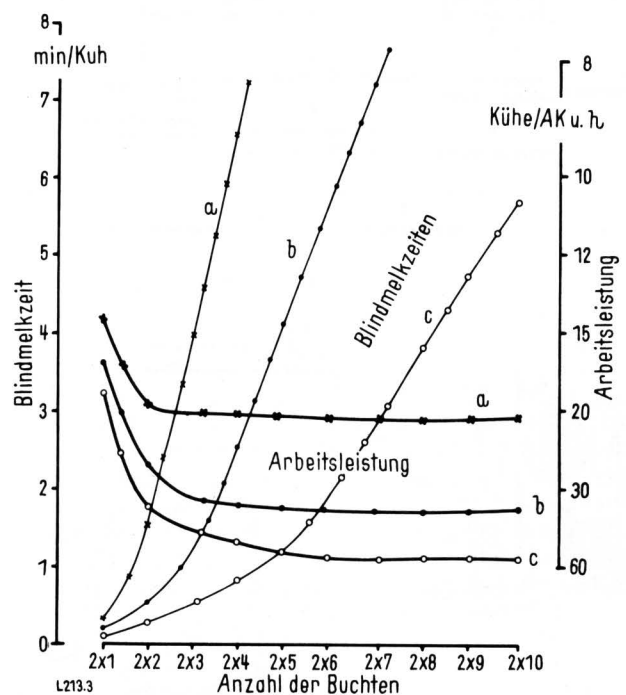


Bild 3. Arbeitsleistung und Blindmelkzeiten bei verschiedenen Melkständen mit Einzelmelkzeugen.

Legende wie bei Bild 2

arbeitswirtschaftliche Vorteile. So sind bei durchschnittlicher Arbeitsorganisation Zeiteinsparungen bis zu 2×4 Buchten, bei sehr günstigem Arbeitsablauf sogar noch bei 2×5 Buchten möglich. Allerdings steigen auch bei Einzelmelkzeugen mit zunehmender Melkstandgröße die Blindmelkzeiten erheblich. Konventionelle Einzelmelkzeuge sind deshalb bei größeren Melkständen nicht zu empfehlen; sie sollten vor allem in vorhandenen kleineren Melkständen eingesetzt werden, wo sie höhere Melkleistungen ermöglichen. Eine Steigerung der Arbeitsleistung über das bisherige Maß hinaus ist nur dann möglich, wenn es gelingt, die Blindmelkzeiten völlig auszuschalten. Damit könnten mehr Melkzeuge in größeren Melkständen eingesetzt werden, ohne daß Milchhygiene und Euter gesundheit beeinträchtigt würden [6; 7].

3. Entwicklung teilautomatisierter Melkzeuge

3.1. Technische Systeme

Blindmelkzeiten kann man dadurch verhindern, daß der Melkvorgang nach Beendigung des Milchflusses automatisch unterbrochen wird. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Ausgehend von den physikalischen Eigenschaften der Milch, wie Gewicht, Farbe, Temperatur und elektrische Leitfähigkeit können mechanische, mechanisch-elektrische, optisch-elektrische, thermisch-elektrische und elektrische Geber eingesetzt werden, **Bild 4**. Der mechanische Geber steuert den Melkvorgang durch ein Schwimmersystem; **Bild 5** zeigt ein amerikanisches Fabrikat in Betriebsstellung: die Milch fließt

Bild 4. Meßeinrichtungen und Stellmechanismen teilautomatisierter Melkzeuge für das Abschalten nach Beendigung des Melkvorganges.

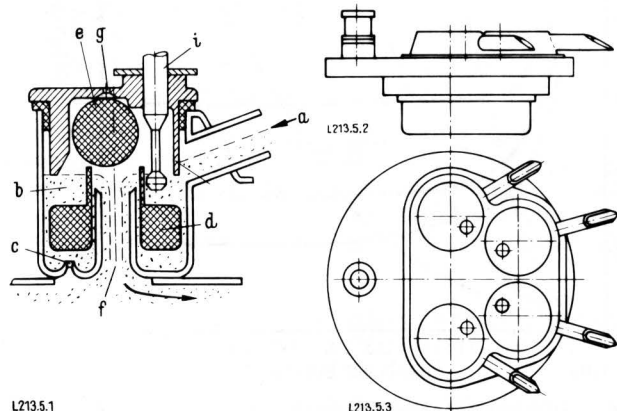
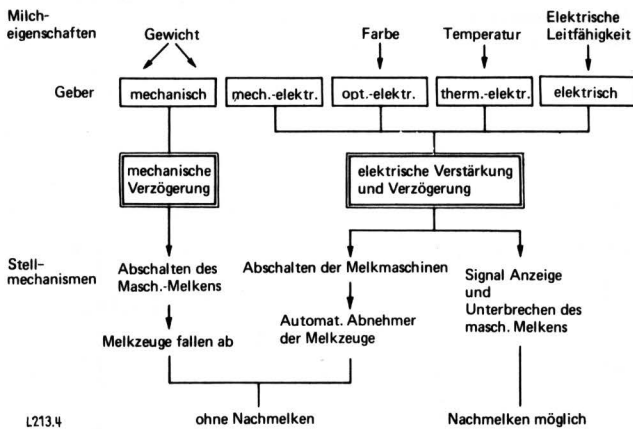


Bild 5. Arbeitsweise eines mechanischen Abschaltautomaten.

- a Milchzufluß von einer Zitze
- b ringförmige Staukammer
- c Bohrung im Staugefäß
- d Ringschwimmer (Meßgeber)
- e Kugelventil
- f zentrales Abflußrohr zum Milchschauch
- g Luftöffnung
- i Hebel zum Öffnen des Kugelventils

bei a (von der Zitze) dem unter Unterdruck liegenden Stauraum b zu. Solange der Milchzufluß bei a größer als der Abfluß durch die Bohrung c ist, staut sich die Milch und hält durch einen Ringschwimmer d das Kugelventil e offen. Durch das so geöffnete Zentralrohr wird der Unterdruck im Stauraum und im Zitzenbecher aufrecht erhalten und gleichzeitig die Milch abgesaugt. Fließt aus der Bohrung e gegen Ende des Melkvorganges mehr Milch aus dem Stauraum b aus als durch a zufließt, fällt der Milchspiegel im Stauraum und damit auch der Ringschwimmer; als Folge davon fällt die Ventilkugel ab, verschließt die Zentralöffnung und gibt gleichzeitig eine kleine Luftöffnung g im Deckel des Stauraumes frei, so daß der Unterdruck aufgehoben ist und der Zitzenbecher vom Euter fällt. Vor Melkbeginn muß dann das Kugelventil e durch einen Hebel i angehoben werden, damit die Luftöffnung g verschlossen und das Zentralrohr zum Aufbau eines Unterdruckes geöffnet wird. Diese komplizierte Konstruktion bereitet aber große Schwierigkeiten bei der Reinigung. Aus dem gleichen Grund ist die Funktion beim Abschalten und Abfallen der einzelnen Zitzenbecher nicht immer sichergestellt.

Dagegen haben sich solche elektrische Gebergeräte in Versuchen bewährt, deren Wirkung auf der Lichttrübung und auf der elektrischen Leitfähigkeit der Milch beruht. Mit Hilfe dieser Geber läßt sich der Melkvorgang nach dem Milchflußende sehr viel sicherer abschalten als bei dem vorgenannten Gerät; dies geschieht hier über Verstärker mit Verzögerungsschaltung und über ein Stellglied. Man kann zwischen drei Ausbaustufen wählen. Die erste Ausbaustufe besteht darin, lediglich durch ein Lichtsignal die Beendigung des Milchflusses anzuzeigen; dadurch wird allerdings nur die Überwachung der Melkzeuge erleichtert, ohne Blindmelkzeiten auszuschließen. Dies ist erst möglich, wenn der Impuls vom Meßgeber auch zum Abschalten des Melkvorganges genutzt wird; der Unterdruck bleibt im Zitzenbecher erhalten. Die Melkzeuge bleiben dabei also am Euter und sobald es der Arbeitsrhythmus des Melkers erlaubt, schaltet er den Melkvorgang noch einmal ein, um mit der Maschine nachzumelken und dann die Melkzeuge abzunehmen. Eine wesentlich einfachere und auch arbeitswirtschaftlich vorteilhaftere Lösung ist bei völligem Verzicht auf Nachmelkarbeiten möglich. Dann kann das Melkzeug automatisch abgenommen und zur Seite geschwenkt werden. Als Handarbeit verbleibt lediglich das Anrüsten der Tiere und das Ansetzen der Melkzeuge. Dieser Weg wurde im Versuch bereits verwirklicht. **Bild 6** zeigt ein Funktionsmodell dieser Anlage. Die dabei verwendeten Photowider-

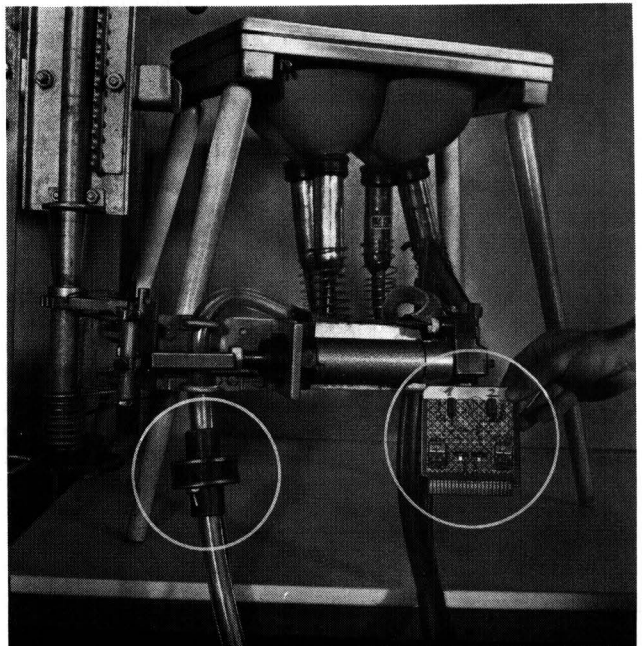


Bild 6. Funktionsmodell eines teilautomatisierten Melkzeuges.

- Linker Kreis: Photogeb
- Rechter Kreis: elektronische Schalttafel für zwei gegenüberliegende Melkzeuge

stände und Elektroden als Meßgeber kommen nicht oder nur unwesentlich mit der Milch in Berührung und werfen keinerlei Reinigungsprobleme auf.

3.2. Konstruktion des Gebers mit Photowiderstand und Elektroden

Der Photowiderstand befindet sich in einer Wandaussparung eines PVC-Rohres, das auf einen durchsichtigen Milchschauch aufgeschoben wird; in einer gegenüberliegenden Bohrung ist eine Lichtquelle befestigt, **Bild 7**. Beim Durchfluß der Milch wird nun der Widerstand verändert, so daß über Verstärker und nach einer zeitlichen Verzögerung Milchfluß bzw. Milchflußende registriert werden

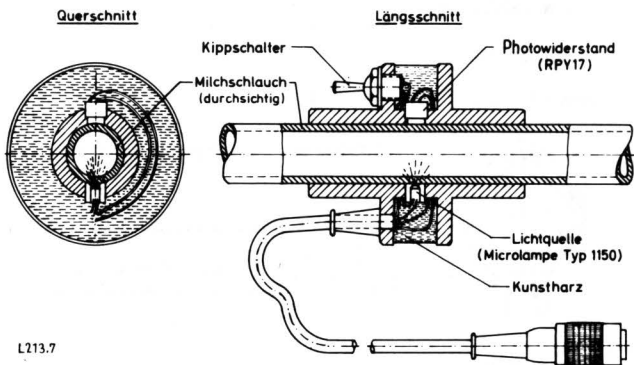


Bild 7. Photogeber.

den können. Die Werte der Milchflußkurve und die tatsächliche Milchabgabe stimmen dabei weitgehend überein; lediglich gegen Ende des Milchflusses zeigen sich Abweichungen. Die sich an der Innenwand des Milchschauches bildende „Milchhaut“ verursacht eine gewisse Verzögerung, die besonders groß bei horizontaler Lichteinstrahlung ist, bei vertikaler Lichteinstrahlung beträgt sie nur 20 s, **Bild 8 und 9**. Die Funktion dieses Gebers ist also sehr lageempfindlich, ein Nachteil, der bei der Messung mittels Elektroden nicht zu beobachten war.

Bild 8 und 9. Vergleich von tatsächlicher und mit dem Photogeber gemessener Milchflußkurve bei verschiedener Geberstellung.
a mit Photowiderstand gemessen
b mit elektronischer Waage gemessen

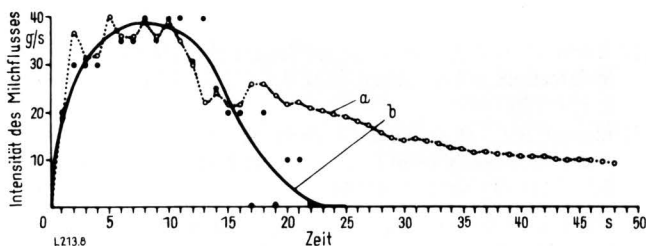


Bild 8. Milchflußkurven bei horizontaler Lichteinstrahlung.

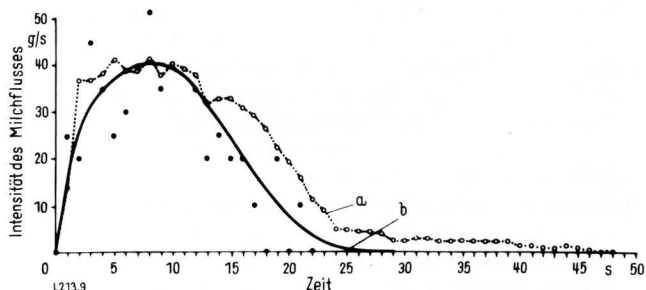


Bild 9. Milchflußkurven bei vertikaler Lichteinstrahlung.

Der mittels Elektroden arbeitende Meßgeber, **Bild 10**, besteht aus zwei ringförmigen Elektroden in der Milchleitung, an die eine Gleichspannung von 4 V angelegt wird. Während des Milchflusses besteht Kontakt zwischen den beiden Elektroden. Nach Beendigung des Milchflusses ist der Kontakt unterbrochen, der Melkvorgang wird abgeschaltet. Der Elektrodengeber ermöglicht eine verhältnismäßig exakte Messung nicht nur des Milchflusses, sondern darüber hinaus auch des Milchsatzes, **Bild 11**. Beide Meßkurven zeigen weitgehende Übereinstimmung, die ausreichen würde, nicht nur nach Ende des Milchflusses den Melkvorgang zu unterbrechen, sondern auch Vakuum und Pulsator in Abhängigkeit von der jeweiligen Milchabgabe zu steuern. Damit wären die technischen Voraussetzungen zur Optimierung des maschinellen Milchentzuges gegeben.

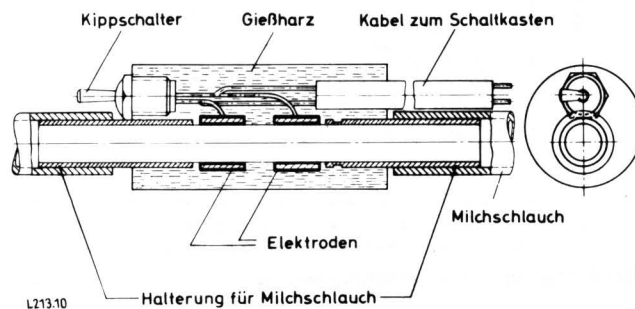


Bild 10. Geber mit Elektroden.

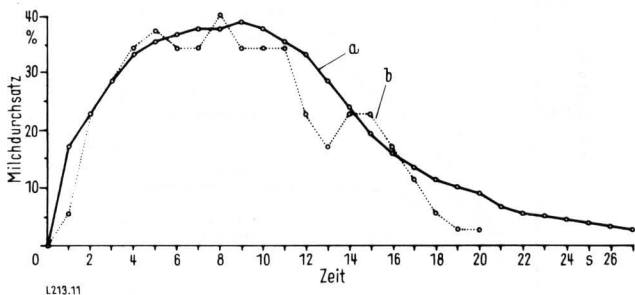


Bild 11. Vergleich von tatsächlichen und mit dem Elektrodengeber nach Bild 10 gemessenen Milchsatz.
a vom Geber gemessene Werte
b von elektronischer Waage ermittelte Werte

4. Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge

Bei ersten Einsätzen teilautomatisierter Melkzeuge in der Praxis traten noch vielfältige technische Probleme auf; so befriedigte die Handhabung bisheriger Formen der Schwenkarne noch nicht. Als sehr mangelhaft erwies sich auch die Isolation der elektrischen Geber und Stellmechanismen. Außerdem kam es sehr häufig zu Störungen durch auftretende Kriechströme. Diese Probleme sollten möglichst bald gelöst werden, da durch den Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge erhebliche Arbeitszeiteinsparungen zu erwarten sind, wie verschiedene Arbeitssimulationen ergaben, **Bild 12 und 13**. Die Vorteile einer solchen Anlage kommen allerdings erst bei guter Arbeitsgestaltung voll zum Tragen. Dann kann nach vorliegenden Berechnungen eine Arbeitskraft mit 20 Melkzeugen etwa 100 Tiere in der Stunde melken. Dies ist aber nicht bei allen Melkstandformen in gleicher Weise möglich, wie aus **Bild 14** hervorgeht. Beim größeren Fischgrätenmelkstand, **Bild 14 I**), bedient eine Arbeitskraft im Wechsel vier bis fünf Melkzeuge, dadurch ist eine Arbeitsleistung von 40 Kühen in der Stunde möglich. Beim Einsatz teilautomatisierter Melkzeuge empfiehlt es sich, den gleichen Fischgrätenmelkstand mit acht bis zehn Melkzeugen auszurüsten; dadurch läßt sich die Arbeitsleistung auf 55 bis 75 Kühe/Stunde erhöhen. Weitere Leistungssteigerungen bedingen im Fischgräten-

Bild 12 und 13. Die Melkleistung im Melkstand mit Einzelmelkzeugen in Abhängigkeit von der Melkstandgröße.

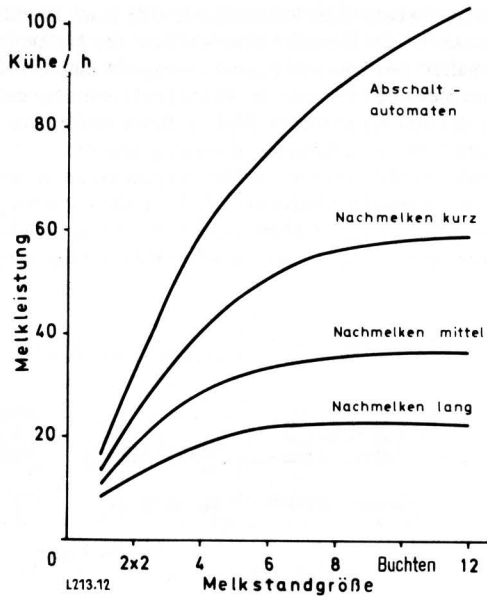


Bild 12. Leistung bei guter Arbeitsorganisation.

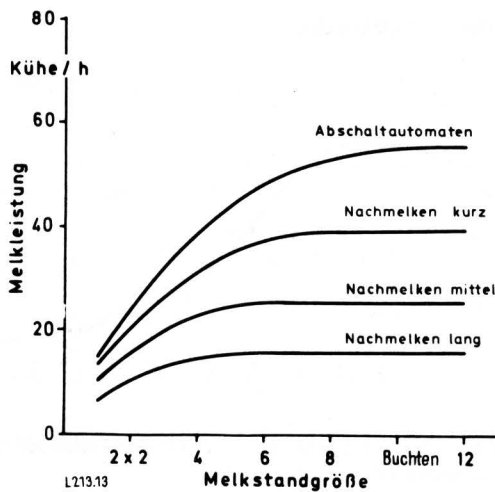


Bild 13. Leistung bei mangelhafter Arbeitsorganisation.

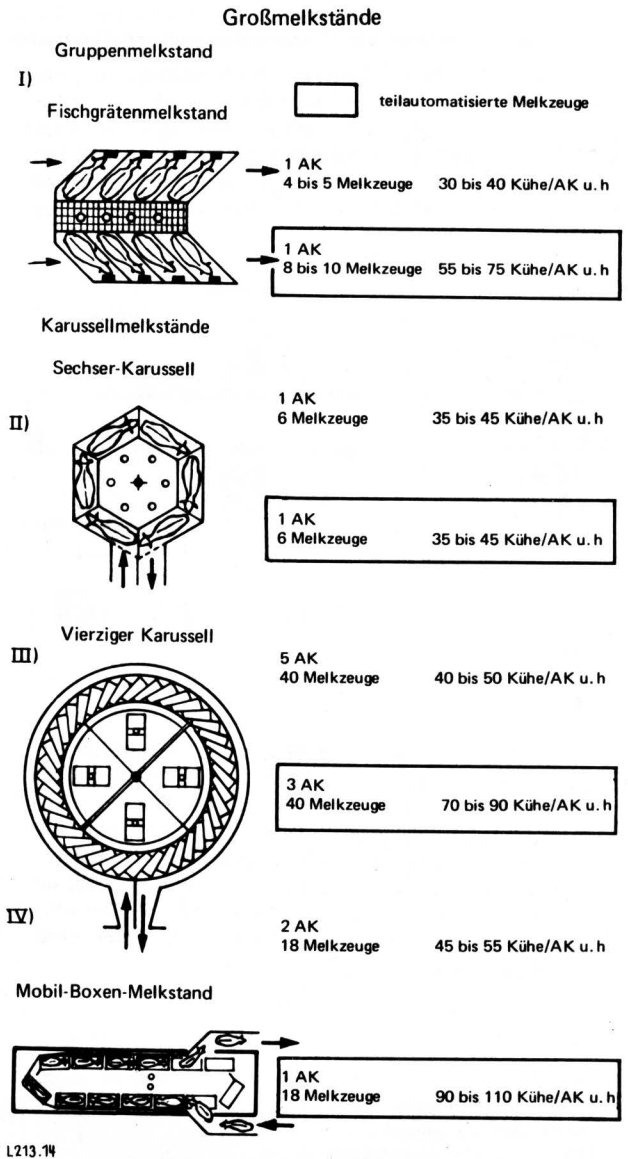
melkstand eine größere Anzahl von Buchten je Arbeitskraft; damit sind aber in dieser Melkstandform nicht nur erhebliche Wege zurückzulegen, sondern es wird zusätzlich die Kontrolle der Melkzeuge erschwert.

Diese Schwierigkeiten entfallen bei Rundmelkständen, die eine Art „Fließband“-Arbeit erlauben, da die Kühe nun an der Melkperson vorbeifahren werden. Der 6er-Karussellmelkstand, Bild 14 II), mit sechs Melkzeugen ermöglicht allerdings noch keine Steigerung der Arbeitsleistung; erst in großen Karussellmelkständen, Bild 14 III), oder im Mobilboxenmelkstand sind größere Melkleistungen als im Fischgrätenmelkstand möglich; mit ihnen können die Vorteile teilautomatisierter Melkzeuge voll ausgeschöpft werden, da dann etwa 100 Tiere je Arbeitskraft gemolken werden können.

Schrifttum

[1] *Ordloff, D.*: Arbeitszeitbedarf und Möglichkeiten zur Beurteilung der Arbeitsqualität beim Melken in Melkständen. Association Française de Genie Rural. Journées d'Etudes Internationales de la III^{ème} Section de la Commission Internationale du Genie Rural, Paris 20–23 Juillet 1971, Thème III S. 70/80.

Bild 14. Mögliche Arbeitsleistung in Großmelkständen beim Einsatz konventioneller und teilautomatisierter Melkzeuge.



L 213.14

[2] *Schön, H.*, u. *C.L. Pen*: Untersuchungen über Melkarbeit und Melktechnik in Laufställen. Mitt. d. DLG Bd. 83 (1968) Nr. 37, S. 1275/78.

[3] *Wenner, H.L.*, *H. Schön* u. *Ch. Pertzsch*: Optimale Buchten- und Melkzeugzahl beim Fischgrätenmelkstand. Der Tierzüchter Bd. 23 (1971) Nr. 2, S. 41/44.

[4] *Pen, C.L.*: Untersuchungen zur Steigerung der Arbeitsleistung beim Melken in Gruppenständen, insbesondere durch Verbesserung der Arbeitsorganisation und Automatisierung einiger Arbeitsvorrichtungen. Diss. Gießen 1971.

[5] *van Elderen, E.*, u. *S.P.J.H. van Hoven*: Model for Machine-Milking in Parlours. Proceedings of the 1970 Summer Computer Simulation Conference; Denver, Colorado/USA, 1970.

[6] *Brandsma, S.*: The Influence of Semi-Automatic Milking on Production and Udder Health. Association Française de Genie Rural. Journées d'Etudes Internationales de la III^{ème} Section de la Commission Internationale du Genie Rural, Paris 20–23 Juillet 1971, Thème III S. 61/69.

[7] *Rossing, W.*: Automatisierung des Maschinenmelkens. Association Française de Genie Rural. Journées d'Etudes Internationales de la III^{ème} Section de la Commission Internationale du Genie Rural, Paris 20–23 Juillet 1971, Thème III S. 51/60.