

Prozeßsteuerung in Rinderproduktionsanlagen¹⁾

Prof. Dr. agr. habil. Dr. h. c. R. Thurm, KDT

Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Die Entwicklung der Produktionsverfahren, der Gebäude und der technischen Ausrüstungen beeinflussen einander gegenseitig, wobei die Berücksichtigung der Ansprüche von Mensch und Tier Vorrang hat.

Die Entwicklung der Produktionsverfahren hatte das Ziel, schwere Handarbeit auf die Maschine zu übertragen, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen und die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Die wichtigsten Ergebnisse dieses Entwicklungsprozesses in der DDR-Rinderproduktion und international sind:

- Einführung der Melkanlage, Übergang zum Melken im Melkstand
- Entwicklung des Futtermittelverteilwagens, Einsatz von stationären Dosierern und Gurtbandförderern für die Fütterung
- Übergang zur strohlosen Haltung und Güllewirtschaft
- Übergang von der Anbindehaltung zur Laufstallhaltung
- Einführung der Schichtarbeit und der 5-Tage-Arbeitswoche auch in der Tierproduktion.

Diese Entwicklung vollzog sich nicht geradlinig, nicht frei von gegensätzlichen Auffassungen.

Die Milchproduktionsanlagen, die gegenwärtig vorrangig durch Rekonstruktion und Erweiterung entstehen, sind gekennzeichnet durch:

- Melken im Melkstand
- Futtermittelverteilung durch Futtermittelverteilwagen oder Gurtbandförderer
- strohlose Laufstallhaltung, Güllewirtschaft.

Ausnahmen davon ergeben sich, wenn eine vorhandene Bauhülle durch ihre Abmessungen zu anderen Lösungen zwingt. So läßt sich der Prozeß der Abführung der Exkremente nur bei strohloser Aufstallung mit Güllewirtschaft optimal steuern und mit minimalem Aufwand an lebendiger Arbeit realisieren. Die Menge an Tierexkrementen wird durch den Umfang der Tierproduktion bestimmt, nicht durch die Aufstallungsform. Die Güllemenge übersteigt den Anfall von Festmist und Jauche nur dann, wenn die Güllewirtschaft nicht optimal betrieben wird.

Die technische Entwicklung, die zur Mechanisierung der Hauptprozesse führte, kann im wesentlichen als abgeschlossen betrachtet werden, wobei natürlich ständig Verbesserungen und Weiterentwicklungen an den Maschinen und Ausrüstungen zur Erhöhung der Effektivität notwendig sind.

Grundlagen der Prozeßsteuerung in Rinderproduktionsanlagen

Die steigende Anzahl der je Arbeitskraft zu betreuenden Tiere, die Arbeitsteilung, die Schichtarbeit und der Übergang zur 5-Tage-Arbeitswoche auch in der Tierproduktion

führen dazu, daß von einer Arbeitskraft nicht immer eine bestimmte Tiergruppe überwacht und kontrolliert werden kann. Dadurch wurde es erforderlich, mit technischen Mitteln automatisch die Prozesse zu kontrollieren und schließlich zu steuern. Der erreichte Stand der Mikroelektronik und Mikrorechenstechnik macht das möglich und führt zu einer neuen Stufe der Mechanisierung und Automatisierung in der Rinderproduktion.

Die Effektivität der Tierproduktion wird hauptsächlich von der Leistung des Individuums beeinflußt, d. h. von dem durch die Züchtung erreichten Leistungspotential und dem Grad seiner Nutzung durch die optimale Umwelt sowie die Ver- und Entsorgung der Tiere.

Gegenstand der Prozeßsteuerung ist:

- Steuerung der Stoffwechselfvorgänge vor allem durch die Fütterung
- Steuerung des Reproduktionsgeschehens
- Steuerung der Prozesse der Versorgung, der Produktgewinnung und der Entsorgung
- Steuerung der Umwelt und des Stallklimas
- Kontrolle der Tiergesundheit
- Datenerfassung und -verarbeitung zur Kontrolle und Steuerung des Tierbestandes.

Die züchterischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte sind beträchtlich. Neue Möglichkeiten der Biotechnologie lassen in Kombination mit den traditionellen Methoden der Züchtung eine weitere wesentliche Leistungssteigerung erwarten. Dieses genetische Leistungsvermögen ist möglichst hoch auszunutzen. Darauf sind die Steuerungsmaßnahmen auszurichten [1]. Die Tierproduktion ist um so wirtschaftlicher, je höher die Leistungen der Tiere sind. Mit steigender Tierleistung erhöht sich der Wandlungswirkungsgrad von Futter in Tierprodukte, und der spezifische Futterenergieaufwand sinkt. Der spezifische Gesamtenergieaufwand einschließlich der vergegenständlichten Energie in Gebäuden und Ausrüstungen und auch die Kosten sinken mit steigender Tierleistung (Tafel 1). Die Arbeitsproduktivität wächst mit steigenden Tierleistungen.

Das begründet die Notwendigkeit, die Prozesse so zu steuern, daß möglichst hohe Leistungen erreicht werden. Wichtigste Bedingungen dafür sind die Bereitstellung hoch-

wertiger Futtermittel und die Zusammensetzung optimaler, leistungsabhängiger Futterrationen für die einzelnen Tiere bzw. die Tiergruppen. Die Fütterungssteuerung hat dabei so zu erfolgen, daß ein möglichst hoher Leistungsanteil durch die Grobfuttermittel erreicht wird.

Steigende Tierleistungen verlangen steigende Energiekonzentrationen in den Futterrationen und damit auch die Erhöhung des Konzentratanteils, wobei aber immer die Zielstellung zu beachten ist, den physiologisch maximal möglichen Anteil der Leistung durch Grobfutter zu erreichen. Dazu sind als Ausgangsgrößen im Steuerprozeß die Milchleistung und die Körpermasseentwicklung zu erfassen, die durch im Prozeß einzuordnende Milchmengenmeßgeräte [2] und Tierwaagen [3] ermittelt werden. Die Ergebnisse der Milchmengenmessung und der Lebendmassebestimmung im Laktationsverlauf werden zur Futterrationberechnung, zur Leistungsgruppenbildung und zur Fütterungssteuerung genutzt.

Die Leistungsgruppierung der Tiere unter Berücksichtigung der Milchleistung und der Körpermasseentwicklung ist Voraussetzung, um die Tiere leistungsgerecht mit Futter zu versorgen und Konzentrate gezielt einzusetzen. Liegt die Nährstoffversorgung unter dem für die Milchbildung erforderlichen Bedarf, so kompensieren die Kühe das durch die Umwandlung von Körperenergie. Das ist bei Hochleistungskühen in den ersten Laktationswochen unumgänglich, sollte aber 5 bis 7% der Körpermasse nicht überschreiten. Durch eine regelmäßige periodische Körpermassenkontrolle wird die Körpermasseentwicklung überwacht sowie durch die Energiezufuhr über das Futter gesteuert. Eine Energieunterversorgung über längere Zeit führt zu einem Leistungsrückgang. Daher ist die Milchbildung auf dem Umweg über die Körpermasse energiewirtschaftlich ungünstig.

Aus diesen Gründen ist anzustreben, die Körpermasse nur kurzzeitig für die Milchbildung in Anspruch zu nehmen. Eine Nährstoffunterversorgung über längere Zeit führt zu erheblichem Leistungsrückgang [4, 5, 6]. Kurzzeitige Schwankungen der Energieversorgung kann das Rind ausgleichen. Himmel [7] hält eine Abweichung zwischen der berechneten und der tatsächlichen Futterenergie-

Tafel 1. Energieaufwand in der Milchproduktion in Abhängigkeit von der Leistung

	Milchleistung in kg/Kuh · a		4 000		5 000		6 000	
	3 000	MJ/kg Milch	MJ/Kuh · a	MJ/kg Milch	MJ/Kuh · a	MJ/kg Milch	MJ/Kuh · a	MJ/kg Milch
Gebäude	840	0,28	920	0,23	1 000	0,20	1 080	0,18
Ausrüstung	1 360	0,45	1 490	0,37	1 620	0,32	1 750	0,29
Elektroenergie	6 000	2,00	6 600	1,67	7 200	1,44	7 800	1,30
festes Brennstoffe	7 000	2,33	7 000	1,75	7 000	1,40	7 000	1,17
Futter	14 350	4,78	16 450	4,11	18 550	3,71	20 650	3,44
Gesamtenergieaufwand	29 550	9,85	32 460	8,11	35 370	7,07	36 280	6,28
relativ	100	100	110	82	120	72	130	65

1) Bearbeitete Fassung eines Referats vom 3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium „Landwirtschaftlicher Anlagenbau – Mechanisierung und Automatisierung in der Tierproduktion“ am 18. und 19. Februar 1988

Tafel 2. Einfluß der Melk- und Fütterungsfrequenz auf Futteraufnahme und Milchleistung nach Meinhold [12]

	Melk- und Fütterungsfrequenz	
	2mal täglich	4mal täglich
Trocken- substanz- aufnahme kg/Kuh · Tag	15,6	16,6
relativ	100	106
Grobfutter- aufnahme kg/Kuh · Tag	10,5	10,8
relativ	100	103
Milchleistung kg FCM/Kuh · Tag	20,7	22,7
relativ	100	110

FCM fettkorrigierte Milch

giebereitstellung von $\pm 20\%$ für zulässig, wenn der Ausgleich an den Folgetagen vorgenommen wird. Eine Futterenergieüberversorgung ist bei Hochleistungskühen im ersten Laktationsabschnitt praktisch ausgeschlossen, führt über längere Zeit aber zu Körpermassезunahmen über das normale Maß, zu Störungen im Reproduktionsgeschehen und zu unphysiologischem sowie ökonomischem Konzentratfütterungsverbrauch.

Um hohe Leistungen mit ökonomischem Konzentratfütteraufwand zu erreichen, ist eine gute Abstimmung von Bedarf und Angebot des Futters erforderlich. Die jetzt gebräuchliche Volumendosierung des Grobfutters befriedigt nicht, da die Fehler bei der Futtermenge zu groß sind. Die ausgetragene Masse, besser noch die Trockenmasse, muß erfaßt und schließlich gesteuert werden.

Steuerung der Fütterung in Rinderproduktionsanlagen

Gegenwärtig werden Bandwaagen und mechanische sowie elektromechanische Waage-Dosierer-Kombinationen [8, 9, 10] im stationären System der Futterverteilung in Kombination mit Dosierern und Bandanlagen eingesetzt. Der Futtermittelverteilwagen benötigt ein internes Wägesystem.

Eine hohe Grobfutteraufnahme setzt eine hohe Grobfutterqualität und Futtermengen aus mehreren Grobfutterkomponenten voraus [11]. Beim stationären System der Futterverteilung wird aus den Rationskomponenten eine Mischration gebildet. Je Grobfutterkomponente ist dazu ein Dosierer erforderlich. Der technische Aufwand steigt mit der Anzahl der Grobfutterkomponenten je Ration. Das Steuerprogramm für die Dosierer ist so aufzubauen, daß über die Daten Milchmenge und Körpermasseentwicklung die Fütterungsgruppen berechnet, über das Programm „Rationsberechnung“ unter Berücksichtigung des Futtermittelvorrats die Rationen ermittelt und danach die Dosierer gesteuert werden. Die Futteraufnahme unterliegt sowohl tierseitig als auch fütterseitig vielen Einflüssen. Sie muß beobachtet und wenn nötig durch Eingriffe in das Steuerprogramm be-

rücksichtigt werden. Die Programme für die Steuerung der Dosierer müssen für den Dialogverkehr geeignet sein.

Beim mobilen System der Futterverteilung werden die Grobfutterkomponenten nacheinander verabreicht. Dadurch wird die Fütterungsfrequenz (Tafel 2) erhöht, und die Kosten für eine Futtermischanlage werden eingespart.

Die Konzentrate werden entsprechend der Leistung der Gruppe dem Grobfutter zugegeben. Das ist ernährungsphysiologisch optimal und führt zu einem geringeren technischen Aufwand als der Einsatz von Konzentratfütterabfautomaten. Die Ausrüstung einer industriemäßigen Rinderproduktionsanlage mit Konzentratfütterabfautomaten, die zu einer Zuordnung des Konzentrats zum Einzeltier in Teilgaben durch die automatische Erkennung des Einzeltiers und die Rechnersteuerung führt, verlangt ein zweites System der Futterverteilung im Stall. Nach jetziger Kenntnis ist das nicht gerechtfertigt [13]. Weitere Produktionsexperimente haben zu klären, unter welchen speziellen Bedingungen ein solches System geeignet ist. Gegenwärtig zeichnet sich ab, daß es für Gruppen frischlaktierender Kühe oder für kleinere Anlagen, in denen die Leistungsgruppierung nicht oder nur unzureichend möglich ist, günstig einsetzbar wäre.

Über die Kombination Melken und Konzentratfütterung – also über die Konzentratfütterung im Melkstand – sind während der Entwicklung unterschiedliche Auffassungen vertreten worden. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Aufenthaltsdauer im Melkstand nicht zur Aufnahme der für Hochleistungskühe erforderlichen Konzentratfüttermenge ausreicht und die Dosierung nicht automatisiert ist. Mit der Einführung der automatischen Tiererkennung läßt sich über einen Steuerrechner die Konzentratfüttergabe im Melkstand automatisieren und das Konzentrat vollständig oder zum Teil entsprechend der Leistung der einzelnen Kuh anpassen.

Im Zusammenhang mit der Automatisierung des Ansetzens der Melkzeuge und damit der Vollautomatisierung des Melkens ist der Einfluß der Erhöhung der Melkfrequenz auf die Leistung weiter zu untersuchen. Das führt zu neuen Überlegungen hinsichtlich der Koppelung von Melken und Konzentratfütterung.

Zur Verhaltens- und Gesundheitsüberwachung sind nach den jetzt vorliegenden Untersuchungsergebnissen die Bestimmung von Abweichungen der Milchmenge, die Messung der Körpertemperatur (über die Milchttemperatur im Melkzeugsammelstück), die Leitfähigkeit der Milch unterhalb des Melkbeckers und die Bewegungsaktivität, z. B. über einen Schrittzähler, geeignet. In Kombination ermöglichen diese Parameter Aussagen zur Brunst, zu Euterentzündungen und zu Stoffwechselstörungen.

Zusammenfassung

Die Mechanisierung der Hauptprozesse Füttern, Melken und Abführen der Exkremente hat zu einem starken Anstieg der Arbeitsproduktivität und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen in Rinderproduktionsanlagen geführt.

Die Effektivität der Milchproduktion wird vor allem durch die Höhe der Milchleistung bestimmt.

Hohe Leistungen erfordern die immer bessere Steuerung der Prozesse in Rinderproduktionsanlagen. Der Einsatz von Sensoren zur Datenerfassung, von Bürocomputern zur Datenverarbeitung und von Prozeßrechnern zur Steuerung sind Voraussetzungen zur weiteren Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen, zur besseren Ausschöpfung des genetischen Leistungsvermögens der Tiere und damit zur weiteren Verbesserung der Effektivität der Rinderproduktion.

Literatur

- [1] Fritzsche, J.; Thurm, R.: Mikrorechnergesteuerte Systemlösungen für die Produktionskontrolle und Prozeßsteuerung in Milchviehanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Fütterung. *agrartechnik*, Berlin 37 (1987) 2, S. 51–52.
- [2] Preuß, H.: Rechnergestützte Produktionskontrolle und -steuerung in der Rinderproduktion – Stand und Entwicklungstendenzen. Vortrag zum „3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium“ am 18. und 19. Februar 1988 in Dresden.
- [3] Lankow, C.: Technische Lösungen zur Lebendmassebestimmung. Vortrag zum „3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium“ am 18. und 19. Februar 1988 in Dresden.
- [4] Daenicke, R.; Lebziens, P.; Rohr, K.: Optimale Nährstoffkonzentration beim Wiederkäuer. Jahresbericht der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Völknerode (1974) S. G 75–G 76.
- [5] Herland, P. J., u. a.: The effect of individual versus group feeding on milk production and body weight in a free stall system (Effekte der individuell abhängigen Gruppenfütterung in der Milchproduktion und die Körpermasseentwicklung in der Laufstallhaltung). *Swedish journal of agricultural research* (1976) S. 47–53.
- [6] Rohrmoser, G.; Kirchgessner, M.: Milchleistung und Milchinhaltstoffe von Kühen bei energetischer Unterversorgung und anschließender Realimentation. *Züchtungskunde*, 54 (1982) S. 276–287.
- [7] Himmel, H.: Untersuchungen über den Einfluß der Verteilgenauigkeit von Futtermitteln für Milchkuhe. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Dissertation A 1975.
- [8] Klose, M.: Analyse möglicher Verfahren zur Ermittlung von Trockenmasse, Masse, Volumen und Schüttdichte von Futtermitteln. Vortrag zum „3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium“ am 18. und 19. Februar 1988 in Dresden.
- [9] Berg, W.: Massekontrollierte Grobfutterdosierung und -verteilung. Vortrag zum „3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium“ am 18. und 19. Februar 1988 in Dresden.
- [10] Kral, H.: Die Brückenwaage-Dosierer-Kombination – eine Rationalisierungslösung für die massekontrollierte Grobfutterverabreichung in der Rinderproduktion. Vortrag zum „3. Dresdener Landtechnischen Kolloquium“ am 18. und 19. Februar 1988 in Dresden.
- [11] Piatkowski, B.: Rinderfütterung. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1987.
- [12] Meinhold, K., u. a.: Die Bedeutung der vielseitigen Fütterung und der höheren Melk- und Fütterungsfrequenz für die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung. *Landbauforschung, Völknerode* (1976) Sonderheft 35, S. 1–59.
- [13] Scholz, W.: Untersuchungen zum leistungsbezogenen Konzentrateinsatz bei Milchkuhen in Laufstallanlagen. Institut für Rinderproduktion Iden – Rohrbeck, Dissertation 1985.

A 5262