

Verfügbarkeit – Kriterium zur Verfahrensbeurteilung

Dr. D. Lätzsch / Dipl.-Agr.-Ing. J. Pietzsch / Dipl.-Agr.-Ing. K. Wille
Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin

Grundlagen

Die Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden in der Landwirtschaft ist mit dem immer stärkeren Einsatz vergegenständlichter Arbeit verbunden. Der dafür notwendige hohe Fondsvorschub muß zur Sicherung einer effektiven und kostengünstigen Produktion durch hohe Auslastung dieser Grundmittel gerechtfertigt werden. Dies wiederum setzt eine hohe Auslastbarkeit voraus. Sie ist bei der Verfahrensbewertung zu berücksichtigen. In anderen Bereichen erwies sich für die Kennzeichnung der Auslastbarkeit von Grundmitteln die Verfügbarkeit als geeignet /1/ /2/ /3/ /4/. Es ist das Ziel folgender erster Überlegungen und Untersuchungen, zu prüfen, inwieweit diese Kennzahl auch in der Tierproduktion zur Verfahrensbeurteilung herangezogen werden kann.

Ein Motiv für die Erhöhung der Verfügbarkeit ist in bereits bestehenden Tierproduktionsanlagen vorrangig in der Einsparung lebendiger Arbeit und damit in der Steigerung der Arbeitsproduktivität zu sehen, wenn man davon ausgeht, daß den stationären Arbeitsmitteln eine bestimmte Anzahl von Tieren schon fest zugeordnet ist. Die Antwort auf die Frage, in welchem Maße durch die Steigerung der Verfügbarkeit dem einzelnen Aggregat mehr Tiere zugeordnet werden können, ist für die Projektierung neuer Anlagen von größter Bedeutung. Die eingesetzten Grundmittel lassen sich intensiver nutzen, wenn von hohen Verfügbarkeitswerten ausgegangen werden kann.

An dieser Stelle sollen Melkverfahren als Beispiel dafür stehen, wie technische Anlagen infolge hoher Verfügbarkeit rationell genutzt werden können. Technologische Untersuchungen zeigten immer wieder, daß ein ununterbrochenes Drehen des Melkkarussells nicht erreicht wird. Es muß oftmals für längere oder kürzere Zeit angehalten werden. Vertritt man die Meinung, daß diese Stillstandszeiten die Auslastbarkeit der Melkstände herabsetzen, so sind die Ursachen für diese Erscheinung zu finden und Vorschläge darzulegen, wie man ihnen begegnen kann.

Will man mit dem Kriterium Verfügbarkeit Aussagen über die Wirksamkeit der technischen Arbeitsmittel im technologischen Prozeß machen, so muß das Zusammenwirken aller Bestandteile des Verfahrens (Arbeitsmittel, Arbeitskraft, Arbeitsgegenstand) untersucht werden. Man erhält somit eine Kennzahl, die die Wirksamkeit des Verfahrens charakterisiert.

Für die Berechnung der Verfügbarkeit wurde eine von Weber /1/ entwickelte Formel im wesentlichen übernommen:

$$A = \frac{T_{02}}{T_{02} + T_3 + T_{41} + T_8} \quad (1)$$

A Verfügbarkeit

T_{02} Operativzeit

T_3 Pflege-, Wartungs- und Einstellzeit

T_{41} Standzeit zur Beseitigung technologischer (funktionaler) Störungen

T_{421} Standzeit zur Beseitigung technischer Störungen am Einsatzort während der Einsatzzeit

T_8 Standzeit

Die Operativzeit ist als Bezugsbasis für die Verfügbarkeit geeignet, da sie als Summe von Grundzeit und Hilfszeit diejenigen Bestandteile enthält, die zur unmittelbaren Erledigung der Arbeitsaufgabe notwendig sind. Die Pflege-, Wartungs- und Einstellzeit sowie die ausgewiesenen Zeiten für die

Beseitigung funktioneller und technischer Störungen und die Standzeit (T_8) verringern die mögliche Zeit für die Erfüllung der eigentlichen Arbeitsaufgabe. Mit dieser Formel läßt sich die Verfügbarkeit während der Betriebszeit errechnen. Anhand der ermittelten Werte können Aussagen darüber getroffen werden, inwieweit aufgetretene Störungen die Verfahrensleistung schmälern.

Versuchsmethode und erste Versuchsergebnisse bei der Ermittlung der Verfügbarkeit für Melkanlagen

Es wurden Verfahren ausgewählt, bei denen die Melkkarussells M 691-40 und M 690-16 eingesetzt sind. Wenn alle Ereignisse, die einen planmäßigen Ablauf des Verfahrens hemmen, verfügbarkeitsschmälernd wirken, ist es als erstes nötig, einen Versuch zu unternehmen, diesen planmäßigen Ablauf zu bestimmen. Ein solcher Ablauf des Verfahrens soll dann erreicht sein, wenn die Gesamtzeit der Operativzeit entspräche: Eine Verfügbarkeit von 1 bzw. ein störungsfreier Ablauf wären erreicht. Die Operativzeit soll als „normative Umdrehungsdauer“ bezeichnet werden.

Zur Ermittlung dieser Normumlaufzeit unterteilt man eine Umdrehung des Melkkarussells in Phasen (Bild 1). Jede Umdrehung des Melkkarussells wird außerdem in Takte zerlegt. Die Taktzahl je Umdrehung entspricht den Melkbuchtenzahlen der Melkkarussells. Die Taktzeit beträgt folglich 1/40 bzw. 1/16 der Umlaufzeit.

Für die Errechnung der normativen Umdrehungsdauer stellt die Zeit für das Maschinenhauptgemelk eine entscheidende Ausgangsgröße dar, da sich während dieser Zeit das funktionelle Ziel des Melkens erfüllt. Folgender Grundgedanke ist Ausgangspunkt der Berechnung: Kann dem Zeitbedarf für das Maschinenhauptgemelk die entsprechende Taktzahl, die dazu zur Verfügung steht, zugeordnet werden, läßt sich durch Division die Taktzeit ermitteln. Die Multiplikation der Taktzeit mit der Gesamtbuchtenzahl ergibt die normative Umdrehungsdauer. Dafür ein Beispiel:

$$\frac{6,5 \text{ min}}{27 \text{ Takte}} \cdot 40 \text{ Takte} = 9,65 \text{ min (Umdrehungsdauer)}$$

Folgende Schritte sind bei der Errechnung der normativen Umdrehungsdauer zu gehen /5/:

- Ermittlung der Zeit für das Maschinenhauptgemelk
- Ermittlung des für Vor- und Nachbearbeitungsarbeiten, für technisch-technologisch bedingte Leerlauf- und Warte-

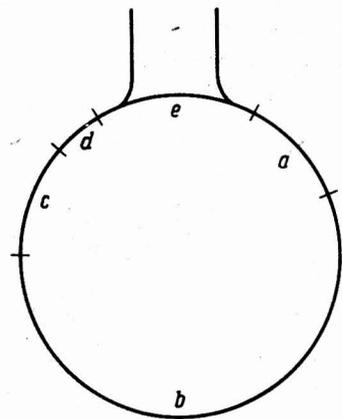


Bild 1
Schematische Darstellung der Phasen des Melkens im Melkkarussell;
a Vorbereitungsphase,
b Maschinenhauptgemelkphase, c Nachbereitungsphase, d technologisch bedingte Wartephase vor dem Abtrieb, e Leerlaufphase einschließlich Auf- und Abtrieb

zeiten benötigten Anteils an Takten (Anteil der Gesamtumdrehung, der nicht der Gewinnung des Maschinenhauptgemelks dient)

Es stellte sich heraus, daß der Vorbereitungs- und Nachbereitungszeit eine Taktzahl nicht eindeutig zuzuordnen ist. Die Dauer ist in erster Linie von der Zeit zur Erledigung der Arbeitsaufgabe bestimmt und nur wenig von der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängig. Trotz Anwendung unterschiedlicher Umdrehungsgeschwindigkeiten bleibt die benötigte Zeit für die Bearbeitungsvorgänge in diesen Phasen gleich. Demzufolge werden diese Phasen zeitanteilig in die Berechnung einbezogen (t_{ph}). Die technologisch bedingte Wartezeit vor dem Austrieb enthält den Teil des Karussellumlaufs, der zwischen Ende der Nachbereitungsphase der Kuh und dem Abtrieb gegeben sein muß, damit das Tier während des Nachmelkens nicht unruhig wird. Sie ist taktgebunden, d. h., die benötigte Zeit für diese Phasen ändert sich proportional der Umlaufzeit. Ebenso ist der technisch-technologisch bedingte Leerlauf in einer bestimmten Anzahl von Takten auszudrücken. Die benötigte Anzahl von Takten bleibt für beide Phasen gleich, also unabhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit.

c) Errechnung der normativen Umdrehungszeit nach folgender Formel

$$t_U = \frac{t_{MHG} + t_{ph} \cdot Z_g}{Z_g - Z_{ph}} \cdot Z_g \quad (2)$$

t_U normative Umlaufzeit in min
 t_{MHG} Maschinenhauptgemelksdauer in min
 t_{ph} Zeit für zeitgebundene Phasen außer der Maschinenhauptgemelksdauer in min
 Z_{ph} Anzahl an Takten für taktgebundene Phasen
 Z_g Gesamtaktzahl

Eine Besonderheit ergibt sich aus der Variation der Maschinenhauptgemelksdauer während einer Laktationsperiode

Tafel 1. Verfügbarkeitswerte aus ersten Untersuchungen in Karussellmelkständen

Melkstand	Schicht Nr.	Verfügbarkeit	erreichter Durchsatz Tiere/h
M 691-40 (5 AK im Melkkarussell mit Physiomatik)	1	0,864	190
	2	0,802	186
	3	0,781	185
	4	0,860	201
M 690-16 (5 AK im Melkkarussell ohne Physiomatik)	1	0,874	92
	2	0,958	101

Tafel 2. Ergebnisse aus Störzeitanalysen in Karussellmelkständen

	Gesamteinsatzzeit	Störzeitanteil an Gesamteinsatzzeit
	h	%
M 691-40 Milchproduktionsanlage 1	41	34
M 691-40 Milchproduktionsanlage 2	25	25
M 690-16	28	24

		M 691-40 ¹		M 690-16 ²	
		Einstellen, normiert	der Umlaufzeit empirisch	Einstellen, normiert	der Umlaufzeit empirisch
Verfügbarkeit		0,827	0,774	0,913	0,876
Einsatzzeit	min	2010	1537	737	1076
Gesamtstörzeit	min	348	347	64	133
davon					
T_3	min	—	—	0	—
rel. zur Gesamtstörzeit	%	—	—	0	—
T_{41}	min	303	334	56	120
rel. zur Gesamtstörzeit	%	87,1	96,3	87,5	90,2
T_{421}	min	30	6	—	8
rel. zur Gesamtstörzeit	%	8,6	1,7	—	6,0
T_8	min	15	7	7	6
rel. zur Gesamtstörzeit	%	4,3	2,0	10,9	4,5
Gemelksmenge	l	6,9	6,9	6,6	6,7

Tafel 3. Vergleichende Untersuchungen zur Verfügbarkeit

¹ 5 AK im Melkkarussell mit Physiomatik
² 5 AK im Melkkarussell ohne Physiomatik

sowie von Kuh zu Kuh. Zu Beginn der Laktationsperiode ist die Zeit für das Maschinenhauptgemelk höher als am Ende. Sie nimmt also mit sinkendem täglichem Milchertrag ab. Die Gruppierung von Kühen in Großanlagen erfolgt nach Gesichtspunkten, die die Unterstellung gestatten, daß Melkgruppen vorhanden sind, die jeweils ähnliche Stadien einer Laktationsperiode aufweisen. Also könnte man annehmen, wenn man die Variation der Zeit für das Maschinenhauptgemelk zwischen den Einzeltieren außer acht läßt, daß sich in den Gruppen Kühe mit ähnlichen Melkzeiten für das Maschinenhauptgemelk befinden. In der Versuchsdurchführung wurde die Gesamtheit der Tiergruppen gedrittelt. Es wurde nach Tiergruppen im 1. bis 3. Laktationsmonat („Frischmelker“), Tiergruppen im 4. bis 7. Laktationsmonat („Normalmelker“), Tiergruppen ab 8. Laktationsmonat („Altmelker“) unterschieden. Alle drei Gruppen wiesen unterschiedliche Zeiten für das Maschinenhauptgemelk auf, welche die oben beschriebene Tendenz bestätigen. Für jede dieser drei Gruppen ist demzufolge die normative Umdrehungszeit zu ermitteln (z. B. 11,85 min für „Frischmelker“). Nachdem die normativen Umdrehungszeiten kalkuliert waren, konnten die Versuche zur Erfassung der Teilzeiten beginnen und die Berechnungen der Verfügbarkeit nach Formel (4) vorgenommen werden. Die Verfügbarkeit betrug im Melkkarussell M 691-40 etwa 0,83 und 0,92 im Melkkarussell M 690-16. Gemessen wurden diese Werte in der Erprobung der Versuchsmethodik. Für das Melkkarussell M 691-40 liegt eine Untersuchungsdauer von 30 Stunden und für das Melkkarussell M 690-16 von 12 Stunden zugrunde. Die gegenwärtig vorliegenden Untersuchungsergebnisse berechtigen noch nicht, einen exakten Vergleich der beiden Melkverfahren hinsichtlich der Auslastbarkeit der Anlagen vorzunehmen.

Tafel 1 zeigt die Verfügbarkeit, wie sie bei Messungen in mehreren Schichten erfaßt worden ist. In jeder Schicht wurden im Melkkarussell mit 40 Melkplätzen von 5 AK (ohne Treiber) rd. 1500 Kühe und im Melkkarussell mit 16 Buchten ebenfalls von 5 AK (ohne Treiber) rd. 600 Kühe gemolken. Ausgangspunkt aller Überlegungen war, Methoden zu finden, wie man die technischen Anlagen der Tierproduktion besser nutzen kann, und wie insbesondere der hohe Anteil von Störzeiten an der Gesamtzeit bei der Milchgewinnung gesenkt werden kann.

Tafel 2 enthält Ergebnisse von Störzeitanalysen verschiedener Messungen, die 1970 in Karussellmelkständen erfolgten. Diese Angaben weisen die gleiche Tendenz wie die Ergebnisse von Katzer und Ruppert /6/ auf.

Als diese Störungen analysiert wurden, wendete man nicht die oben beschriebene normative Umlaufzeit des Melkkarussells an. Die Umdrehungsdauer legte der Melkstand-

meister aufgrund seiner Erfahrung bei der täglichen Arbeit mit dieser Anlage fest. Es zeigte sich, daß oftmals eine in der Versuchsdurchführung vorgenommene Erhöhung der Umlaufzeit mit geringeren Störzeitanteilen einherging. Nachdem eine normative Umdrehungszeit errechnet worden war, verglich man Meßergebnisse mit normativer Umdrehungszeit und aus der Erfahrung angewendeter Umdrehungszeit (Tafel 3).

Bereits diese erste Analyse aus einer geringen Anzahl von Untersuchungen zeigt, daß allein infolge der Kalkulation einer dem Optimum genäherten Umlaufzeit eine höhere Verfügbarkeit ermittelt werden könnte. Die Ursache der Erhöhung der Verfügbarkeit liegt u. E. darin begründet, daß die Einteilung der Milchviehherde in Laktationsstadien und die Zuordnung entsprechender Umdrehungszeiten den Gegebenheiten für die notwendige Zeit zur Gewinnung des Maschinenhauptgemelks besser entsprach als die auf Erfahrungswerten beruhende Methode zur Einstellung der Umdrehungsdauer. Aus dieser besseren Abstimmung resultiert eine Senkung der Standzeiten, die entstehen, wenn bei einer Kuh zu Beginn der Nachbereitungsphase noch Zeit zur Gewinnung des Maschinenhauptgemelks erforderlich ist. Das Melkkarussell muß dann meistens angehalten werden. Im Prinzip wird damit für alle anderen Kühe die Aufenthaltsdauer auf dem Melkkarussell erhöht.

Ein Vergleich des mittleren Durchsatzes bei den zwei verschiedenen Methoden zur Einstellung der Umlaufzeit des Melkkarussells zeigt, daß er sich von 177 auf 190 Kühe je Stunde erhöht hat, wenn die normative Umdrehungsgeschwindigkeit angewendet wird.

Die Anteile der Störzeiten können Anhaltspunkte dafür geben, an welcher Stelle das Melkverfahren zu verbessern ist. Auffallend ragt der überwiegende Anteil der Standzeit zur Beseitigung funktioneller Störungen heraus. Es sind in erster Linie Störungen, die ihre Ursache in der Variation der Melkzeit innerhalb einer Tiergruppe haben. Obwohl für die Kalkulation der normativen Umdrehungszeit die Tiere in Laktationsstadien aufgeteilt wurden und damit die Maschinenhauptgemelksdauer dieser Stadien berücksichtigt werden konnte, ermöglichten es diese Durchschnittswerte nicht, den aus unterschiedlicher Melkzeit resultierenden Anteil an Störungen weiter zu senken. Eine Folge wäre, daß ein großer Anteil der Kühe wesentlich eher mit dem Maschinenhauptgemelk fertig wäre, als durch die Norm vorgegeben. Der Anteil an Standzeit würde damit zwar stark sinken, ebenfalls aber auch der Durchsatz. Die Bedeutung näherer Kenntnis der Variation der Melkeigenschaften ist damit erneut unterstrichen. Ebenso gilt die Forderung, diese Variation für industrieartige Verfahren einzuschränken. Bei dem derzeit gegebenen Tiermaterial ist zu überprüfen, ob es zweckmäßig ist, für die Kalkulation des Normumlaufs von der durchschnittlichen Zeit einer jeden Gruppe für das Maschinenhauptgemelk auszugehen oder eine Zeit als Grundlage zu nehmen, die über oder unter dem Durchschnitt liegt. Man sollte auch prüfen, ob es nötig ist, für die Tag- und Nachtschicht unterschiedliche Umdrehungszeiten anzuwenden. Es wäre festzustellen, ob für jede Herde die normative Umdrehungszeit besonders zu ermitteln ist.

Schlußfolgerungen

- Es wurde eine Methode gefunden; mit der die Verfügbarkeit als Wirksamkeitsparameter der Verfahren für die Milchgewinnung in Melkständen ermittelt werden kann. Die Untersuchungen zur Verfügbarkeit fanden ausschließlich während der Einsatzzeit der technischen Anlagen statt. Instandhaltungsarbeiten außerhalb der Einsatzzeit blieben unbeachtet.
- Die Methode hat den Vorteil, daß sie für alle Melkverfahren, d. h. sowohl für solche mit sich bewegenden Melkplätzen als auch für jene mit feststehenden Melkplätzen, anzuwenden ist. Die normative Umlaufzeit oder — bei feststehenden Melkplätzen — die „normative

Durchgangszeit“ einer Tiergruppe oder eines Tiers als Bezugsbasis ermöglichen eine solche Aussage.

- Bei Melkständen mit gruppenabhängigem Tierwechsel kann nicht die Melkzeit des Einzeltiers berücksichtigt werden. Es ist ein Mittelwert einer Kuhgruppe zu bilden, der sich zur Berechnung der Normumlaufzeit bzw. der „normativen Durchgangszeit“ eignet. Dabei ist zu beachten, daß eine Erhöhung der Verfügbarkeit immer mit der Steigerung des Durchsatzes einhergehen muß. Melkverfahren mit Einzeltierwechsel je Melkplatz könnten die Variation des Tiermaterials besser berücksichtigen als solche mit Gruppenwechsel.

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt eine Diskussionsgrundlage zur Auffindung und Anwendung von Kriterien zur Bewertung technologischer Verfahren unter industriemäßigen Bedingungen dar. Die Verfügbarkeit wurde als Kriterium für die Wirksamkeit technischer Arbeitsmittel im technologischen Prozeß untersucht. Dabei gelang es, eine Methode zu finden, die Verfügbarkeit für Melkstände zu ermitteln, erste Ergebnisse zu erhalten und Schlußfolgerungen zu treffen.

Literatur

- /1/ Weber, H.: Technologische Probleme der Verfügbarkeit landtechnischer Arbeitsmittel in der Pflanzenproduktion. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 1, S. 44—46.
- /2/ Rohde, M.; Kurz, Ch.: Probleme der Verfügbarkeit von Maschinen in der Pflanzenproduktion. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 8, S. 404—405.
- /3/ Kuse, G.: Beitrag zur Ermittlung der Verfügbarkeit von Dampfkraftwerken. Der Maschinenschaden 40 (1967), S. 212—217.
- /4/ Swirschtschewski, A. B.; Tatarenko, N. B.: Über den Verfügbarkeitskoeffizienten landwirtschaftlicher Maschinen, Traktoren und Landmaschinen (1969) H. 11, S. 23—26 (russisch)*
- /5/ Pietzsch, J.; Wille, K.: Die Verfügbarkeit technischer Arbeitsmittel in der Tierproduktion — ein Beitrag zur rationellen Nutzung bestehender Verfahren am Beispiel des Vergleichs der Melkkarussells M 690-16 und M 691-40. Diplomarbeit, Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Fachgruppe Technologie, 1974 (unveröffentlicht).
- /6/ Kater, F.; Ruppert, P.: Untersuchungen und Vorschläge für eine rationellere Gestaltung des Melkablaufs im Karussellmelkstand M 691-40. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 7, S. 355—358. A 9857

3. KDT-Lehrgang Mechanisierung der Pflanzenproduktion

Der Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der Kammer der Technik veranstaltet den „3. KDT-Lehrgang Mechanisierung der Pflanzenproduktion“ (Dauer 1 Woche) in 3 Durchgängen in der Zeit vom 24. November bis 12. Dezember 1975 an der Ingenieurschule für Landtechnik Nordhausen.

Das Ziel des 3. KDT-Lehrgangs besteht darin, die ingenieurtechnischen Kader, die auf den Gebieten Mechanisierung, Technologie und operative Leitung der industriemäßigen Pflanzenproduktion tätig sind, weiterzubilden.

Ausgehend vom gesellschaftlichen Entwicklungsprozeß in der Landwirtschaft erhalten die Teilnehmer Kenntnisse über den neuesten Stand der Mechanisierungsmittel, der dazu gehörigen Planungsmethoden und Anregungen zur operativen Leitung der Produktion.

Als Teilnehmer sind vorgesehen:

- Ingenieure für Mechanisierung der Kreisbetriebe für Landtechnik und der Räte der Bezirke
- Leiter der Ingenieurbüros für Mechanisierung
- Ingenieure für Mechanisierung, Technologen und Hauptdispatcher aus KAP, LPG und VEG Pflanzenproduktion
- Fachlehrer der Ingenieurschulen und anderer Fach- und Hochschulen.

Anmeldungen sind unter Angabe des gewünschten Lehrgangstermins zu richten an:

Kammer der Technik
 Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik
 1086 Berlin, Postfach 1315
 Telefon 2 20 25 31; Fernschreib-Nr. 011 4841