

Rationelle Energieanwendung bei der Klimagegestaltung in Pflanzkartoffel-ALV-Anlagen mit Behälterlagerung durch Anwendung der Kombinationslüftung

Dr.-Ing. H.-J. Hegner, KDT/Dozent Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT/Dipl.-Ing. P. Delmhorst, KDT Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR
Dr. K. Bittner, Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz der AdL der DDR
Staatl. gepr. Landw. G. Wittchen, VEB Ingenieurbüro der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg

Problemstellung

In Pflanzkartoffel-Behälterlagern ist vor allem die Qualität der eingelagerten Pflanzkartoffeln zu erhalten. Der energetische Aufwand beträgt derzeit bei ausschließlich technischer Belüftung über Horizontalschlitzwandlüftung oder über Wurflüftung rd. 73 % des Elektroenergieeinsatzes bei der Lagerung. Das sind rd. 35 % des Gesamtenergieeinsatzes bei der Lagerung bzw. rd. 3 % des Gesamtenergieeinsatzes für Feldproduktion und Lagerung.

Im vorliegenden Beitrag werden Vorschläge zur Senkung des Elektroenergieeinsatzes in Pflanzkartoffel-Behälterlagern unterbreitet.

Ergebnisse der Einführung der Wurflüftung und der Kombinationslüftung

Mit der Einführung des Zwangslüftungssystems der Wurflüftung in die Typenprojekte der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg konnten gegenüber der zuvor angewendeten Horizontalschlitzwandlüftung einige wesentliche Vorteile erreicht werden:

- Beibehaltung des spezifischen Energieanschlußwertes von ≤ 15 kW/kt
- Senkung des spezifischen Stahlaufwands von 7,32 auf 4,42 kg/t
- Senkung des spezifischen Investitionsaufwands von 44,10 auf 40,40 M/t.

Gleichzeitig konnten die geforderten Qualitätsparameter der Lagerung erreicht und überboten werden. Die dabei erzielten Energieeinsparungen waren noch nicht befriedigend. Deshalb wurde seit der Lagerperiode 1979/80 die Kombinationslüftung erprobt. Die Untersuchungen zu diesem Lüftungssystem wurden zunächst gemeinsam vom VEB Ingenieurbüro der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg, vom Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, vom Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz und von der LPG (P) Cobbelsdorf, Bezirk Halle, in der Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlage (ALV-Anlage) Cobbelsdorf (Baukonstruktion, neue Projektlösung der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg) durchgeführt.

Im folgenden Jahr wurden die Versuche in die ALV-Anlage Thießen, Bezirk Halle (Baukonstruktion, Typ 12 kt), verlagert. Ab 1981/82 konnte in fünf weiteren ALV-Anlagen eine Energieeinsparung von rd. 50 % gegenüber alleiniger technischer Lüftung nachgewiesen werden (Tafel 1).

Die Lagerungsverluste konnten ebenfalls noch geringfügig vermindert werden:

- Masseverlustsenkung (Masseanteil) 0,2 bis 2,2 %
- Fäuleverlustsenkung (Masseanteil) 0,7 bis 1,1 %.

Der Anwendungsumfang der beiden neuen Lüftungstechnischen Lösungen betrug im Herbst 1983 bei

- Wurflüftung 260 kt

- Kombinationslüftung 240 kt.
Man kann einschätzen, daß im Mittel der Jahre und im Durchschnitt aller ALV-Anlagen in der DDR eine Einsparung an Elektroenergie von 50 % erreichbar ist.

Analyse der erreichten Energieeinsparungen

In den einzelnen ALV-Anlagen und von Lagerperiode zu Lagerperiode besteht jedoch noch eine erhebliche Differenziertheit (Tafel 2). Die erzielten Ergebnisse weisen sehr unterschiedliche Einsparungen an Elektroenergie aus. Sie können nur z. T. auf unterschiedliche Lukenkonstruktionen und -größen zurückgeführt werden. Vielmehr liegen die Ursachen in dem von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort unterschiedlichen Witterungsverlauf, der sich auf die Effektivität der freien Lüftung unterschiedlich auswirkt. Erfahrungsgemäß dauert die Abtrocknung selbst in günstigen Erntejahren bei geringem Haftwasseranteil mit alleiniger freier Lüftung wesentlich länger als bei der Wurflüftung:

- Wurflüftung 2 bis 3 Tage
 - freie Lüftung 6 bis 7 Tage.
- Auch die Abkühlgeschwindigkeit bei freier Lüftung ist geringer als in Lagern mit technischer Lüftung.

Die Bewirtschafter vieler ALV-Anlagen setzen deshalb zur Abtrocknung und Abkühlung verstärkt die technische Belüftung ein. Damit können entsprechend den Witterungsbedingungen Abtrocknung und Abkühlung schnell und möglichst TGL-gerecht realisiert werden. Außerdem gelingt es, Partien mit erhöhtem Fäuleanteil durch erhöhten Lüftungsaufwand zu erhalten. Ist die angestrebte Lagertemperatur erreicht, nimmt der Anteil der freien Lüftung an der Klimatisierung zu.

Die Senkung des Lüftungsaufwands mit zunehmender Lagerdauer wird aus der Übersicht in Tafel 3 besonders deutlich.

Wirkungsweise der freien Lüftung

In einer Vielzahl von Lagerhäusern hat sich praktisch bestätigt, daß mit dem System der sog. freien Konvektionslüftung (FKL) nach Schierhorn [1] gute Überlagerungsergebnisse erreicht werden können. Die Vorteile dieses Systems bestehen vor allem darin, daß

- aufgrund seiner Einfachheit keine größeren Lüftungsfehler begangen werden können
- die Lüftung langfristig wirkt
- geringste Potentialdifferenzen zwischen Raum- und Außenluft nutzbar sind.

Als nachteilig sind zu nennen:

- verzögerte Abtrocknung und Abkühlung
- häufigeres Auftreten von Schwitzschichten
- Ausbildung von Temperaturschichtungen vor allem in Phasen mit geschlossenen Luken (Frostperioden).

Mit freier Lüftung allein ist es nicht möglich, die im Standard TGL 21240/04 [2] festgelegten Klimaparameter in den einzelnen Lagerphasen voll einzuhalten. Das ist durch die Wirkungsweise der freien Lüftung begründet. Bei Anwendung der freien Lüftung in Behälterlagern erfolgt der Wärme- und Stofftransport aus dem Lagerraum ausschließlich über in Deckennähe angeordnete Luken. In den hier beschriebenen ALV-Anlagen mit sehr großen Raumbereichen (Angebotsprojekte der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg) sollen die Luken möglichst den gesamten konstruktiv möglichen Freiraum zwischen Deckenunterkante und Behälterstapeloberkante nutzen. Der Luftwechsel und der Feuchte- sowie CO₂-Abtransport durch die Luken erfolgt über einen temperaturabhängigen Auftriebsmechanismus [3].

Ist die durch die Luken eintretende Luft kälter als die Raumluft, so „fällt“ sie bis zum Boden des Lagerraums und bewirkt eine Abkühlung der Kartoffeln von unten nach oben.

Ist die durch die Luken eintretende Luft wärmer als die Raumluft, so erfolgt im wesentlichen ein horizontales Durchströmen des Freiraums oberhalb der Behälter. Von den Kartoffeln werden dabei nur die obersten Schichten merklich erwärmt.

Dieser Strömungsmechanismus ist im Tages- und Nachtverlauf mit einer thermischen „Ventil-Wirkung“ vergleichbar. Berechnungen nach der Theorie der Auftriebslüftung über den Ansatz

$$P = g \Delta H \Delta \rho$$

zeigen, daß es theoretisch möglich ist, alle Wärme- und Stofflasten durch freie Lüftung abzuführen.

Der Stoff- und Wärmetransport durch Auftriebskräfte wird aber im wesentlichen durch die Geometrie des Behälterstapels selbst, d. h. durch den Anteil der Behälterzwischenräume an der Gesamtfläche, begrenzt.

Nicht alle Wärme- und Feuchtigkeitsmengen lassen sich durch freie Lüftung aus dem Raum selbst abführen. Vor allem im Zeitraum zwischen der Einlagerung und dem Erreichen der optimalen Lagertemperatur wird über den Behälterstapel streichende wärmere Luft benötigt, um die Feuchtigkeit abzuführen. Zeitweise ist auch ein verstärktes Abführen der Feuchtigkeit durch Windwirkung möglich.

Bei größeren Außenwindgeschwindigkeiten, die nahezu senkrecht ($\pm 15^\circ$) zur Luke stehen, können sich besonders in Lukennähe kurzfristig Raumströmungen ausbilden, die denen beim System der Wurflüftung ähneln. Allerdings fehlen in der Luke gegenüber dem Lüftungstutzen bei der Wurflüftung die als Treibstrahl wirkenden Kernzonen mit Geschwindigkeiten um 8 bis 10 m/s. Die Ausbildung einer walzenförmigen Raumströmung

Tafel 1. Vergleich des spezifischen Energieaufwands in kWh/t bei technischer Belüftung und Kombinationslüftung (Mittelwerte aller untersuchten Standorte)

	Lagerperiode		
	1980/81	1981/82	1982/83
Zwangslüftung	8,6	9,8	12,0
Kombinationslüftung	4,2	4,8	6,6
Einsparung in kWh/t	4,4	5,0	5,4
Einsparung in %	51	51	45

Tafel 3. Lüftungsaufwand in h in den einzelnen Monaten in einer ALV-Anlage (Lagerperiode 1980/81)

Variante	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Nov.-März
Wurflüftung	108	108	68	50	56	390
Kombinationslüftung	95	75	23	12	15	220
Einsparung in %	12	31	66	76	73	44

konnte in der Praxis wohl deshalb nicht beobachtet werden. Sie kann über die gesamte Raumtiefe nur erwartet werden, wenn sich die über die Luke zugeführte Außenluft unmittelbar hinter der Luke als ebener Halbstrahl an die Decke anlegt. Dies könnte bei entsprechenden Windrichtungen und Geschwindigkeiten nur in Ausnahmefällen auftreten. Stabile Raumströmungen, wie sie sich beim Einsatz technischer Lüftung ausbilden, können bei der freien Lüftung nicht auftreten, da die in der Lukenfläche herrschende mittlere Geschwindigkeit im Normalfall unmittelbar hinter der Luke (durch Erweiterung der zu durchströmenden Fläche) erheblich gesenkt wird.

Folgerichtig sinkt, hervorgerufen durch entsprechende Dichte- und Partialdruckunterschiede, die eintretende Luft nach unten, verdrängt die Luft in Bodennähe und setzt Auftriebskräfte in Gang, oder die wärmere Luft verdrängt unmittelbar die Luft über dem Behälterstapel. Bei größeren Außenluftgeschwindigkeiten wirkt der Raum zwischen Oberkante Behälterstapel und Unterkante Decke als Kanal. Somit kann bei entsprechenden Windgeschwindigkeiten in der Luke auch kältere Luft in Deckennähe tiefer in den Raum eindringen, bevor sie nach unten abfällt. Ein Teil des oberen Bereichs des Behälterstapels kann so direkt abgekühlt werden.

Man erkennt also, daß der Luftaustausch und der Feuchteabtransport während der gesamten Lagerperiode bei größeren Gebäudetiefen (> 36 m) überwiegend über einen temperaturabhängigen Auftriebsmechanismus – vom Wind lediglich unterstützt – bewerkstelligt wird.

Freie Lüftung und Außenklima

Die freie Lüftung kann im Rahmen der derzeitigen Grenzen durchaus ihren Beitrag zur rationalen Klimatisierung von Pflanzkartoffel-Behälterlagern leisten. Aufgrund der o. g. Wirkprinzipie dieser Lüftung ist ein bestimmter Witterungsverlauf (möglichst tägliche Schwankungen des Außenluftzustands um den Zustand der Kartoffeln) unabdingbare Voraussetzung für eine gute Überlagerung der Kartoffeln. Größere Außenluftgeschwindigkeiten und günstige Richtungen des Außenwindes können die Klimatisierung unterstützen. Wird der für die freie Lüftung notwendige Ablauf dadurch gestört, daß mehrere Tage hintereinander die Außenlufttemperatur ständig unter der Stapeltemperatur liegt, bleibt ein Abführen der Feuchtelasten aus dem oberen Bereich des Behälterstapels aus. Dies führt zur Bildung von Schwitzschichten, falls nicht gerade zufällig günstige Windbedingungen herrschen.

In den Wintermonaten und im zeitigen Frühjahr müssen die Luken häufig bei zu kalten Außenlufttemperaturen geschlossen gehalten

Tafel 2. Einsparung an Elektroenergie in % bei Anwendung der Kombinationslüftung in ausgewählten ALV-Anlagen im Vergleich zur reinen technischen Belüftung

ALV-Anlage	Lagerperiode	Elektroenergieeinsparung %
Cobbelsdorf	1981/82	49
	1982/83	67
Thießen	1981/82	50
	1982/83	33
Bad Döben	1981/82	40
	1982/83	17
Böhrendorf Dähre	1981/82	24
	1982/83	55
Lietzen	1981/82	32
	1982/83	34

ten werden. Da der Auftrieb auch bei geschlossenen Luken nicht vollständig unterbunden werden kann, sind dabei Temperatur- und Feuchteschichtungen möglich.

Ursache für den Auftrieb sind die stets vorhandenen Undichtigkeiten in der Bauhülle sowie Partialdruckunterschiede zwischen Behälter und Behälterzwischenraum zum Zeitpunkt des Schließens der Luken. Da in diesem Lagerzeitraum die Keimruhe der Pflanzkartoffeln bereits beendet ist, trägt dies zu einer Stimulierung der Keimbereitschaft in den oberen Behältern bei.

Im Mittel der Lagerperiode liegt die relative Luftfeuchtigkeit in Lagerhäusern, die ausschließlich mit freier Lüftung arbeiten, deutlich über 95 %, worin die häufig auftretenden Schwitzschichten im wesentlichen begründet sind [4].

Die Abtrocknung feucht eingelagerter Kartoffeln und die Rücktrocknung während der Lagerperiode feuchtgewordener Kartoffeln wird dadurch z. T. erheblich verzögert. Die durchgängig hohe Feuchte im Lagerraum wirkt sich auf die Turgeszenz der Knollen positiv aus, andererseits können naßfaule Kartoffeln aber nicht austrocknen und mumifizieren.

Technische Belüftung und Außenklima

Bei Anwendung eines in Effektivität und Gleichmäßigkeit hochwertigen Lüftungssystems (Horizontalschlitzwandlüftung, Wurflüftung) ist nur ein stundenweises Vorhandensein bestimmter Außenluftzustände bezüglich Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit notwendig. Das gilt für die gesamte Lagerperiode von der eigentlichen Wundheilung bis hin zur Rückkühlung und evtl. zur Rücktrocknung nach erfolgter Frühjahrsaufbereitung. Die Vorteile einer technischen Belüftung werden besonders in der ersten Phase der Wundheilung, der Abtrocknung, deutlich. Außenlufttemperatur, Außenwindgeschwindigkeit und Außenwindrichtung sind nicht von Bedeutung. Entscheidend ist

lediglich der absolute Wassergehalt der Außenluft. Er muß niedriger sein als der Wassergehalt der Luft, die die Kartoffeln umgibt. Dies ist bei frühen und mittleren Ernteterminen fast immer der Fall.

Vorteile der Kombination von technischer Belüftung und freier Lüftung

Mit der Kombination beider Klimatisierungsverfahren werden ihre jeweiligen Nachteile weitestgehend von den Vorteilen des anderen Verfahrens kompensiert.

Einige ausgewählte positive Aspekte des kombinierten Verfahrens sind:

- Beim Ein- und Ausstapeln entstehende Abgase werden mit der technischen Belüftung abgeführt.
- Die technische Belüftung sichert einen zügigen TGL-gerechten Abtrocknungsverlauf.
- Die freie Lüftung gewährleistet in der Phase der Wundheilung und in der ersten Phase der Abkühlung ein ständiges „Fließen“ von frischer Luft im Raum.
- Die technische Belüftung braucht in der Phase der Abkühlung und Hauptlagerung nur dann eingesetzt zu werden, wenn eine effektive Belüftung notwendig und möglich ist.
- Die freie Lüftung sichert ein Ausnutzen der weniger effektiven Enthalpiedifferenzen zur Klimatisierung des Lagerraums.
- Der Zeitanteil, in dem die Belüftungseinheit „dicht“ ist, wird erheblich reduziert. Vor allem in der einer Lüftungsaktivität vor- und nachgeschalteten Zeit sind die Luken außenlufttemperaturabhängig geöffnet. Vor einer Lüftungsmaßnahme wird damit die vorhandene Temperatur- und Feuchteschichtung bereits teilweise abgebaut, so daß mit Beginn der Belüftung mit Wärme und Feuchtigkeit angereicherte Luft nur z. T. durch die sich ausbildende Raumströmung in den Behälterstapel zurückgeführt wird. Mit Beendigung der Lüftungsaktivität bleibt ein Partialdruckgefälle zwischen Behälter und Behälterzwischenraum zurück. Wärme und Feuchtigkeit werden bis zum Potentialausgleich aus dem Behälter transportiert. Sind geöffnete Luken vorhanden, können diese Lasten zumindest teilweise noch aus dem Lagerraum abgeführt werden.
- Nach erfolgter Frühjahrsaufbereitung können die Kartoffeln, die bis zum Auspflanzen wieder zurückgestapelt werden müssen, im Rahmen der herrschenden Außenbedingungen zügig abgetrocknet und rückgekühlt werden.
- Die Kombinationslüftung kann auch in anderen Varianten als in der hier für Wiederverwendungsprojekte dargelegten Weise realisiert werden. Erfahrungen darüber liegen u. a. in den ALV-Anlagen Sanitz, Kröpelin und Bastorf vor [5].

Schlußfolgerungen

Bis zum Jahr 1980 wurden die Kartoffeln in den großen Pflanzkartoffel-ALV-Anlagen auf Behälterbasis ausschließlich mit den installierten technischen Belüftungssystemen (Horizontalschlitzwandlüftung bzw. Wurflüftung) klimatisiert. In kleineren Lagerhäusern fand seit 1975 die von Schierhorn entwickelte freie Konvektionslüftung zunehmend Verbreitung, bei der die Klimatisierung ausschließlich über in Deckennähe angeordnete Luken erfolgt.

Von seiten des Ingenieurbüros der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg, des Instituts für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz und des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim wurde seit etwa 1979 das Forschungsziel verfolgt, die Vorteile der freien Lüftung hinsichtlich der Energieeinsparung mit den Vorteilen der technischen Belüftung am Beispiel der Wurflüftung bezüglich Sicherheit der Klimagestaltung zu kombinieren (Kombinationslüftung).

Bereits im Jahr 1981 wurde in mehreren nach Projekten der VVB Saat- und Pflanzgut errichteten ALV-Anlagen mit der Einführung der Kombinationslüftung begonnen.

Die Wirksamkeit der freien Lüftung und die Effektivität der technischen Belüftung ist von der herrschenden Außenlufttemperatur und

Außenluftfeuchte abhängig. Bei stundenweisem Vorhandensein günstiger Außenluftzustände ist die Effektivität der Lüftungsmaßnahmen bei technischer Belüftung nur vom installierten Lüftungssystem und einer sachgerechten Bewirtschaftung abhängig. Bei alleiniger freier Lüftung ist eine erfolgreiche Klimatisierung wesentlich vom geordneten, sich im statistischen Mittel bewegenden Witterungsverlauf bezüglich Temperatur- und Luftfeuchte abhängig. Der herrschende Außenwind unterstützt bei entsprechenden Geschwindigkeiten und Außenwindrichtungen die Klimatisierung. Der positive Einfluß des Windes nimmt mit zunehmender Gebäudetiefe ab.

In Lagerhäusern mit mittig angeordneten Fahrgängen, vor allem mit tieferliegendem Fahrgang (12-kt-Projekt), wird aus strömungstechnischen Gründen (mehrfache Einschürnung und Erweiterung der durch Wind hervorgerufenen Strömung) eine ausreichende Durchströmung des Gebäudes mit freier Lüftung nicht erreicht. Bei allen Lagerhäusern, die nach Typenprojekten errichtet wurden, sollte deshalb die installierte Lüftung mit vorhandener Lufrate beibehalten werden.

Bei Neubauten und bei notwendig werden den Rekonstruktionsvorhaben kann beim Einsatz der Wurflüftung die Lufrate reduziert

werden. Durch die Reduzierung der installierten Lufrate ist neben der durch Einführung der Kombinationslüftung erreichten erheblichen Senkung der Betriebskosten auch eine Senkung der Investitionskosten möglich.

Literatur

- [1] Schierhorn, H.: 10 Jahre Anwendung der „Freien Konvektionslüftung“ – ein Lüftungsverfahren bei der Lagerung von Kartoffeln in Behältern ohne Einsatz von Ventilatoren. In: Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, Berlin 36 (1982) 9, S. 176–178.
- [2] TGL 21240/04 Saat- und Pflanzgut; Pflanzenproduktion; Lagerung in Lagerhäusern und belüftbaren Großmieten. Ausg. Sept. 1980, verbindl. ab 1. Juni 1981.
- [3] Delmhorst, P.; Günzel, W.; Hegner, H.-J.; Maltry, W.: Klimatisierung in ALV-Anlagen für Kartoffeln und Gemüse. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, Berlin 21 (1983) 12.
- [4] Hanke, H.; Gall, H.: Langjährige Erfahrungen bei der rationellen und qualitätsgerechten Lagerung von Pflanzkartoffeln in der Kühlung. Landwirtschaft, Berlin 23 (1982) 7, S. 319–322.
- [5] Hegner, H.-J.; Maltry, W.; Bittner, K.; Knöbbe, E.; Schopp, R.: Rationelle Energieanwendung bei der Belüftung von Kartoffel-Behälterlagern. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 11, S. 500–501.

A 4137

Rechnergestützte Elektroenergie-disponierung in Anlagen der Tierproduktion

Dozent Dr. sc. techn. P. Oberländer, KDT/Dipl.-Ing. M. Oertel
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

1. Problemstellung

Die Landwirtschaft steht beim Bezug von Elektroenergie innerhalb der Bereiche der Volkswirtschaft der DDR an dritter Stelle, wobei die Tierproduktion mit 60 % des landwirtschaftlichen Gesamtbezugs besonders energieintensiv ist. Die Zuwachsraten des Elektroenergiebezugs liegen in der Landwirtschaft dreimal höher als die im volkswirtschaftlichen Durchschnitt [1].

Die bestehenden Milchviehanlagen, in denen Untersuchungen zum Elektroenergiebezug durchgeführt wurden, unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer Größe, sondern auch nach den angewendeten Technologien der jeweiligen Teilprozesse und dem damit verbundenen Grad sowie der Art der Mechanisierung und Automatisierung. Dementsprechend unterschiedlich sind die maximalen Leistungsansprüche (25 kW \leq P_{max} \leq 500 kW). Im Vergleich zu industriellen Großbetrieben ist die maximale Leistungsansprüche P_{max} in Milchviehanlagen um den Faktor 10² bis 10³ kleiner, so daß die absolute Senkung des Leistungsanteils in industriellen Großbetrieben durch eine rechnergestützte Elektroenergie-disponierung (EED) [2] größer als die gesamte Leistungsansprüche in der jeweiligen Tierproduktionsanlage sein kann. Eine EED ist wegen der großen Anzahl von Tierproduktionsanlagen dennoch sinnvoll. Die am Beispiel von Milchviehanlagen in diesem Beitrag vorgestellten Überlegungen las-

sen sich prinzipiell auch auf andere landwirtschaftliche Anlagen anwenden.

Die Leistungsansprüche \bar{P} in Milchviehanlagen ändert sich im Tagesverlauf unterschiedlich (Bilder 1 und 2) [3, 4], wobei der Grad der Schwankungen mehr von den angewendeten Technologien bzw. von den elektrotechnischen Betriebsmitteln und weniger von der Anlagengröße beeinflusst wird. Bedingt vor allem durch die elektroenergieintensive Technologie der Gülleverarbeitung in der untersuchten 1930er-Milchviehanlage, lassen sich zwischen den über jeweils eine Stunde gemittelten Werten für die Leistungs-

ansprüche \bar{P} während der Kontingenzzeiten (z. B. 7 bis 10 Uhr und 16 bis 19 Uhr) größere relative Unterschiede als zwischen denen des gesamten Tages bzw. der Restzeit erkennen.

Dementsprechend verschieden sind die Werte für die Standardabweichung s_i und den Variationskoeffizienten v_i, die sich aus den Abweichungen der stündlichen Mittelwerte der Leistungsansprüche vom Mittelwert \bar{P} des jeweiligen Betrachtungszeitraums (Tag, Kontingenz-, Restzeit) berechnen lassen (Tafel 1). Die Lastgangkurven bei der Anlagen entstanden aus der Mittelwert-

Bild 1
Leistungsbedarf einer 1930er-Milchviehanlage:
1 Lüftung, 2 Belüftung, 3 Melken/Milchlagern, 4 Füttern, 5 Entmischung/Güllebearbeitung, 6 Nebenanlagen

