

Zum Elektroenergieverbrauch in der industriemäßigen Milchproduktion

Dipl.-Ing. R. Borkmann, Zwischengenossenschaftliche Einrichtung Milchproduktion Jena-Eisenberg
TZL Dr. agr. M. Koallick/Dr. agr. R. Holke
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Bei der Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden in der Milchproduktion stehen der Ablösung handarbeitsintensiver Technologien erhebliche Steigerungen des Energiebedarfs gegenüber. Es wird mit einem Ansteigen des spezifischen elektrischen Anschlußwerts auf das Dreifache und des spezifischen Elektroenergieverbrauchs bis auf das Vierfache gegenüber herkömmlichen Technologien gerechnet [1]. Diese Tatsache zwingt zur Feststellung und Beseitigung unnötiger Energieinanspruchnahmen. Durch eine langfristig angelegte energiewirtschaftliche Prozeßanalyse wird am Beispiel einer Milchviehanlage (MVA) mit 1930 Tierplätzen gezeigt, welche Möglichkeiten der Energieeinsparung allein durch betriebliche Maßnahmen ohne Änderungen der Technologie bestehen.

1. Aufgabenstellung und durchgeführte Untersuchungen

Es bestand die Aufgabe, in einem Projekt-Ist-Vergleich den Elektroenergieeinsatz in der industriemäßigen Milchproduktion zu analysieren und die Richtigkeit der Projektwerte zu prüfen. Bei der Versuchsdurchführung ging es zunächst darum, den tatsächlichen Elektroenergieaufwand in einer MVA täglich zu erfassen, auszuwerten und hinsichtlich eines rationellen und effektiven Einsatzes mit Mitteln der sozialistischen Betriebsorganisation bei unveränderter Technologie zu beeinflussen. Die Untersuchungen erstreckten sich über vier Jahre. Während dieser Zeit war es möglich, in zwei nicht mit dem Kalenderjahr identischen Versuchsjahren umfassende Messungen durchzuführen, die wesentlich zur rationellen Energieanwendung im Untersuchungsbetrieb beigetragen haben.

Die untersuchte MVA wird seit dem Jahr 1977 bewirtschaftet. Gegenüber dem Angebotsprojekt hat sie ein geändertes Gülleentsorgungssystem [2], bei dem der elektrische Anschlußwert 99 kW unter dem Projektwert liegt. Weitere Abweichungen im Elektroenergieaufwand ergeben sich dadurch, daß die Hochsiloanlage in der Rechtsträgerschaft der Pflanzenproduktion liegt. Die Hochsiloanlage einschließlich der Außenfütterstrecke stellt einen gesonderten Stromkreis dar, der nicht in die Unter-

suchungen einbezogen wurde. Nach den durchgeführten Messungen muß für diesen Anlagenteil im Jahresdurchschnitt mit einem täglichen Aufwand von 116 kWh gerechnet werden. Zusätzlich zu den projektierten Anlagenteilen werden ein Verwaltungsgebäude, ein Werkstattgebäude mit Lager und eine Facharbeiterunterkunft mit Elektroenergie versorgt.

2. Elektroenergieverbrauch nach der Betriebsabrechnung

In der Betriebsabrechnung für Elektroenergie (Tafeln 1 und 2) wird deutlich, daß vom ersten Nutzungsjahr (1977) an die Elektroenergieinanspruchnahme geringer geworden ist und daß der spezifische Verbrauch bei steigender Milchleistung je Kuh eine sehr günstige Entwicklung genommen hat.

Der im Bild 1 dargestellte durchschnittliche tägliche Energieverbrauch im Zeitraum von vier Jahren zeigt eine allgemein fallende Tendenz mit sprunghaften Abweichungen nach oben und unten, die in vielen Fällen schwer zu begründen sind. Der niedrige Verbrauch im Januar und Februar 1977 erklärt sich aus dem noch nicht abgeschlossenen Aufbau der Herde mit laktierenden Kühen. Der strenge Wintereinbruch im Januar 1979 und das im Oktober 1979 begonnene innerbetriebliche Energiesparprogramm sind erkennbar. Dennoch folgen immer wieder Anstiege, die auf eine diskontinuierliche Inanspruchnahme zurückzuführen sind. Objektiv begründete Beziehungen des Elektroenergieverbrauchs zur Tageslänge, zur Außenlufttemperatur und zu anderen Faktoren lassen sich nicht nachweisen.

3. Ergebnisse spezieller Untersuchungen

Die diskontinuierliche Elektroenergieinanspruchnahme war Veranlassung, nach Schaffung entsprechender Voraussetzungen den Verbrauch ab 1. August 1978 zunächst ein Jahr lang exakt zu untersuchen (1. Versuchsjahr). Die gewonnenen Erkenntnisse führten zu einer innerbetrieblichen Energieordnung, deren Wirkung in einem 2. Versuchsjahr beobachtet wurde und eine Einsparung von 10,6 % brachte (Tafel 3).

3.1. Gesamtelektroenergieverbrauch

Eine hinsichtlich spezieller Einflüsse durchgeführte Analyse führte zu folgenden Ergebnissen [4]:

Einfluß des Monats

Nur in wenigen Extremfällen ergeben sich gesicherte Abweichungen einzelner Monate gegenüber allen übrigen Monaten eines Jahres (z. B. Oktober 1979). Objektive Ursachen sind nicht erkennbar, da sich diese Abweichungen von Jahr zu Jahr nicht wiederholen und diese wenigen Fälle mit Auswirkungen administrativer Maßnahmen oder extremer Witterungserscheinungen (Winter 1978/79) erklärbar sind.

Einfluß der Jahreszeit

Als jahreszeitliche Extreme wurden 12 vergleichbare Sommerwochen ($\bar{x} = 2945,4 \text{ kWh/d}$) 12 Wochen des Winters ($\bar{x} = 2953,5 \text{ kWh/d}$) gegenübergestellt. Hier zeigt sich keine Signifikanz. Offensichtlich wird die geringere Beleuchtungsinanspruchnahme während des Sommers durch einen höheren Verbrauch für die Stalllüftung kompensiert.

Einfluß des Wochentags

Die Wochenendtage liegen im Elektroenergieverbrauch gegenüber den übrigen Tagen der Woche wesentlich niedriger, was sich aus dem Arbeitsrhythmus der Normalschicht (Verwaltung, Technik, veterinärmedizinische Abteilung) erklärt.

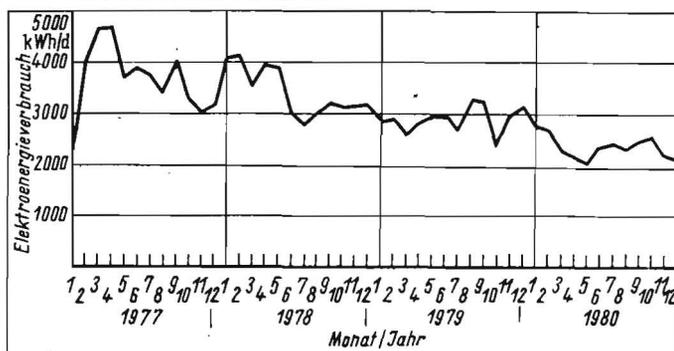
Einfluß des Tagesgangs

Die Höhe der Elektroenergieinanspruchnahme richtet sich nach Schichtrythmus und Tageszeit. Die bewußt niedrig angesetzten Leistungsanteile führten im Jahr 1980 zu einem „Herantasten“ an optimale Verbrauchswerte und sind seit diesem Zeitpunkt im Tagesgang nachweisbar (Tafel 4).

3.2. Elektroenergieverbrauch einzelner Prozeßabschnitte bzw. Stromkreise

Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen, ist es erforderlich, den Anteil einzelner Prozeßabschnitte am Elektroenergieverbrauch und den jeweiligen jahreszeitlichen Verlauf festzustellen. Wegen der Verkabelung der elektrischen

Bild 1. Durchschnittlicher täglicher Elektroenergieverbrauch einer 1930er-MVA im Zeitraum von 1977 bis 1980



Tafel 1. Elektroenergieverbrauch und -kosten nach der Betriebsabrechnung (absolute Werte)

Nutzungsjahr	Wirkstromverbrauch		Anteil Nachtstrom	Gesamtkosten (Arbeits- und Leistungspreis)	
	kWh/a	%		M/a	%
1	1 328 504	100,0	38,2	83 495	100,0
2	1 218 673	91,7	36,9	79 610 ¹⁾	95,3
3	1 061 151	79,9	35,3	73 784	88,3
4	878 710	66,1	36,3	59 900 ²⁾	71,3

1) Im Verlauf des Jahres erhöhte sich der monatliche anteilige Leistungspreis von 17,00 auf 18,70 M/kVA.

2) Umstellung der Leistungspreisberechnung auf „Großabnehmer mit Leistungsanteil“, Tarif GLL [3]

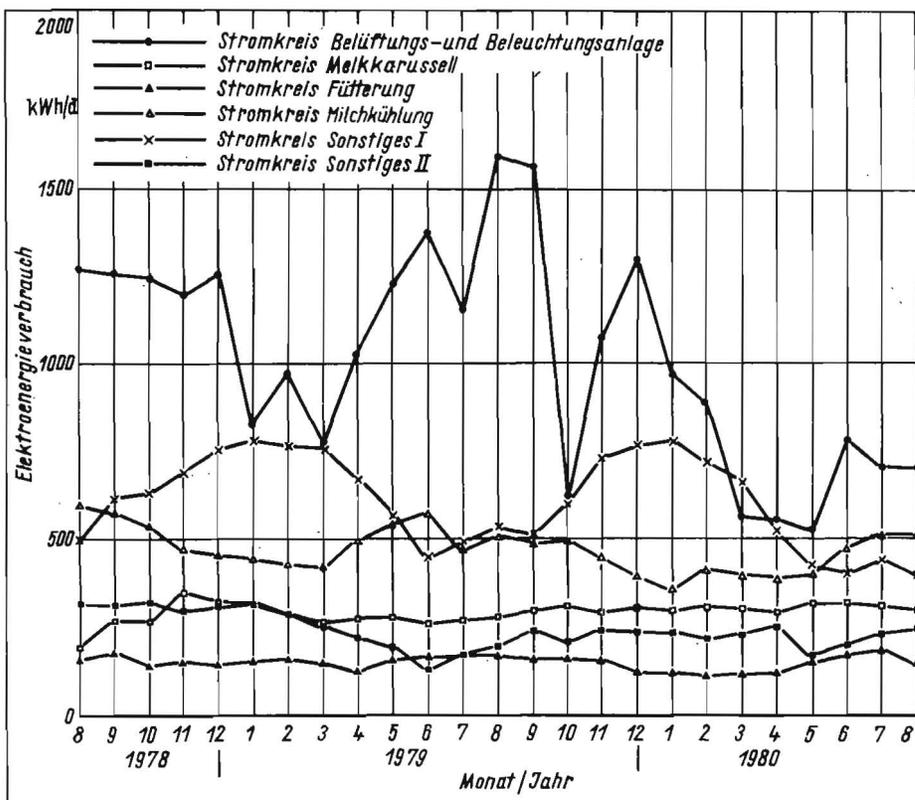
Tafel 2. Elektroenergieverbrauch und -kosten nach der Betriebsabrechnung (spezifische Werte)

Nutzungs-jahr	Verbrauch bzw. Kosten je Tierplatz (Tpl)			Verbrauch bzw. Kosten je 1 produzierter Milch		
	kWh/Tpl	a %	M/Tpl	kWh/t	%	M/t
1	689	100,0	43,30	184,0	100,0	11,55
2	632	91,7	41,30	151,0	82,1	9,85
3	550	79,9	38,30	126,0	68,5	8,75
4	456	66,2	31,07	97,5	53,0	6,64

Tafel 4. Höhe des Elektroenergieleistungsanteils und dessen Auslastung

Jahr	Monat	Leistungsanteilzeit morgens		Leistungsanteilzeit abends	
		Limit kWh/h	Auslastung %	Limit kWh/h	Auslastung %
1980	April	180	63	160	75
1980	Mai	180	50	160	55
1980	Juni	120	83	120	89
1980	Juli	120	91	120	86
1980	August	120	72	120	81
1980	September	120	85	120	89
1980	Oktober	130	82	130	62
1980	November	140	87	140	53
1980	Dezember	140	80	140	37
1981 ¹⁾	Januar	200	73	180	41
1981	Februar	140	77	140	52
1981	März	130	79	130	72

1) Der Energieversorgungsbetrieb setzte anstatt 140 kWh/h die Werte von Januar 1980 an.



Anlage der MVA war es nicht durchgängig möglich, die fünf zur Verfügung stehenden Elektrozweischenzähler so zu installieren, daß alle Prozeßabschnitte einzeln erfaßt werden konnten. Es bestehen folgende fünf Stromkreise, deren Verbrauch über zwei Versuchsjahre gemessen wurde:

- Belüftungs- und Beleuchtungsanlage im Kompaktbau
- Melkkarussell
- Futterdosier- und -verteilanlage
- Milchkühlung
- Kraftsteckdosenleitung, Güllepumpe am

Kompaktbau, Heizhaus, Sozialgebäude, Außenbeleuchtung (Sonstiges I). Nicht erfaßt wurden das Güllelager, das Verwaltungsgebäude, die Werkstatt im Schwarzbereich, das Pfortnerhaus mit Fahrzeugwaage sowie die Facharbeiterunterkunft. Dieser Verbrauch läßt sich als sechster Stromkreis (Sonstiges II) aus der Differenz zwischen dem Gesamtelektroenergieverbrauch und der Summe der o.g. 5 Stromkreise rechnerisch ermitteln (Bild 2). Eine varianzstatistische Auswertung des Elektroenergieverbrauchs dieser 5 Stromkreise weist auf folgende Schwerpunkte hin (Tafel 5):

Tafel 3. Gegenüberstellung des Gesamtelektroenergieverbrauchs in zwei Versuchsjahren

	Versuchsjahr 1	Versuchsjahr 2	rel. (Versuchsjahr 1 \geq 100%) %
	kWh/d	kWh/d	
Gesamtverbrauch	2956,3	2644,0	89,4
davon			
Tagstrom	1899,1	1681,1	88,5
Nachtstrom	1057,2	963,0	91,1

Bild 2 Elektroenergieverbrauch nach Prozeßabschnitten bzw. Stromkreisen

Stromkreis Belüftungs- und Beleuchtungsanlage

- Eine meßtechnische Trennung beider Systeme war nicht möglich.
- Die manuelle Steuerung der Lüftungsanlage (die automatische Steuerung des SL-Systems ist außer Betrieb) führt zu großen Schwankungen, die auch im Gesamtelektroenergieverbrauch nachweisbar sind.
- Administrative Maßnahmen, z. B. Außerbetriebnahme von Beleuchtungskörpern, sind erkennbar.
- Die Elektroenergieentnahme zeigt keinen Bezug zur Jahreszeit.

Stromkreis Melkkarussell

- Bei einem sehr ausgeglichenen Elektroenergieverbrauch zeigt sich keine Signifikanz zu den Jahreszeiten.
- Zwischen der ermolkenen Milchmenge und dem Elektroenergieaufwand besteht bei einer sehr ausgeglichenen Tagesproduktion über das gesamte Jahr kein varianzanalytischer Zusammenhang.

Stromkreis Futterdosier- und -verteilanlage

- Bei relativ gleichmäßiger Elektroenergieanspruchnahme ist der geringfügig höhere Verbrauch im Sommer infolge des volumin- und massereicheren Grünfutters gegenüber dem Verbrauch im Winter signifikant.
- Eine verringerte Anzahl von Teilgaben je Mahlzeit würde zwar den Elektroenergieaufwand etwas senken, wirkt aber einer maximalen Verabreichung von Grobfutter bei geringem Restfutteranteil entgegen und ist deshalb abzulehnen.

Stromkreis Milchkühlung

- Die Winterwerte sind gegenüber den Sommerwerten gesichert niedriger.
- Gesicherte Zusammenhänge bestehen zwischen der Außenlufttemperatur und dem Aufwand an Kühlenergie.
- Die Abweichung nach unten im Juli 1979 (Bild 2) wurde durch einen mehrtägigen Ausfall der Kühlanlage verursacht.

Stromkreise Sonstiges I und II

- Die jahreszeitlichen Unterschiede im Verbrauch werden durch die überwiegende Versorgung von Beleuchtungseinrichtungen mit Elektroenergie verursacht.

4. Schlußfolgerungen

Wie die Erfahrungen im Untersuchungsbetrieb und auch aus anderen MVA zeigen [5], sind die Fragen der rationellen Energieanwendung in erster Linie subjektiv bedingt und somit Leitungsfragen. Die Einbeziehung und verantwortungsbewußte Mitarbeit aller Werkstätigen führt zum Ziel. Die Arbeit mit Verbrauchsnormen bei konsequentem täglichen Ablesen der Elektrozähler (möglichst nach jedem Schichtende) und sofortiger Auswertung mit den Kollektiven verhindert jede unnötige Energieanspruchnahme. Entsprechend den Ergebnissen im Untersuchungsbetrieb wurden für die Lei-

Tafel 5. Varianzstatistische Verrechnung des Elektroenergieverbrauchs nach 5 Stromkreisen in kWh/d (n = 294)

Stromkreis	\bar{x}	max.	min.	S	S %
Belüftungs- und Beleuchtungsanlage	1 028,5	2 223,0	309,0	± 437,4	42,52
Melkkarusell	298,5	374,0	227,0	± 28,2	9,44
Futterdosier- und Verteilanlage	150,8	226,0	92,0	± 25,2	16,69
Milchkühlung	471,5	728,6	279,0	± 86,5	18,34
Sonstiges I ¹⁾	605,3	1 026,0	321,0	± 159,0	26,27
Summe ²⁾	2 554,8	3 555,0	1 602,0	± 473,9	18,55

1) Güllepumpe I, Heizhaus, Sozialgebäude, Kraftsteckdosen, Außenbeleuchtung

2) nur Summe der 5 Stromkreise, nicht der gesamten MVA; Stromkreis 6 (Sonstiges II) fehlt

Tafel 6. Vorgaben für den Elektroenergieverbrauch in den Leistungsanteilszeiten im Jahr 1981 nach [6]

Prozeßabschnitt bzw. Stromkreis	Sommer	Winter
	kWh/h	kWh/h
Futterdosierung und -verteilung	18	18
Milchgewinnung	20	20
Milchkühlung und -lagerung	26	26
Lüftung	4	4
Beleuchtung des Kompaktbaus	10	15
sonstige Verbraucher	22	37
Summe	100	120

Leistungsanteilszeiten im Jahr 1981 die in Tafel 6 zusammengestellten Vorgaben festgelegt.

Die günstigsten Möglichkeiten zur Energieeinsparung bestehen im Stromkreis Belüftungs- und Beleuchtungsanlage durch eine bewußte Fahrweise. Nach [7] werden in diesem Stromkreis allein mehr als 60% des jährlichen Elektroenergieverbrauchs benötigt.

In den Produktionssektionen kann auf jeden dritten Beleuchtungskörper verzichtet werden, wobei ein regelmäßiges Sauberhalten und Instandsetzen der übrigen Beleuchtungskörper zu sichern ist.

Die Verkabelungen der Beleuchtungseinrichtungen sind vielfach nicht auf den Arbeitsablauf abgestimmt und erzwingen unnötige Aufwendungen an Elektroenergie. Vorort-schalter sind besser als zentrale Schalteinrichtungen.

Die projektmäßig vorgesehene Zwangslüftung ist weitgehend durch die freie Lüftung bei geöffneten Toren zu ersetzen. Dazu und zur Fahrweise der Lüftung sind weitere Untersuchungen notwendig.

Elektrische Heizkörper sind weitgehend durch Nutzung der Warmwasserheizung bzw. durch Einsatz von Nachtspeicheröfen zu ersetzen.

Die Milch sollte mit Brunnenwasser vorgekühlt werden, soweit eine Wärmerückgewinnung noch nicht möglich ist.

Technologisch zeitunabhängige Prozesse sind nur außerhalb der Leistungsanteilszeiten, nach Möglichkeit nur in den Nachtstunden, zu betreiben, wie z. B. die Gülleentsorgung aus dem Kompaktbau, die Stalllüftung, das Reinigen mit Reinigungsgeräten und energieintensive Reparaturarbeiten.

Die Leistungsanteile während der Leistungsanteilszeiten ließen sich im Jahr 1980 unter Berücksichtigung des technologischen Ablaufs im Sommer von 180 auf 120 kWh/h und im Winter von 200 auf 140 kWh/h senken. Das ermöglichte allein eine Einsparung von 15 448 M. Ein weiteres Absenken wird angestrebt (Tafel 6). Das erfordert jedoch eine sehr strenge Disziplin in der Fahrweise der gesamten MVA.

Bezüglich des Ersatzes der Zwangslüftung durch die freie Lüftung sind im Untersuchungsfall keine negative Auswirkungen auf die Tierleistung nachweisbar. Korrosionsfördernde Einflüsse auf Bauwerk und Ausrüstung können bei zu starken Sparmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. Dazu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

5. Zusammenfassung

Im Beitrag wird über langfristige Untersuchungen zum Elektroenergieverbrauch in einer Milchviehanlage berichtet. Möglichkeiten der

rationellen Elektroenergieanwendung durch organisatorische Maßnahmen werden dargestellt. Im Verlauf von vier Wirtschaftsjahren konnte der tägliche Elektroenergieaufwand einschließlich der von der Pflanzenproduktion bewirtschafteten Hochsilobahn von 3 755,6 auf 2 516,7 kWh/d — um fast ein Drittel des ursprünglichen Aufwands — gesenkt werden. Somit wurde der projektierte Richtwert von 4 100 kWh/d für eine MVA mit 1 930 Tierplätzen [8] wesentlich unterschritten und ist dringend zu aktualisieren. Eine innerbetriebliche Energieordnung, die Aufnahme des rationellen Energieeinsatzes in den Wettbewerb und die Neuererbewegung gaben entscheidende Impulse.

Literatur

- [1] Grimmer, B.: Verfahrensgestaltung und spezifischer Aufwand an technischer Energie in der Rinderproduktion. *Tierzucht* 34 (1980) H. 11, S. 496—499.
- [2] Koallick, M.; Borkmann, R.: Geändertes Gülleentsorgungsverfahren in einer Milchproduktionsanlage mit 1 930 Tierplätzen. *agrartechnik* 32 (1982) H. 1, S. 14—16.
- [3] Elektroenergie-Tarif-Bestimmungen. VVB Energieversorgung Berlin 1980.
- [4] Beurteilungsgrundlagen industriemäßiger Rinderproduktion. FZM Schlieben/Bornim, Abschlußbericht 1980.
- [5] Billinger, K.: Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Bewirtschaftung der ZBE Kolochau. In: Protokoll über den 50. und 51. Zentralen Erfahrungsaustausch für Leitungskader 1980 in Dede-low (unveröffentlicht).
- [6] Borkmann, R.: Untersuchungen zum elektrischen Leistungsbedarf der 1930er Milchviehanlage Frauenprießnitz. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [7] Hanke, E.; Schupp S.: Energiewirtschaftliche Prozeßanalyse in einer Milchviehanlage. *agrartechnik* 29 (1979) H. 12, S. 558—560.
- [8] Nöhring, L.: Normative und Richtwerte der industriemäßigen Produktion von Milch. *Markkleeberg: agrabuch* 1979.

A 3503

Hinweis für unsere Leser im Ausland

Wir bitten alle Bezieher unserer Zeitschrift außerhalb der DDR, die Erneuerung der Abonnements für das Jahr 1983 rechtzeitig vorzunehmen.

Die Zeitungsvertriebsstellen Ihres Landes finden Sie auf Seite 476.

Redaktion agrartechnik