

Betrachtungen zur Berechnung der Arbeitsleistung für Verfahren der Milchgewinnung

Dr. A. Unverricht/Dr. habil. J. Zipper

Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Fachgruppe Technologie

In Anbetracht der planmäßigen Verminderung der Zahl von Arbeitskräften in der Landwirtschaft und der notwendigen Produktionssteigerung gewinnt die Arbeitsleistungssteigerung auf allen Gebieten eine zunehmende Bedeutung. Auch für die Milchgewinnung, die vielfach schon als ein weitgehend mechanisierter Verfahrensabschnitt angesehen wird, stellt die Steigerung der Arbeitsleistung eine höchst aktuelle Aufgabe dar. Noch immer werden etwa 35 bis 50% der gesamten lebendigen Arbeit bei der Milchproduktion für die Milchgewinnung eingesetzt. Deshalb stellt die erreichbare oder erreichte Arbeitsleistung ein wichtiges Kriterium für den Vergleich verschiedener Milchproduktionsanlagen dar. Der erreichte Stand zeigt den objektiven Maßstab für die berechnete Forderung nach Weiterentwicklung der Verfahren.

Die Vielfalt der in der Literatur beschriebenen Milchgewinnungsverfahren, die sich unter dem Aspekt dieser Betrachtung in der Anzahl der Melkplätze, im Mechanisierungsgrad und somit in der Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte voneinander unterscheiden, verdeutlichen das Bestreben, einmal die Zahl der mit einer Anlage zu melkenden Kühe möglichst groß zu halten und zum anderen — und das in erster Linie — die Anzahl der gemolkenen Kühe je AK · h zu erhöhen, d. h. die Arbeitsleistung zu steigern.

Die Angaben in der Literatur über Arbeitsleistungen der verschiedenen Milchgewinnungsverfahren vermitteln kein einheitliches Bild über erreichbare Arbeitsleistungen aufgrund unterschiedlicher Arbeitsinhalte. Die Angaben aber, wonach 14 bis 100 Kühe von einer Arbeitskraft in einer Stunde gemolken werden können, weisen sowohl den Melker als Direktbeteiligten am Melkprozeß als auch den Leiter und Konstrukteur von Milchgewinnungsanlagen auf Möglichkeiten hin, die Arbeitsleistung zu steigern bzw. den Aufwand an lebendiger Arbeit gegenüber dem derzeitigen Stand, der bei den in der DDR angewendeten Verfahren mit 15 bis 40 Kühen je AK · h veranschlagt ist, zu senken.

Beim Studium der Literatur zeigte sich auch, daß für gleiche Verfahren mit ähnlicher Mechanisierung und Automatisierung die Angaben in ähnlichem Umfang wie zwischen verschiedenen Verfahren schwanken. Eigene Untersuchungen in verschiedenen Milchgewinnungsanlagen bestätigen darüber hinaus eine merkliche Differenz zwischen den Vorgaben der Arbeitsleistung und der tatsächlich erreichten. Unter dem Gesichtspunkt einer realen Arbeitsvorgabe für die Melkerkollektive und einer exakten Bewertung des Verfahrens sowie der Sicherung eines störungsfreien technologischen Ablaufs erscheint es aber wichtig, daß die Vorgaben zur Arbeitsleistung mit der erreichten oder erreichbaren Arbeitsleistung übereinstimmen.

Deshalb wurde untersucht, inwieweit verschiedene Methoden zur Voraussage der Arbeitsleistung bei einer hinreichend genauen Widerspiegelung des Melkablaufs geeignet sind. Bei der Betrachtung der Möglichkeiten für die Voraussage der Arbeitsleistung zeichnen sich zwei Methoden ab:

- Arbeitszeitbilanzierung auf der Grundlage durchschnittlicher Bearbeitungszeiten
- Arbeitszeitbilanzierung auf der Grundlage eines Nachvollzugs des konkreten Melkprozesses unter Berücksichtigung variabler Bearbeitungszeiten und Melkbarkeitsparameter.

Die Mehrzahl der Autoren ermittelt die Arbeitsleistung aufgrund eines durchschnittlichen Zeitaufwands, der für die Erledigung der einzelnen Bearbeitungsgänge an der Kuh

(Bearbeitungszeit) aufgewendet wird. So berechnet beispielsweise Clough [1] die Arbeitsleistung nach der Formel

$$N = \frac{60}{A_{wp}}$$

N = Anzahl der Melkzeuge je Arbeitskraft

A_{wt} Zeit für die notwendigen Arbeitsgänge am Tier.

Bedient man sich dieser weitverbreiteten Formel, so ergeben sich bei im Fischgrätenmelkstand FGM 2 × 6 in technologischen Untersuchungen ermittelten Bearbeitungszeiten von 1,50 AK · min und im Melkkarussell M 691-40 von 1,00 AK · min je Tier und Gemelk Arbeitsleistungen von 36 bzw. 60 Kühen je AK · h. In Übereinstimmung mit diesen Bearbeitungszeiten wurden in beiden untersuchten Anlagen nur 23 bzw. 29 Kühe je AK · h erreicht. Dieser Unterschied läßt bereits erkennen, daß die Bearbeitungszeiten an der Kuh nicht in jedem Falle ausreichen, um die Arbeitsleistung vorauszubestimmen.

Umfangreiche eigene Untersuchungen in unterschiedlichen Anlagen zur Milchgewinnung haben ergeben, daß sich bei allen Verfahren der Arbeitszeitaufwand zur Gewinnung der Gemelke aus

- einem bestimmten Anteil für die Ausführung der einzelnen Bearbeitungsgänge
- einem Anteil von Zeitaufwendungen für das Zurücklegen von Wegestrecken
- einer bestimmten Wartezeit für die Arbeitskraft zusammensetzt.

Da je nach Verfahren der Anteil der Bearbeitungszeit 45 bis 65%, der Wartezeit 33 bis 51% und der Wegezeit 0,05 bis 0,10% an der Gesamtzeit ausmacht, muß die alleinige Betrachtung der Bearbeitungszeit bei der Ermittlung der Arbeitsleistung zwangsläufig zu Abweichungen zwischen der errechneten und der erreichten Arbeitsleistung führen. Sollen die ausschließlich durch vorgegebene Bearbeitungszeiten kalkulierten Vorgaben zur Arbeitsleistung unbedingt realisiert werden, dann macht sich unwillkürlich eine Verkürzung der Bearbeitungszeiten während des technologischen Prozesses erforderlich, was nicht zuletzt mit einer Veränderung in der qualitativen Arbeitsausführung verbunden sein muß.

Die Berücksichtigung der für eine sichere Prognose der Arbeitsleistung notwendigen und technologisch bedingten Wartezeiten macht deren Erfassung oder Vorausbestimmung erforderlich. Es erscheint deshalb notwendig, die Ursachen für das Entstehen solcher Zeiten näher zu betrachten. Grundsätzlich sind technologisch bedingte Wartezeiten überall dort möglich, wo die Bearbeitungsvorgänge nicht in zusammenhängender Folge ausgeführt werden. Die Bearbeitungszeit wirkt deshalb nicht nur in der Summe der einzelnen Bearbeitungsvorgänge, sondern in Form zusammenhängender oder voneinander getrennter Bearbeitungskomplexe. Nach dem derzeitigen Mechanisierungsgrad ergeben sich getrennte Bearbeitungskomplexe für den Tierwechsel, die Eutervor- und -nachbereitung, deren zeitliche Unterbrechung sich danach richtet, bis zu welchem Bearbeitungsvorgang des Eutervorbereitungskomplexes der Mensch direkt beteiligt ist und ab welchem Zeitpunkt seine Anwesenheit im Nachmelkbereich wieder erforderlich wird. Während die erste Differenz zwischen den Bearbeitungsvorgängen vom Automatisierungsgrad abhängt und damit für das einzelne Verfahren konstant ist, wird die Zeit bis zum Nachmelken weitestgehend von der Melkdauer bestimmt, die im Melkprozeß eine durch die Kuh bedingte Veränderliche darstellt und dadurch die mögliche Folge der Bearbeitungsgänge im technologischen Ablauf bestimmt.

Die unterschiedliche und weitgehend zufällige Kombination von kürzeren und längeren Milchentzugszeiten muß zwangsläufig Pausen für die Arbeitskraft verursachen, die je nach der Zahl parallel zu bearbeitender Tiere (Arbeitsvorrat) unterschiedlich groß sein werden und teilweise genutzt werden, um Bearbeitungsgänge, die mit dem direkten Milchentzugsprozeß nur indirekt zusammenhängen, zu erledigen. Durch einen entsprechend großen Arbeitsvorrat ist es deshalb möglich, diese Pausen für die Arbeitskraft zu beeinflussen. Bei der Analyse der Untersuchungsergebnisse unter dem Aspekt des Entstehungsortes der Wartezeiten mußten im FGM 2 x 6 40 % und im Melkkarussell M 690-16 45 % von der Gesamt-wartezeit der Variation der Milchentzugszeit zugeordnet werden. Diese Wartezeiten entstanden, obwohl nach Berechnung von Arbeitsanfall und -leistung eine ununterbrochene Arbeitsfolge ohne Wartezeiten zu erwarten gewesen wäre. Um die Ursache für das Zustandekommen dieser Wartezeit zu ergründen, die ja aufgrund ihrer Größenordnung einen entscheidenden Einfluß auf jede Form der Kalkulation der Arbeitsleistung haben muß, wurde versucht, den Milchentzugsprozeß in einem 2 x 3er Melkkomplex des FGM 2 x 6 in zwei Bearbeitungsvarianten darzustellen. Bei der Variante 1 ging in die Bearbeitungsfolge eine mittlere Milchentzugszeit ein, und in Variante 2 wurde von der tatsächlich vorgefundenen Variation dieser mittleren Milchentzugszeit ausgegangen.

Alle anderen Bearbeitungszeiten wurden konstant gehalten. Aus der Gegenüberstellung der beiden Varianten ergab sich, daß zwar theoretisch eine Arbeitsleistung von 33 Kühen (Variante 1) erreichbar ist, aber aufgrund der Variation der Melkdauer, d. h. infolge des Entstehens von Wartezeiten, nur 27 Kühe je AK · h erreicht wurden (Variante 2).

Bei einer Erhöhung des Arbeitsvorrats um zwei Kühe/AK wurde eine Annäherung zwischen der theoretisch möglichen und der erreichten Arbeitsleistung erkennbar. Das bedeutet, daß durch genügenden Arbeitsvorrat (Tafel 1) die Wirkung der Variation der Melkdauer aufgehoben werden kann, d. h., daß dort, wo der Arbeitszeitaufwand je Kuhgruppe größer ist als die längste Melkdauer innerhalb der Kuhgruppe, eine durch die Variation bedingte Wartezeit für die Arbeitskraft nicht mehr entstehen kann. Diesen Zusammenhang zwischen Arbeitsvorrat und -leistung versuchten Ullrich und Ebendorff [2] für die Bestimmung der Arbeitsleistung im FGM zu nutzen, indem sie die Rückkehrzeit bestimmten. Die Rückkehrzeit, das ist die Zeitspanne im FGM von Ende der Eutervorbereitung bei der ersten Kuh einer Kuhgruppe bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Arbeitskraft nach Erledigung der Bearbeitungsvorgänge an anderen Kühen wieder zur ersten Kuh zurückkehren kann. Dabei gehen sie von einer mittleren Melkdauer aus, so daß die Rückkehrzeit wieder nur eine theoretische Zeit darstellen kann, die mit dem tatsächlichen Melkablauf nicht übereinstimmt. Lauers [3] geht einen anderen Weg. Während Ebendorff bei der Ermittlung der Arbeitsleistung von einer durchschnittlichen Melkdauer von 5 bis 6 min ausgeht, berücksichtigt Lauers für die Bestimmung der je Arbeitskraft zu bedienenden Melkzeuge in einem weitestgehend automatisierten Melkstand (Arbeitskraft ist nur im Eutervorbereitungskomplex

Tafel 1. Beziehungen zwischen Arbeitsleistung und Arbeitsvorrat

Arbeitsvorrat	Bearbeitungszeit je Melkgruppe	Wartezeit für AK	Arbeitszeitaufwand je Melkgruppe	reale Arbeitsleistung
Melkplätze je AK	AK · min	AK · min	AK · min	Kühe je AK · h
6	11,00	2,30	13,30	27
8	14,00	1,00	15,00	32
10	17,00	0,00	17,00	33

Eutervorbereitung 0,50 AK · min je Kuh und Gemelk
 Euternachbereitung 1,00 AK · min je Kuh und Gemelk
 Tierwechsel 1,00 AK · min je Melkgruppe
 Varianten der Melkdauer 7 bis 14 min innerhalb der Melkgruppe

Tafel 2. Einfluß der Aufenthaltsdauer auf Arbeitsleistung und Durchsatz

Arbeitsvorrat Melkplätze/AK	Rückkehrzeit min	Arbeitsleistung Kühe/AK	Durchsatz Kühe/h · Melkpl.	Aufenthaltsdauer der Kuhgruppe min
6	6,10	35	5,9	10,20
10	10,50	35	3,5	17,00
14	14,90	35	2,5	23,80
18	19,30	35	2,0	30,60

Bearbeitungszeit je Kuh und Gemelk 1,70 AK · min

tätig) einen Wert der Melkdauer, der die Melkzeit von 90 % der Tiere des Gesamtbestandes zur Grundlage hat:

$$t_m = mt_M \cdot 1,6 \cdot \sigma$$

mt_M mittlere Melkzeit

σ mittlere quadratische Abweichung

1,6 Faktor, der gewährleistet, daß die Melkzeit von 90 % der Tiere berücksichtigt wird.

Bei diesem Vorgehen bleiben aber Abweichungen, die von den restlichen 10 % bezüglich der Melkdauer verursacht werden, bzw. die konkrete Variation innerhalb der Melkgruppen unberücksichtigt und können demzufolge technologisch bedingte Wartezeiten hervorrufen. Die von Ebendorff vorausgesagte Arbeitsleistung auf der Grundlage einer 5- bis 6minütigen Melkdauer stimmt dann mit der realisierten überein, wenn der Arbeitsvorrat so groß ist, daß die Variation nicht mehr zum Tragen kommt. Diese dadurch erreichte Realisierung der theoretisch möglichen Arbeitsleistung kann in nicht automatisierten Melkständen zu Lasten des Tieres gehen und zwar bezüglich der Überschreitung physiologisch optimaler Milchgewinnungszeiten, oder es wird die Aufenthaltsdauer des Tiers im Melkstand erhöht und verringert somit den Durchsatz. Verdeutlicht wird dieser Zusammenhang in Tafel 2, in der für unterschiedliche Arbeitsvorräte je Arbeitskraft die jeweiligen Rückkehrzeiten, die sich daraus ableitenden maximal erreichbaren Arbeitsleistungen und der Durchsatz ausgewiesen werden. Während die maximale Arbeitsleistung unabhängig vom Arbeitsvorrat gleichbleibt, nimmt der Durchsatz mit zunehmendem Arbeitsvorrat infolge der ansteigenden Aufenthaltsdauer ab.

Der Versuch, die Wartezeit für die Arbeitskraft durch einen entsprechend großen Arbeitsvorrat einzuschränken, ist aufgrund dieses Wechselspiels zwischen Arbeitsleistung und Durchsatz begrenzt. Unabhängig davon bleibt diese Methode auch nur eine solche Lösung, bei der die Arbeitsleistung nur auf der Grundlage der Bearbeitungszeit ermittelt wird. Wartezeiten für die Arbeitskraft, die bei geringerem Arbeitsvorrat auftreten, bleiben auch hier unberücksichtigt.

Aus dem bisher Gesagten läßt sich ableiten, daß zur Vorausbewertung der Arbeitsleistung alle Teilzeiten berücksichtigt werden müssen. Davon können die Bearbeitungszeiten (Dauer der Bearbeitungsgänge) und die Wegezeit für die Arbeitskraft in jedem Verfahren ermittelt bzw. für neu zu entwickelnde Verfahren vorausgesagt werden. Die Wartezeit läßt sich zwar für das konkrete Verfahren ebenfalls bestimmen, aber sie ist nicht auf alle Verfahren zu übertragen, denn die Wartezeit gestaltet sich in jedem Verfahren infolge der Variation der Bearbeitungszeiten, der Melkeigenschaften, eines unterschiedlichen Arbeitsvorrats und der Verfahrensführung unterschiedlich und ist deshalb mit Zuschlägen in einer Größenordnung von 10 % [4] nicht ausreichend erfaßt.

In Anbetracht der Bedeutung, die die objektive Ermittlung und Festlegung der Arbeitsleistung sowohl für die Bewertung und Beurteilung der bestehenden Milchgewinnungsverfahren als auch für die planmäßige und zielgerichtete Weiterentwicklung der vorhandenen Verfahren besitzt und unter Berücksichtigung der aufgezeigten Unzulänglichkeiten der bisherigen Berechnungsmethoden für die Voraussage der Arbeitsleistung, ergibt sich die Notwendigkeit, neue Wege für die Ermittlung und Vorausbewertung der Arbeitsleistung zu finden [5].

Bei der Vielzahl der die Arbeitsleistung beeinflussenden Faktoren

und der besonderen Abhängigkeit von der variablen Milchentzugszeit scheint mit den bisher üblichen und noch relativ einfach überschaubaren Berechnungsmethoden die Kompliziertheit dieses Prozesses nicht faßbar.

Deshalb muß nach Wegen gesucht werden, die die Komplexität dieses Prozeßablaufs erfassen und die vielfachen Wechselbeziehungen berücksichtigen und verdeutlichen.

Unter diesem Gesichtspunkt dürften die Simulationsmethoden für die Lösung dieser Aufgaben in Zukunft größere Beachtung finden.

Literatur

- [1] Clough, P. A.: Maschinenmelken in Laufstallanlagen. Alfa-Laval-Symposium Nr. 1 on machine milking; Hamra, 12. bis 14. Dezember 1963.
- [2] Ebdorff, W. u. a.: Technologische Aspekte des Melkens im Fisch-

grätenmelkstand. Tierzucht 27 (1973) H. 2, S. 89—91.

- [3] Laurus, A.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen des technologischen Prozesses bei automatisierten Melkanlagen. Referat der wissenschaftlichen Vortragstagung „Fortschritte, Probleme und Entwicklungstendenzen bei der industriemäßigen Milchgewinnung“. Herausgeber: Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Universität Leipzig, 1973.
- [4] Rabold, K.: Hinweise zur optimalen Gestaltung von Melkeinrichtungen in landwirtschaftlichen Betrieben. Referat anlässlich des Symposiums Biological, technological and social economic problems relatit to housings and mechanization in modern zootechny, 15. bis 17. April 1970, Mailand.
- [5] Zipper, J.; Hauswald, G.; Richter, B.; Unverricht, A.: Untersuchungen über technologische Grundlagen und Bewertungsmaßstäbe zur Optimierung automatisierter Milchgewinnungsverfahren. VEB Impulsa Elsterwerda, Forschungsabschlußbericht 1973. A 1366

Möglichkeiten der weiteren Mechanisierung und Automatisierung von Milchgewinnungsanlagen aus verfahrensökonomischer Sicht

Dr. G. Hauswald/Dr. habil. J. Zipper

Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Fachgruppe Technologie

Die vielfältigen Bemühungen zur weiteren Rationalisierung von Milchgewinnungsverfahren müssen eine allseitige verfahrensökonomische Betrachtung jeder technischen Neuerung einschließen, wenn die im Programm der SED hervorgehobene Zielsetzung, „eine hohe Steigerungsrate der Arbeitsproduktivität zu erreichen, Arbeitsplätze einzusparen und das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis entscheidend zu verbessern“ [1], nicht nur im Bereich der Hersteller, sondern vor allem im Bereich der Nutzer neuer Anlagen realisiert werden soll.

Eine einheitliche Beurteilung und Bewertung des Gesamtverfahrens sowie jedes abgrenzbaren Elements, die einen sicheren Vergleich zwischen den einzelnen Varianten zulassen, erscheint somit eine wesentliche Voraussetzung für die zielgerichtete Weiterentwicklung.

Im folgenden soll unter diesem Gesichtspunkt versucht werden, die verfahrensökonomische Wirksamkeit von Verfahrensänderungen aufzuzeigen und den verfahrensökonomischen Spielraum für technische Neuerungen bei der Gestaltung von Milchgewinnungsanlagen sichtbar zu machen.

1. Verfahrensökonomische Beurteilungskriterien und ihr Bezug zu technologischen Parametern

Für eine verfahrensökonomische Bewertung der eingesetzten Milchgewinnungsanlagen Melkkarussell, Fischgrätenmelkstand und Rohrmelkanlage stellen die Investitionen und Verfahrenskosten wesentliche Kriterien dar. Bei einem differenzierten Verfahrensvergleich erweisen sich diese Kennwerte allerdings oft als unzulänglich, weil sehr unterschiedliche technische Funktionen ohne eine exakte weitere Abgrenzung in diesen Kosten beinhaltet sind. So wird z. B. im Melkkarussell und im Fischgrätenmelkstand die Konzentratfütterungsverbreitung mit 40 bis 70 % der melktechnischen Grundausrüstung in die Berechnung einbezogen. Dabei muß die technologische Funktion der Einzel- und Gruppensdosierer wiederum unterschiedlich beurteilt werden. Die Besetzung des Melkstandes mit einer unterschiedlichen Anzahl von Arbeitskräften gewinnt vor allem auf die Verfahrenskosten Einfluß. Durch den Zeitpunkt der Erfassung geht mitunter ein unterschiedliches Preisniveau in die Betrachtungen ein. Die Verwendung verschiedener Materialien und anderer nicht verfahrensspezifischer Einflüsse führt wiederum zu einer anderen Wertung.

Es erscheint deshalb notwendig, nicht nur von vergleichbaren Bedingungen bei der Erfassung der Kostenelemente auszugehen, sondern die einzelnen technologischen Funktionen strenger abzugrenzen. Einem Milchgewinnungsprozeß lassen sich schließlich sehr unterschiedliche Teilverfahren des Triftens, des Milchentzugs, der Konzentratfütterungsverbreitung und der Milchlagerung und -kühlung zuordnen, so daß sich vielfältige Wechselwirkungen ergeben.

Für die folgenden Betrachtungen wird das Verfahren auf den eigentlichen Milchentzug begrenzt, d. h., die Vorgänge im Melkstand werden ohne Konzentratfütterungsverbreitung, Triften und Milchlagerung und -kühlung analysiert, um aus verfahrensökonomischer Sicht die Möglichkeiten für die weitere Mechanisierung und Automatisierung der Milchgewinnungsanlagen Melkkarussell, Fischgrätenmelkstand und Rohrmelkanlage vergleichbar darstellen zu können.

Im Hinblick auf die verfahrensökonomische Wirksamkeit der Investitionen und Verfahrenskosten ist aber weniger deren absolute Höhe als vielmehr der auf die Produkteneinheit bezogene Anteil von Interesse. Damit wird nicht nur die Bedeutung einer einheitlichen Ermittlung, sondern gleichermaßen die einheitliche Umverteilung der Kosten auf das Produkt oder — bei Unterstellung einer gleichen Ertragslage — auf die Kuh hervorgehoben. Eine realistische, exakte verfahrensökonomische Aussage ist somit ebenso an eine objektive Erfassung der technologischen Leistungsparameter gebunden. Für die Milchgewinnungsverfahren haben sich dabei

- die Arbeitsleistung als Ausdruck für die Anzahl der je $AK \cdot h$ gemolkenen Kühe und
- der Durchsatz als Ausdruck für die Anzahl der je Melkplatz und Stunde gemolkenen Kühe

als die zentralen technologischen Parameter erwiesen [2]. Allerdings bedarf die kostenmäßige Betrachtung einer Ergänzung hinsichtlich verfahrensökonomischer Auswirkungen auf Menge und Qualität des Produkts, was bei der Milchgewinnung besonders spürbar werden kann.

2. Berechnung und Umlage der Verfahrenskosten

Die vergleichbare Darstellung von Verfahrenskosten muß wegen der unterschiedlichen Bedingungen im praktischen Betrieb fast