

Rationelle Energieanwendung in einer Milchviehanlage – Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung und des Einsatzes von Wärmepumpen

Dipl.-Ing.-Ök. G. Kretschmer, KDT, Rat des Bezirks Dresden, Abt. Landwirtschaft
Dipl.-Ing.-Ök. H. Purwins, KDT, VEB Kombinat Landtechnik Dresden
Ing. S. Hofmann, KDT, VEB Landtechnischer Anlagenbau Dresden, Sitz Radeberg

1. Luftwechsel – ein Energie- und Umweltproblem

Der Luftwechsel, d. h. die Zufuhr von Frischluft bei gleichzeitiger Absaugung der mit Schadstoffen angereicherten und somit verbrauchten Raumluft, ist aus hygienischen und technologischen Gründen erforderlich. In Tierproduktionsanlagen zwingen vor allem hygienische Gründe zum Luftwechsel, da in diesen Anlagen bestimmte optimale Temperaturen und Luftfeuchtebereiche eingehalten werden müssen und Schadgaskonzentrationen in festgelegten Grenzen zu halten sind.

Die zu fördernden Frischluftströme sind meist sehr groß und werden außer durch Raumgröße und klimatische Bedingungen vor allem durch die Tierart, die Tierkonzentration und durch die Art der Aufstallung sowie durch die technologische Bewirtschaftung der Anlage bestimmt. In modernen Tierproduktionsanlagen kommen deshalb bis zu 50 % des gesamten Elektroenergiebedarfs für den Antrieb der Zwangsbelüftungsanlagen zum Einsatz. Dieser Energieverbrauch ist zu senken, wobei die für die jeweiligen Räume geforderten Klimaparameter einzuhalten sind.

2. Heizung in Tierproduktionsanlagen – technologisches Erfordernis und Energieproblem

In den Anlagen der Tierproduktion besteht ein technologischer Bedarf an Wärme, z. B. für Aufgaben der Reinigung, der Erwärmung des Futters oder auch für den sozialen Teil der Anlagen. Diese Wärme wurde bisher teilweise durch Ölf Feuerungsanlagen, durch elektrische Direktheizungen oder auch durch Kohlefeuerungsanlagen erzeugt. Andererseits ist bekannt, daß jeder Organismus infolge der physiologischen Vorgänge – also auch das Tier – Eigenwärme erzeugt und Energie an die Umgebung abgibt. In Rinderanlagen beträgt diese Eigenwärmeerzeugung je kg Tiermasse bis zu 2 W, die in Form sensibler und latenter Wärme mit der Lüftung an die Außenatmosphäre abgegeben wird. Für diese Wärmeabgabe an die Außenatmosphäre wird meist Elektroenergie für die Lüfterantriebe eingesetzt. Im Interesse einer rationellen Energieanwendung steht vor der Volkswirtschaft i. allg. und vor der Landwirtschaft im besonderen die Aufgabe, durch eine energetische Rationalisierung und durch die Nutzung von Anfallenergie den Primärenergieverbrauch einzuschränken. Eine derartige Zielstellung ist in der Tierproduktion durch energetische Kopplungen mit Abwärmeströmen der Stallkomplexe und Produktionsstätten sowie mit anderen Umweltenergieträgern möglich.

3. Energieträgerumstellung in der Milchviehanlage (MVA) Borda

Im Zuge der Energieträgerumstellungsmaßnahmen machte sich auch die Umrüstung

der Ölf Feuerungsanlage der MVA Borda der LPG Melaune, Bezirk Dresden, auf den Einsatz von heimischen Energieträgern erforderlich. Entsprechend der Zielstellung der LPG Melaune sollten dabei alle Möglichkeiten des Anfalls von Sekundärenergie geprüft und Voraussetzungen zu deren Nutzung geschaffen werden. Bei der Energieträgerumstellung in der MVA Borda stand also die Aufgabe, die Abwärme aus der Tierproduktionsanlage sowie andere Umweltenergieträger mit sehr niedrigem Temperaturniveau durch den komplexen Einsatz von Wärmepumpen auf ein für die Produktionsanlage erforderliches Heiztemperaturniveau umzusetzen.

3.1. Ausgangsbedingungen

Die MVA Borda hat eine Kapazität von 1 816 Kuhplätzen sowie 250 Kälberplätzen. Die Anlage gliedert sich wie folgt:

- 5 Produktionsställe mit je 320 Plätzen einschließlich Futterhaus und zentralem Verbinderbau
- 1 Reproduktionsstall mit 216 Plätzen
- 1 Kälberstall
- 1 Melkhaus mit Nebenräumen
- 1 Heizhaus
- 1 Pförtnergebäude
- 1 Sozialkomplex mit 2 Nebenräumen.

Die tägliche Milchproduktion der Anlage liegt bei 19 000 bis 20 000 kg. Die MVA hat eine Wasserförderung aus Tiefbrunnen einschließlich Wasseraufbereitung und beliefert auch die etwa 4 km entfernt liegende Molkeerei mit Wasser. Außerdem gehört zur Anlage eine eigene Transformatorenstation mit einer Ausgangsleistung von 630 kVA.

Der Energiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung betrug bei einer Außenlufttemperatur von -15°C etwa 660 kW. Zur Deckung dieses Energiebedarfs stand bisher das Heizhaus mit 3 Heizkesseln GK 72, ausgerüstet mit Ölbrennern vom Typ „Solar“, zur Verfügung. Der jährliche Verbrauch an Heizöl der Sorte HE-C lag bei 210 t. Aufzeichnungen der Anlage zeigen, daß bei Außenlufttemperaturen von -10°C aus den Ställen noch Abluftströme mit Temperaturen von 15°C gemessen wurden. Die Temperaturen im Tagesgüllesammelbecken betragen auch im Winter noch 10 bis 15°C . Darüber hinaus weist die meteorologische Statistik für dieses Gebiet folgende Werte aus:

- unter -10°C
5 Tage im Jahr
- zwischen -10°C und -5°C
12 Tage im Jahr
- zwischen -5°C und 0°C
38 Tage im Jahr.

3.2. Technische Lösungsvariante der Energieträgerumstellung

Auf der Grundlage einer Projektstudie [1] und der sich während der Bearbeitung ergebenden Erkenntnisse wurde die Aufgabenstellung durch den VEB Landtechnischer An-

lagenbau (LTA) Dresden und die Zwischenbetriebliche Landbaugemeinschaft Görlitz erstellt. In der Aufgabenstellung wurde nachgewiesen, daß zunächst durch bauphysikalische Maßnahmen der Heizenergiebedarf auf 560 kW gesenkt werden kann und die Heizlast wie folgt zu decken ist:

- 230 kW aus der Stallabluft durch den Einsatz von 2 Wärmepumpen KWS 125
- 115 kW aus der Gülle durch den Einsatz einer Wärmepumpe KWS 280
- 145 kW aus dem Grundwasser durch den Einsatz einer Wärmepumpe KWS 280
- 80 kW aus der Wärmerückgewinnung aus der Milch einschließlich der Abwärme der Zellenverdichter für die Vakuumierung des Melkprozesses.

Daraus ergibt sich ein Heizenergieangebot von 570 kW. Nach erfolgter Inbetriebnahme des neuen Heizungssystems und nach Abschluß der energetischen Rationalisierung zeigte sich, daß zur vollen Sicherung der Beheizung nur noch 345 kW erforderlich sind.

Durch Veränderung der Volumenströme kann nun aus der Gülle und aus dem Grundwasser jeweils eine Heizleistung von 150 kW gewonnen werden. Da der Gülleanfall die Einsatzzeit dieser Wärmepumpe auf 12 h/d begrenzt, wurde entschieden, daß grundsätzlich am Tage – also wenn eine entsprechende Besetzung der MVA gesichert ist – der Wärmeentzug aus der Gülle erfolgt. Ist eine durchgehende Beheizung notwendig, erfolgt in den Nachtstunden der Wärmeentzug aus dem Grundwasser, und eine entsprechende Wärmespeicherung kann für den Tagesbedarf in der Gülle erfolgen. Damit ist gleichzeitig eine Havarielösung beim Ausfall einer Wärmepumpe KWS 280 gegeben.

Aufbauend auf der o. g. Aufgabenstellung wurden die Projektierung, die Investitionsvorbereitung und die Realisierung der Energieträgerumstellung vom VEB LTA Dresden sowie von den Landbaubetrieben der Kreise Görlitz (bautechnischer Teil) und Niesky (heizungstechnischer Teil) durchgeführt. Für den maschinentechnischen Teil der Wärmepumpenanlage einschließlich des Primärenergiekreislaufs wurde die Hauptauftragnehmerschaft durch den VEB LTA Dresden wahrgenommen.

3.3. Lösungsweg zur Sicherung des Brauchwassers und des Heizenergiebedarfs

3.3.1. Warmwassererzeugung (Brauchwasser)

Der Bedarf an Brauchwasser für den melktechnischen und sozialen Teil der Anlage wird über die installierte Wärmerückgewinnungsanlage aus der Milchkühlung nach dem Wiederverwendungsprojekt R-12-EWS-Anlage (System „Lüssow“) gewonnen. Dazu wurde die veraltete Kühlanlage auf der Basis von NH_3 durch die o. g. R-12-Anlage mit wassergekühlten Kondensatoren ersetzt. Das

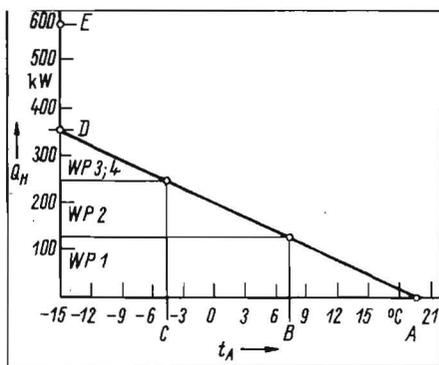


Bild 1. Heizleistungsbedarf und Zuschaltpunkte der Wärmepumpen (WP) bei der Mitteltemperaturheizanlage;
 A: WP 1 KSL 125; $Q_H = 115$ kW, Laufzeit ≤ 24 h/d
 B: WP 2 KSL 125; $Q_H = 115$ kW, Laufzeit ≤ 24 h/d
 C: WP 3 1KWS 280 (Gülle); $Q_H = 150$ kW, Laufzeit ≤ 9 h/d und WP 4 1KWS 280 (H_2O); $Q_H = 150$ kW, Laufzeit ≤ 9 h/d
 D: Heizleistungsbedarf bei einer Außenlufttemperatur von -15 °C
 E: Heizleistungsbedarf vor der Rekonstruktion

erzeugte Brauchwasser wird mit einer Temperatur von 45 bis 48 °C gespeichert und von den einzelnen Verbrauchern nach Bedarf abgezogen.

Zusätzlich werden je Melkperiode etwa 1 100 l Brauchwasser mit einer Temperatur von 65 °C aus den 5 Zellenverdichtern VKZ 60/140 über 2 Wärmerückgewinnungsbaugruppen gewonnen und dem Speicher zugeführt. Diese Wärmerückgewinnungsbaugruppen für Zellenverdichter wurden inzwischen in mehr als 100 Einsatzfällen nachgerüstet. Ihre Entwicklung und Fertigung erfolgte als montagefähige Baugruppen im VEB LTA Dresden.

In der MVA Borda arbeitet die Anlage zur Wärmerückgewinnung aus dem Melkprozess seit November 1982 mit Erfolg und könnte im Sommerhalbjahr noch mehr als den Bedarf des melktechnischen und sozialen Teils der Anlage mit Warmwasser abdecken. Im Winterhalbjahr erfolgt eine zusätzliche Warmwasserbereitung über das Heizungssystem.

3.3.2. Stallabluft als Heizquelle

Als erste Wärmequelle für die Heizenergiebereitstellung wird die Abluft von 2 Produktionsställen mit je 320 Tieren genutzt. Je Stall werden etwa 20 000 m³/h Stalluft abgezogen und jeweils einem Kältesatz KSL 125 zugeführt. Diese Kältesätze vom VEB Mafa Halle sind als Kühlaggregat bekannt und wurden bisher in Obst- und Gemüselagern eingesetzt. Hinsichtlich ihrer Funktion im Anwendungsfall Borda übernehmen diese Aggregate nach geringen technischen Veränderungen Heizungsaufgaben. Sie haben das Wärmepotential der Abluft zu nutzen. Unter Zuführung von Verdichterarbeit wandeln diese Aggregate den Energieinhalt der Abluft mit einer Temperatur von etwa 15 °C in Energie in Form von Warmwasser für Heizungszwecke mit einem Temperaturniveau von etwa 48 °C um. Damit wird ein Niedertemperaturheiznetz beim Einsatz von 2 Kältesätzen KSL 125 bis zu Außenlufttemperaturen von etwa -5 °C betrieben. Die Abluft der Ställe wird

unter Einsatz eines Axialventilators LANN 1000 (7,5 kW) über eine installierte Luftförderleitung, die an der Dachstufe des Stalls angeordnet ist, abgesaugt und der Wärmepumpe KSL 125 zugeführt.

Bauseitig wurde für die Wärmepumpen und die Axialventilatoren jeweils an den Stirnseiten der Ställe ein Anbau errichtet. Die Abluft wird den Wärmepumpen über die Axialventilatoren und die vorgeschalteten Metallfilter zugeführt. Über die wassergekühlten Kondensatoren sind die Wärmepumpen, d. h. die KSL 125, in das Heizungssystem eingebunden. Die damit erreichte Luftwechselrate von etwa 62,5 m³/h und GV (Großvieheinheit) liegt unter den Forderungen des Standards TGL 29084, ist aber unter Berücksichtigung der vorhandenen meteorologischen Bedingungen vertretbar. Die vorhandenen Dachlüfter werden im Heizbetrieb abgestellt, die Öffnungen durch Jalousien verschlossen.

Die Umfunktionierung des Kältesatzes KSL 125 für Heizungsaufgaben unter Nutzung aggressiver Stallabluft stellt die Korrosionsbeständigkeit der Verdampferblöcke in Frage. Deshalb ist die Erprobung von Verdampferblöcken mit zusätzlichem Korrosionsschutz – z. B. Isolierlack – vorgesehen.

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit dem vom Hersteller original gelieferten verzinkten Verdampferblöcken zeigten jedoch nach einer Betriebsdauer von mehr als 2 000 h (Ende 1983) noch keinerlei Veränderungen. Die Ergebnisse im Einsatz der KSL 125 als Wärmepumpe verdeutlichen, daß die konzipierte Heizleistung erreicht wird. So ergeben die Messungen in der MVA Borda eine mittlere Vorlauftemperatur von $t_v = 44,3$ °C und eine mittlere Rücklauftemperatur von $t_r = 36,6$ °C. Die mittlere Förderleistung der Umwälzpumpe beträgt 12 m³/h je Aggregat. Die Stallfortlufttemperatur sinkt dabei im Mittel um $\Delta t = 7,7$ K. Damit werden Leistungszahlen, bezogen auf die Verdichterleistung, bis 3,1 erreicht.

Beachtet man jedoch die notwendige Elektroenergie für die Lüftung der Ställe und stellt die Lüfterantriebsenergie ebenfalls in Rechnung, dann ergeben sich Leistungszahlen von rd. 2,5.

3.3.3. Heizung bei tieferen Außenlufttemperaturen

Mit dem Kältesatz KSL 125 lassen sich jedoch infolge des Kältemittels R 22 nur Vorlauftemperaturen von max. 50 °C erreichen. Diese Vorlauftemperaturen reichen bei dem installierten Heizungssystem bis Außenlufttemperaturen von etwa -5 °C (Punkt C im Bild 1).

Deshalb wurden zusätzlich 2 Wärmepumpen KWS 280 mit dem Kältemittel R 12 installiert, die mit dem Heizungsstrom des KSL 125 in Reihe geschaltet wurden. Als Wärmequelle für diese Wärmepumpen KWS 280 wird die Gülle bzw. das Grundwasser genutzt. Die Wärmerückgewinnungsanlage für die Gülle besteht aus dem Gülleumpumpensystem im Bereich der Tagesgüllebehälter und dem Sekundärkreislauf für das Wärmeträgermedium zur Speisung der 1. Wärmepumpe KWS 280. Als Wärmeträgermedium wurde hier ein frostbeständiges Glykol-Wasser-Gemisch gewählt.

Für den Wärmeentzug aus der Gülle wurde ein Doppelrohrsystem installiert. Es ist vorgesehen, hier noch versuchsweise ein Plattenwärmetauschersystem zu erproben, das

unter Nutzung verfügbarer EDV-Programme berechnet wurde. Bisher konnte mit dem Doppelrohrsystem und bei einem Trockensubstanzgehalt der Gülle von etwa 6 % und einem Güllevolumenstrom von 17,0 m³/h eine Senkung der Gülletemperatur um $\Delta t = 5,5$ K erzielt werden. Das entspricht einem Energieentzug von etwa 104 kW und einem Heizenergiegewinn von 150 kW. Damit werden Leistungszahlen – unter Beachtung der Antriebsleistungen der Güllepumpen – von 2,4 realisiert. An der Verbesserung der Leistungszahl muß weiter gearbeitet werden, obwohl diese Heizlast nicht während der gesamten Heizperiode benötigt wird (Bild 1, Punkte C bis D). Die 2. Wärmepumpe KWS 280 wird mit der Wärmequelle Grundwasser betrieben.

Die Wärmequellenrohrleitungstrasse für das Grundwasser wurde in die vorhandene Hydrophoranlage vor dem Belüftungsbehälter eingebunden. Das Grundwasser wird damit um $\Delta t = 6,0$ K zurückgekühlt, was für den Betrieb der Anlage unter Beachtung der wenigen Einschalttage nicht von wesentlicher Bedeutung ist. Der Energieentzug beträgt im Wasserstrom des Grundwassers ebenfalls 104 kW, der Heizenergiegewinn auch 150 kW.

3.4. Fahrweise der Heizungsanlage

Wie bereits dargelegt, sind die Kältesätze KSL 125 bei erreichbaren Vorlauftemperaturen von max. 50 °C mit den Wärmepumpen KWS 280 in Reihe geschaltet. Bis zu Außenlufttemperaturen von etwa -5 °C wird mit dem KSL 125 das Heiznetz als Niedertemperaturheiznetz gefahren. Erst nach Unterschreitung der o. g. Temperaturgrenze erfolgt im Umschaltzeitpunkt -5 °C die Zuschaltung der KWS 280 entweder mit dem Heizmedium Gülle oder Wasser und die Umstellung des Niedertemperaturheiznetzes auf Mitteltemperaturheiznetz. Die Wärmepumpen arbeiten dann auf einen Mitteltemperaturspeicher (z. Z. noch nicht realisiert). Derzeit wird direkt auf das Mitteltemperaturheiznetz gearbeitet. Das vorhandene Heiznetz ist zu diesem Zweck über Vorlaufverteiler und Rücklaufsammler gesplittet. Die Ansteuerung der Wärmepumpen KWS 280 erfolgt in der festgelegten Rangfolge – am Tage über das Medium Gülle, nachts über Grundwasser – in Abhängigkeit vom Temperaturniveau des Rücklaufsammlers. Die Leistungsregelung erfolgt über die Vorlauftemperatur mit Hilfe von Stellgliedern und Programmschaltern in Abhängigkeit von der jeweiligen Außenlufttemperatur. Die einzelnen Mitteltemperaturheiznetze lassen sich bei Bedarf drosseln bzw. auch abstellen. Mit diesem Regime können die Wärmepumpen geregelt werden, wobei die Leistungsstufen der Wärmepumpen (Zylinderabschaltung) in Abhängigkeit von den jeweiligen Außenlufttemperaturen vorgewählt werden. Die Umwälzpumpen werden über Temperaturregler in Abhängigkeit von der Raumtemperatur angesteuert. Sind die Umwälzpumpen nicht in Betrieb, wird solange Speicherbetrieb gefahren (nach Errichtung des Speichers), bis über den Temperaturfühler des Speichers dessen Füllung gemeldet wird und die Wärmepumpen außer Betrieb gesetzt werden.

3.5. Havarielösung für die MVA Borda

Da während der Umstellungsmaßnahme auch in der MVA Borda das Heizöl bereits im Jahr 1982 abzulösen war, wurde parallel zur

Installation der Wärmepumpen die vorhandene Ölheizanlage auf Vorfeuerungsanlagen vom Typ „Affalter“ umgerüstet. Diese Vorfeuerungsanlagen sind von der Funktion her Schwelbrenner. In ihnen können alle brennbaren Stoffe zum Einsatz kommen. In der MVA Borda wurde Rohbraunförderkohle vorgesehen. Diese Anlage ist funktionstüchtig und arbeitet auf das vorhandene Heiznetz. Die Inbetriebnahme ist in kürzester Frist möglich. Sie wird – da die Wärmepumpenanlage als Prototypanlage projektiert und gebaut wurde – als Havarielösung bestehen bleiben. Bisher arbeiten jedoch alle Stufen der Wärmepumpenanlage problemlos.

Die Wärmerückgewinnung aus der Milch und aus den Zellenverdichtern erfolgt seit November 1982, das Niedertemperaturheiznetz mit dem KSL 125 zur Nutzung der Stall-

abluf ist seit April 1983 in Betrieb. Die Inbetriebnahme der Wärmepumpen KWS 280 erfolgte Anfang Oktober 1983. Seit diesem Termin ist der vollständige Heizbetrieb über Wärmepumpen gesichert.

4. Zusammenfassung

Der Luftwechsel in Anlagen der Tierproduktion ist aus hygienischen und technologischen Gründen notwendig. Mit diesem Luftwechsel werden Mengen an Energie an die Atmosphäre abgegeben, und für den Luftwechsel müssen bis zu 50 % des Elektroenergiebedarfs der Tierproduktionsanlagen aufgewendet werden.

Am Beispiel der Energieträgerumstellung in der MVA Borda, Bezirk Dresden, wird dargestellt, wie mit Hilfe von Wärmepumpen die in der Stallluft enthaltene sensible und la-

tente Wärme für Heizzwecke genutzt werden kann.

Neben der Nutzung der Stallabwärme wird im Beitrag weiter ausgeführt, wie neben der absoluten Senkung des Heizenergiebedarfs durch bauphysikalische Maßnahmen weitere Anfallenergiequellen, wie die Milchwärme, die Abwärme der Vakuumpumpen, die Gülle und das Grundwasser, zur Deckung des Energiebedarfs genutzt werden. Damit wird ein Beispiel der komplexen energetischen Rationalisierung gegeben.

Literatur

- [1] Heinrich, G.: Projektstudie zur komplexen Nutzung von Anfallenergiequellen. Technische Universität Dresden, Sektion Energieumwandlung, 1982.

A 4001

Sparsame Warmwasserverwendung – eine wichtige Voraussetzung für die effektive Abwärmenutzung bei der Milchkühlung

Dr. agr. E. Kaiser/Dipl.-Agr.-Ing. C. Pflug, Institut für Rinderproduktion Iden-Rohrbeck der AdL der DDR

Die durch den X. Parteitag der SED beschlossene ökonomische Strategie für die 80er Jahre erfordert, den spezifischen Verbrauch an Rohstoffen und Energie wesentlich zu senken. Dabei rücken mehr und mehr auch solche Rohstoffe in den Vordergrund, denen bis vor kurzem in vielen Bereichen der Volkswirtschaft noch sehr wenig Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Dazu gehört auch kaltes und warmes Wasser. Seine rationelle Verwendung ist in Milchviehanlagen (MVA) aus folgenden Gründen durchzusetzen:

– Wasser wird in hochindustrialisierten und dicht besiedelten Ländern zunehmend knapp. In einem hydrologisch durchschnittlichen Jahr wird das natürliche Wasserdargebot in der DDR zu 44 % genutzt, in einem Trockenjahr aber schon zu 90 % [1].

– Die Erzeugung von Warmwasser (WW), das im Produktionsprozeß von MVA für Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen sowie für die soziale Betreuung der Werktätigen benötigt wird, erfordert bei z. T. schlechtem Wirkungsgrad der Energieumwandlungsanlagen einen hohen Energieaufwand. Für die Bereitstellung von 1 m³ Trinkwasser werden rd. 0,65 kWh Elektroenergie aufgewendet [1]. Um 1 m³ Wasser von 8 auf 50 °C zu erwärmen, müssen > 10 kg Braunkohlenbriketts oder rd. 45 kg Rohbraunkohle verbrannt werden.

– Die Lagerung und Ausbringung der durch große Mengen kaltes und warmes Wasser stark verdünnten Gülle oder Jauche erfordern hohe materiell-technische Vorleistungen, einen hohen Energieaufwand, Arbeitszeit und Kosten.

Ergebnisse wasserwirtschaftlicher Prozeßanalysen

Die Ergebnisse wasserwirtschaftlicher Prozeßanalysen [2, 3] zeigen, daß die Wasserentnahme durch die rationelle Verwendung von Wasser im Produktionsprozeß auch bei Einhaltung der hygienischen und produktions-

technischen Erfordernisse gesenkt und damit der Gülleanfall bei steigendem Trockensubstanzgehalt reduziert werden können. Diese Schlußfolgerung gilt ganz besonders für warmes Wasser. Die im Bild 1 dargestellten Ergebnisse verschiedener Autoren zur Warmwasseraufbereitung in einigen MVA mit prinzipiell gleichen Verfahrenslösungen zeigen die Reserven, die in den Anlagen mit hohen Entnahmemengen bestehen. Alle Werte wurden auf eine einheitliche Vorlauftemperatur von 50 °C umgerechnet. (Das gilt auch für alle weiteren Angaben zur Warmwasserent-

nahme und zum -bedarf, sofern nichts anderes vermerkt ist.)

Die Differenzen in der Höhe der Warmwasserentnahme von Anlage zu Anlage resultieren aus Unterschieden in der Anlagenbewirtschaftung. Aus den Ergebnissen der wasserwirtschaftlichen Prozeßanalysen wurden Normative zum Warmwasserbedarf abgeleitet und in den Entwurf des Standards TGL 28761/02 (Rationelle Wasserverwendung in der Tierproduktion; Milchproduktion) aufgenommen.

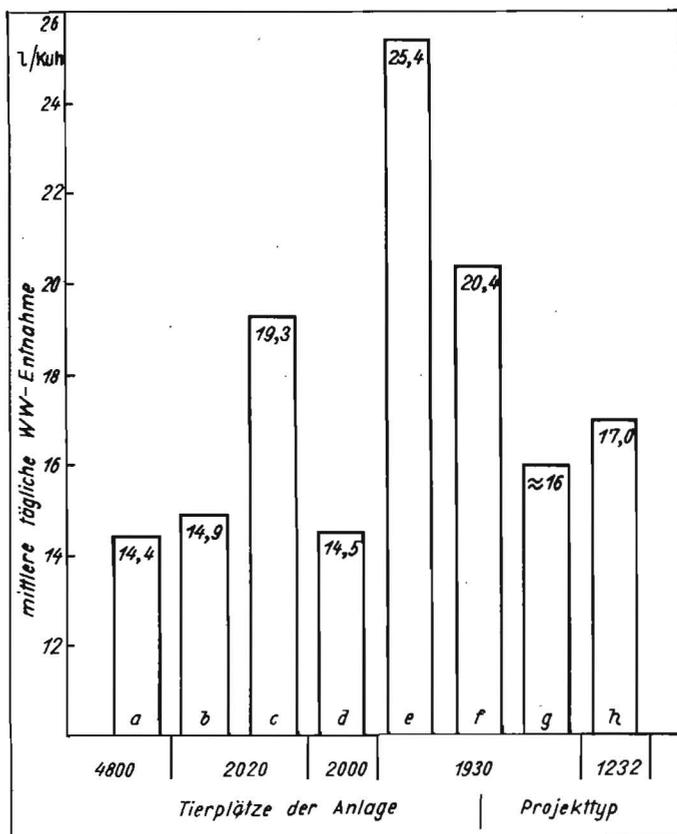


Bild 1
Mittlere tägliche Warmwasserentnahme (Wassertemperatur 50 °C) von Milchviehanlagen; e nach [3], g nach [4], c, d, f nach [5], a, b, h nach [6]