

Ermittlung technisch-ökonomisch begründeter Brennstoffverbrauchsnormen auf der Grundlage einer Wärmebedarfsrechnung

Dipl.-Ing. M. Rettig, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

Verwendete Formelzeichen

\dot{B}_a	jährlicher Brennstoffbedarf
\dot{B}_d	täglicher Brennstoffbedarf
\dot{B}_h	stündlicher Brennstoffbedarf
c_{pw}	spezifische Wärmekapazität des Wassers
H_u	Heizwert des Brennstoffs
K_H	Heizkennziffer
K_v	Korrekturfaktor des Wärmeenergiebedarfs bei Heizunterbrechung
M	Heizflächenexponent
n	Anzahl der Temperaturgruppen
n_D	Anzahl der Duschen
n_K	Anzahl der zu betreibenden Kessel
P_H	Höchstlast des Wärmeenergieverbrauchers
P_{BB}	Kesselleistung beim Einsatz von Braunkohlenbriketts
P_{max}	maximaler Anschlußwert der Wärmeenergieverbraucher
P_R	realer Anschlußwert der Wärmeenergieverbraucher
P_{RB}	Kesselleistung beim Einsatz von Rohbraunkohle
P'	spezifischer Anschlußwert je Dusche
P''	Wärmeleistung je Heizkörperglied
Q_{bu}	Wärmebedarf bei durchgehendem Heizbetrieb
Q_u	Wärmebedarf bei unterbrochenem Heizbetrieb
\dot{Q}_a	erforderliche außen-temperaturabhängige Wärmeleistung
\dot{Q}_K	erforderliche konstante Wärmeleistung für die Gebrauchswarmwasserbereitung
q_N	genormte Wärmeleistung von Heizkörpergrößen
t_a	Außentemperatur
$t_{a,m}$	mittlere Außentemperatur
$t_{a,min}$	minimale Außentemperatur
t_i	Raumtemperatur
$t_{i,m}$	mittlere Raumtemperatur
t_k	Kaltwassertemperatur
t_m	Mischwassertemperatur
Δt_m	mittlere Übertemperatur des Heizmediums
$\Delta t_{m,N}$	Übertemperatur des Heizmediums bezogen auf genormte Temperaturwerte
t_R	Rücklauftemperatur
t_v	Vorlauftemperatur
t_w	Warmwassertemperatur
\dot{V}_D	Warmwasservolumenstrom
Z	Dauer einer Heizperiode
z	tägliche Betriebsdauer der Heizungsanlage
Z_s	Stunden des Spitzenbedarfs
ϵ	Korrekturfaktor des Wärmeenergiebedarfs in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Außentemperatur und Innentemperatur
η_K	Kesselwirkungsgrad
ϱ_w	Dichte des Wassers
φ	Gleichzeitigkeitsfaktor

1. Problemstellung

Zur Ermittlung der effektiven Fahrweise der Heizungsanlagen werden technisch-ökonomisch begründete Energieverbrauchsnormen herangezogen. Diese Normative für den rationalen Einsatz von festen Brennstoffen, deren Erarbeitung, Anwendung und Einhaltung einen Schwerpunkt der Planung und Leitung der betrieblichen Energiewirtschaft bilden, werden auch zur schnellen Erkennung von Fehlerquellen, zur Einsparung von Brennstoffen

sowie zur Führung und Abrechnung des sozialistischen Wettbewerbs genutzt. Nachfolgend wird über die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Fahrweise von Heizungsanlagen auf der Basis fester Brennstoffe berichtet. Dazu erfolgt die Analyse und Berechnung des Wärmebedarfs am Beispiel der Heizung (Gliederkesselanlage) einer Tierproduktionsanlage.

2. Wirkungsgrad und Auslastungsgrad von Kesselanlagen

Die Wirtschaftlichkeit der Fahrweise von Kesselanlagen drückt sich im energetischen Wirkungsgrad, der Umwandlung des Brennstoffs in Wärmeenergie, aus.

Die einzelnen Arten der festen Brennstoffe unterscheiden sich hinsichtlich Kohlenstoffgehalt, Wassergehalt, Korngröße und damit in ihrem Brennverhalten erheblich. Neben der Art der Lagerung ist der Einsatz der Brennstoffe entscheidend für den Wirkungsgrad der Verbrennung. Neben der Brennstoffeffektivität ist der Wärmeerzeuger (Gliederkessel) selbst ein weiterer Wirtschaftlichkeitsfaktor. Der durch den Hersteller vorgegebene optimale Wirkungsgrad kann nur durch entsprechende Bedienung und Wartung sowie durch die ständige Beobachtung und Kontrolle der Heizungsanlage erreicht werden.

Eine weitere wichtige Einflußgröße auf den Wirkungsgrad der Kessel ist ihr Auslastungsgrad. Nach [1] ergeben sich optimale Wirkungsgrade in Gliederkesseln bei Auslastungsgraden von 50 bis 60%.

3. Möglichkeiten zur Erhöhung des Auslastungsgrads im Schwachlastbetrieb

Eine Möglichkeit zur Erhöhung des Auslastungsgrads ist die *Rücklaufbeimischung*. Dabei wird bereits abgekühltes Rücklaufwasser regelbar in den Vorlauf eingeleitet und somit die Vorlauftemperatur der entsprechenden Außentemperatur angepaßt. Der Kesselkreislauf kann mit einer höheren Temperatur gefahren werden, als sie für die Erzeugung von Gebrauchswarmwasser unbedingt notwendig ist, ohne die Ställe, Sozial- und Nebenräume zu überheizen. Die Gefahr der Unterschreitung des Wasserdampftaupunkts in den Rauchgasen wird eingeschränkt und einer Versottung des Schornsteins und der kühleren Kesselwände vorgebeugt [2].

Eine weitere Möglichkeit bietet der *Anschluß eines separaten Kessels kleinerer Leistung*, der im Sommerbetrieb den Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung absichert.

Beim Einsatz mehrerer Gliederkessel müssen diese entsprechend der Außentemperatur gestaffelt betrieben werden, d. h., mit steigender Außentemperatur nimmt die Anzahl der im Einsatz befindlichen Kessel ab.

Ist die Kesselanlage trotz Zuschalten aller Heizkreise nicht optimal ausgelastet, so besteht die *Möglichkeit des Anschlusses eines oder mehrerer zusätzlicher Wärmeabnehmer* an den

Heizkreislauf. In vielen Tierproduktionsbetrieben existieren aufgrund von Rationalisierung, Rekonstruktion und Erweiterung mehrere Heizstellen. Zur Einsparung dieser Heizstellen ist es sinnvoll, alle *Abnehmer in einen Gesamtkreislauf einzubeziehen*. Neben effektiver Brennstoffeinsparung ergibt sich eine Verminderung des innerbetrieblichen Transports und des Arbeitskräftestundenaufwands. Die Arbeitsbedingungen werden verbessert, und der Kesselauslastungsgrad wird erhöht.

4. Berechnung des Wärmeenergiebedarfs

4.1. Ausgangspunkt und Vorgaben

Die Berechnungen wurden am Beispiel der Zwischengenossenschaftlichen Einrichtung Schweine-Zucht- und Mastanlage (SZMA) Hoyerswerda, Bezirk Cottbus, durchgeführt [3].

Ursache für Wärmeverluste beim Betrieb von Heizungsanlagen ist u. a. die ungenügende Abstimmung zwischen dem Wärmeenergiebedarf der Abnehmer und der Leistung der Heizungsanlage. Deshalb ist diese dem Wärmeenergiebedarf der Abnehmer in Abhängigkeit von der Außentemperatur anzupassen. Die Berechnung erfolgt analog einem Beispiel des VEB Energiekombinat Berlin zur Ermittlung der wirtschaftlichen Fahrweise einer Niederdruck-Dampfheizung [1].

4.2. Leistung der Wärmeerzeuger und Berechnung der Anschlußwerte

Die Leistung der Wärmeerzeuger ist entsprechend der Art des eingesetzten Brennstoffs den technischen Daten der Kessel zu entnehmen. Beim Einsatz von Zusatzrosten und verschiedenen Brennstoffen ergeben sich die in Tafel 1 dargestellten Ergebnisse. Grundlage für die Berechnung der Anschlußwerte ist die Einhaltung der in den Standards (TGL 29084 Stallklimagestaltung; TGL 32603 Arbeitshygiene, Klima am Arbeitsplatz) und Richtlinien geforderten Raumtemperaturen.

Wärmebedarf für die Gebrauchswarmwassererzeugung

Häufig gibt es in den Anlagen der Tierproduktion neben der zentralen Warmwasserbereitung für den Sozialbereich dezentrale elektrische Geräte zur Warmwasserbereitung für technologische Zwecke.

In diesem Fall kann der spezifische Anschlußwert P' über die Leistung der Duschen nach den Gln. (1) und (2) ermittelt werden:

$$P' = \dot{V}_D c_{pw} \varrho_w (t_w - t_k) \quad (1)$$

$$P_{max} = P' n_D \quad (2)$$

Übernimmt die zentrale Warmwasserbereitung die Versorgung der gesamten Anlage, sind alle Verbraucher entsprechend dem projektierten Anschlußwert zu summieren.

Zur Bestimmung des Gesamtwarmwasserverbrauchs und zur Kontrolle der Verbrauchsmengen kann jedem Betreiber empfohlen

Tafel 1. Versuchsergebnisse am Gliederkessel GK 71-180 (nach[4])

Rostart	Brennstoff	Heizwert des Brennstoffs MJ/kg	Leistung rel. ($Q_{\text{nenn}} \cong 100\%$) %	η_k %	Zug- stärke Pa
Normalrost	BB ¹⁾	18,76	138	70	77
	BB/RBK ²⁾ (S) Sorte 8 (Mischungsverhältnis 1:1)	14,84	82	51	76
Auflagerost	BB/RBK (F) Sorte 5 (Mischungsverhältnis 1:1)	15,01	70	67	79
	RBK (F) Sorte 5	11,26	40	50	80
Auflagerost und Dachrost	RBK (S) Sorte 8	10,93	70	58	80
	RBK (F) Sorte 5	8,95	42	58	56

1) BB Braunkohlenbriketts, 2) RBK Rohbraunkohle

Tafel 2. Faktor ϵ in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außentemperatur (nach[1])

Temperaturdifferenz ($t_i - t_a$) K	ϵ
6	1,026
7	1,013
8	1,000
9	0,987
10	0,974
11	0,961
12	0,948
13	0,935
14	0,922
15	0,910
16	0,896
17	0,883
18	0,870
19	0,858
20	0,844
21	0,832
22	0,819
23	0,806
24	0,793
25	0,780
26	0,767
27	0,754
28	0,741
29	0,728
30	0,715
31	0,702
32	0,689
33	0,676
34	0,663
35	0,650

werden, in die Kaltwasserzulaufleitung zu den Warmwasserbereitern eine Volumenstrommeßeinrichtung (z. B. Woltmanzähler) einzubauen.

Wärmebedarf für die Raumheizung

Die Anschlußwerte der Raumheizung werden durch Aufmessung der einzelnen Heizkörpergrößen ermittelt.

Die Wärmeleistung p' je Heizkörperglied bei den jeweiligen Temperaturverhältnissen wird nach[2] aus der genormten Wärmeleistung \dot{q}_N nach den Gln. (3) und (4) berechnet:

$$p' = \dot{q}_N \left(\frac{\Delta t_m}{\Delta t_{m,N}} \right)^M \quad (3)$$

$$t_m = \frac{t_v - t_R}{1 + \frac{t_v - t_i}{t_R - t_i}} \quad (4)$$

Wärmebedarf für die Produktionsheizung

Die Heizung der Stallgebäude ist zum größten Teil als Luftheizung mit entsprechenden Wärmeübertragern ausgelegt. Aus den Angaben der Hersteller können hier direkt die Anschluß-

werte entnommen werden. Örtliche Heizflächen werden analog zu denen der Raumheizung berechnet.

Gesamtanschlußwert

Der Gesamtanschlußwert ergibt sich aus der Summe der installierten Anschlußwerte zuzüglich etwa 10% Leitungsverluste. In der untersuchten SZMA betrug der maximale Anschlußwert der Wärmeenergieverbraucher $P_{\text{max}} = 1947 \text{ kW}$. Die maximale Kesselleistung beim Einsatz von Braunkohlenbriketts lag mit $P_{\text{BB}} = 1995 \text{ kW}$ noch über dem Gesamtanschlußwert.

4.3. Korrektur der Anschlußwerte und Ermittlung der Höchstlast

Eine Korrektur der Anschlußwerte ist notwendig, da nicht bei allen Verbrauchern ständig die Höchstleistung benötigt wird. Dies ergibt sich aus dem technologischen Ablauf in der Tierproduktionsanlage und aus dem Verlauf der Außentemperatur.

Der installierte Anschlußwert einer Anlage entspricht also nicht dem realen Anschlußwert und liegt oft wesentlich höher. Als Beispiel sei an dieser Stelle wieder die untersuchte SZMA angeführt, wo der maximale Anschlußwert der Wärmeenergieverbraucher $P_{\text{max}} 1947 \text{ kW}$ und die erforderliche Höchstlast (realer Anschlußwert P_R) dagegen nur 642 kW betrug.

Gebrauchswarmwassererzeugung

Wird die Gebrauchswarmwassererzeugung ausschließlich zur Versorgung des Sozialgebäudes genutzt, kann davon ausgegangen werden, daß der Anschlußwert nicht im gesamten Tageszeitraum gefahren wird und nicht alle Duschen gleichzeitig benutzt werden. Aus einem Gleichzeitigkeitsfaktor ϕ und der Anzahl der Stunden des Spitzenbedarfs z_s ergibt sich der reale Anschlußwert P_R nach Gl. (5) [5]:

$$P_{R} = \frac{P_{\text{max}} \phi}{z_s} \quad (5)$$

Der reale Anschlußwert P_R stellt gleichzeitig die Höchstlast des Wärmeenergiebedarfs für die Erzeugung von Gebrauchswarmwasser dar.

Wird die gesamte Anlage über das Warmwassersystem versorgt, läßt sich der reale Anschlußwert P_R nicht entsprechend der o.g. Beziehung ermitteln.

Technologische Forderungen, Verbrauchsgewohnheiten der Anwender und Störungen im technologischen Ablauf wirken auf den Warmwasserverbrauch stark ein und ergeben eine große Variationsbreite des Verbrauchs bei gleichen technologischen Bedingungen. Hier ist es erforderlich, analog Abschn. 4.2. den tatsächlichen Verbrauch zu bestimmen, diesen mit Bestwerten in gleichartigen Anlagen zu vergleichen und aus dem Vergleich Maßnah-

men für den rationellen Wassereinsatz abzuleiten. Diese Maßnahmen können als ein wesentliches Kriterium in den sozialistischen Wettbewerb einfließen.

Betrachtungen zum rationellen Wassereinsatz in der Rinderproduktion sind z. B. in [6] enthalten.

Schlußfolgernd aus den Untersuchungen zum rationellen Wassereinsatz kann für den Betrieb dann eine Norm für den mittleren und maximalen Warmwasserbedarf aufgestellt werden. Der maximale Warmwasserbedarf wird dann zur Bestimmung des realen Anschlußwertes benutzt.

Raumheizung

Der temperaturabhängige Anschlußwert, der für die Raumheizung berechnet wurde, ist von vielen Faktoren abhängig, die bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen und nur bei der Bemessung von Gebäudeheizungsanlagen, einschließlich der Rohrleitungen, Anwendung finden. Da extreme Temperaturverhältnisse weder während der gesamten Heizperiode noch in allen Teilen eines Gebäudes gleichzeitig auftreten, ist der Anschlußwert durch den Faktor ϵ zu korrigieren (Tafel 2). Dieser Faktor stellt das Verhältnis zwischen dem Anschlußwert und dem wirklichen Wärmeverlust dar und ist von der Differenz zwischen Außentemperatur t_a und Raumtemperatur t_i abhängig. Für die Raumheizung ergibt sich somit eine Höchstlast

$$P_H = P_R \epsilon \quad (6)$$

Produktionsheizung

Der Faktor ϵ gilt nur für Gebäudeheizungen, da er auf Erfahrungswerten aus diesem Gebiet beruht. Für Ställe ist die erforderliche Heizlast unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren (fühlbare Wärmeabgabe der Tiere eines Stalls, Transmissionswärmelast, Strahlungslast, Lüftungswärmebedarf, innere Wärmelast des Raums, Verdunstungswärmeenergiebedarf, Lastanteil durch Primärspeicherung) zu bestimmen. Berechnungshinweise hierzu sind in [7] gegeben.

4.4. Aufstellung von Brennstoffverbrauchsnormen

Die bestimmenden Einflußfaktoren auf den Brennstoffbedarf sind Außentemperatur, Raumtemperatur sowie Betriebsweise. Der durchschnittliche jährliche Brennstoffbedarf wird mit Hilfe der Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur bestimmt. Mit der Festlegung der Heizgrenztemperaturen entsprechend den aufgestellten Temperaturgruppen (z. B. Raumtemperaturgruppe 20°C, Raumtemperaturgruppe 14°C, Stalltemperaturgruppe 18°C) kann die Dauer der Heizperiode bestimmt werden. Im Bild 1 wird deutlich, welchen Einfluß eine exakte Einhaltung der Heizgrenztemperaturen hat. Bei einer Erhöhung der Heizgrenztemperatur von 8°C auf 12°C verlängert sich die Dauer der Heizperiode von 160 auf 225 Tage. Die Werte des temperaturabhängigen Brennstoffverbrauchs werden als Heizkennziffer K_H bezeichnet:

$$K_H = \frac{P_R}{H_u \eta_k (t_i - t_{a, \text{min}})} \quad (7)$$

Ausgehend von der Heizkennziffer K_H kann der stündliche Brennstoffbedarf \dot{B}_h in Abhängigkeit von der Außentemperatur nach Gl. (8) berechnet werden:

$$\dot{B}_h = K_H t (t_i - t_a) \quad (8)$$

Für die Bestimmung der stündlichen Brenn-

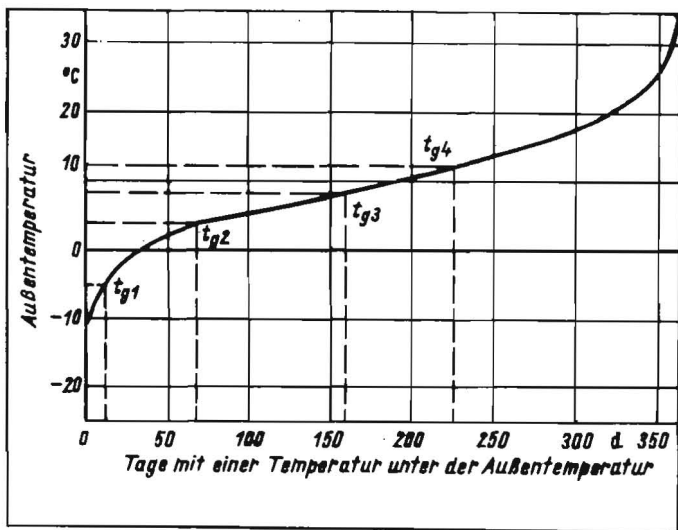


Bild 1. Geordnete Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur (Dresden); t_{g1} bis t_{g4} Heizgrenztemperatur einzelner Anlagenbereiche

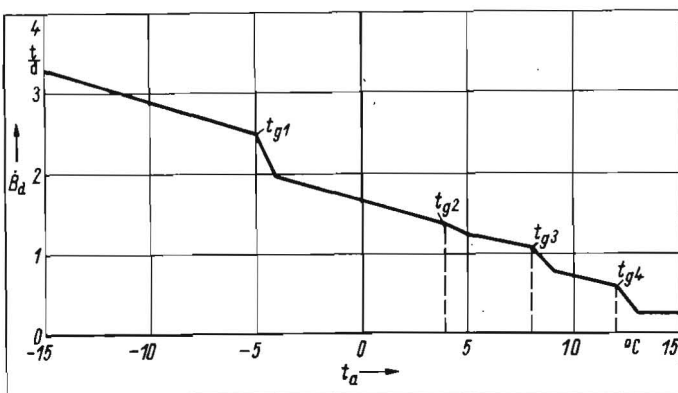


Bild 2. Beispiel für den Tagesbrennstoffbedarf (Braunkohlenbriketts) in Abhängigkeit von der Außentemperatur

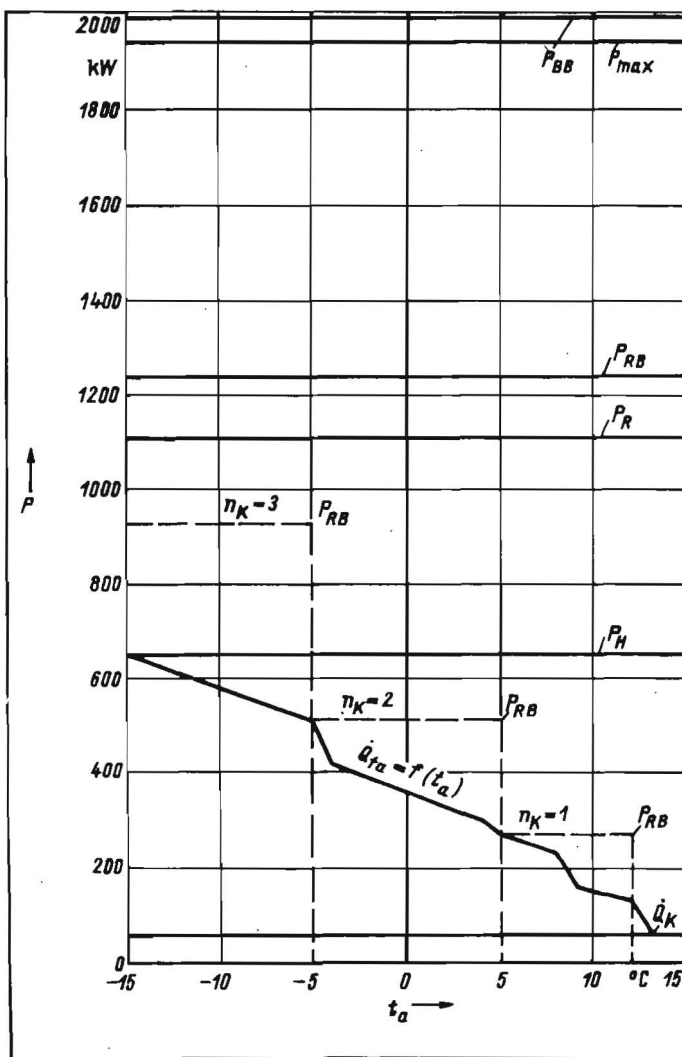


Bild 3. Auslastungsgrad der Kesselanlage

stoffmenge in den Stallbereichen wird der Faktor ϵ nicht angewendet.

Der stündliche Brennstoffbedarf \dot{B}_h für die Gebrauchswarmwassererzeugung wird als konstanter Bedarf ermittelt und ganzjährig benötigt:

$$\dot{B}_h = \frac{P_H}{H_u \eta_k} \quad (9)$$

Zur Berechnung des täglichen Brennstoffbedarfs \dot{B}_d wird der stündliche Brennstoffbedarf \dot{B}_h mit der täglichen Betriebsdauer der Heizungsanlage z multipliziert:

$$\dot{B}_d = \dot{B}_h z \quad (10)$$

Im Bild 2 wird der tägliche Brennstoffbedarf \dot{B}_d in Abhängigkeit von der Außentemperatur t_a gezeigt. Aus einer solchen Darstellung lassen sich die Heizgrenztemperaturen t_{g1} bis t_{gn} entsprechend den festgelegten Temperaturgruppen ermitteln.

Der jährliche Brennstoffbedarf \dot{B}_a der einzelnen Temperaturgruppen der Raumheizung wird nach Gl. (11) ermittelt:

$$\dot{B}_a = K_H \epsilon z \sum (t_i - t_{a,mi}) \quad (11)$$

Aus der Summierung des jährlichen Brennstoffbedarfs für die einzelnen Temperaturgruppen wird der jährliche Brennstoffbedarf \dot{B}_a des Betriebs nach Gl. (12) bestimmt:

$$\dot{B}_a = \sum_{i=1}^n K_{Hi} \epsilon_i z_i z_i (t_{ii} - t_{a,mi}) \quad (12)$$

Für die Gebrauchswarmwasserbereitung ergibt sich der jährliche Brennstoffbedarf aus

$$\dot{B}_a = \dot{B}_h z z \quad (13)$$

5. Ergebnisse der Untersuchungen in der SZMA Hoyerswerda

Die Berechnung des Wärmebedarfs der Gebäude und Anlagen in Abhängigkeit von der Außentemperatur hatte das Ziel, die technologischen Wärmeverluste, die durch ungenügende Abstimmung zwischen der Leistung der Wärmeerzeuger und dem Wärmebedarf der Abnehmer entstehen, aufzudecken und entsprechend den betrieblichen Bedingungen einzuschränken bzw. zu beseitigen.

Auf der Grundlage der Höchstlast, die 33% des installierten Anschlußwerts beträgt, und der Heizkennziffer K_H wurde der Brennstoffbedarf der Wärmeabnehmer in Abhängigkeit von der Außentemperatur berechnet. Damit besteht die Grundlage für eine wettbewerbsmäßige Abrechnung des Brennstoffbedarfs. Die Ergebnisse der Wärmebedarfsrechnung sind im Bild 3 dargestellt.

Der erforderlichen temperaturabhängigen Wärmeleistung $\dot{Q}_{ta} = f(t_a)$ und der konstanten Wärmeleistung \dot{Q}_K wurde die Kesselleistung bei unterschiedlicher Kesselanzahl gegenübergestellt.

Der Gesamtauslastungsgrad der Kesselanlage bei einer Außentemperatur $t_a = -15^\circ\text{C}$ beträgt, bezogen auf die Kesselleistung von Braunkohlenbriketts, 33%. Dieser Auslastungsgrad sinkt bei steigender Außentemperatur weiter ab. Es ist deshalb wichtig, die Fahrweise der Anlage darauf abzustimmen und nur soviel Kessel in Betrieb zu nehmen, wie es der Wärmebedarf der Abnehmer erfordert. Unter Be-

rücksichtigung optimaler Wirkungsgrade an Gliederkesselanlagen bei Auslastungsgraden von rd. 60% wurde das in Tafel 3 dargestellte Betriebsregime aufgestellt. Oberhalb einer Außentemperatur von 5°C wird der Einsatz von Braunkohlenbriketts in der Anlage unökonomisch. Voraussetzung für das Betriebsregime ist die Abschaltung von Heizkreisen entsprechend den festgelegten Heizgrenzen. Hierbei sind allerdings die Frostgefahr und die Verschiebung des Arbeitspunkts der Heizungsumwälzpumpe zu beachten. Ungünstig wirkt sich in jedem Fall die Erzeugung von Gebrauchswarmwasser in den Sommermonaten aus. Die Kesselauslastung für einen Kessel beträgt beim Einsatz von Rohbraunkohle 20% und beim Einsatz von Braunkohlenbriketts nur 12%.

Ein Vergleich des berechneten Brennstoffbedarfs mit dem Brennstoffverbrauch ergab für das Jahr 1980 einen Mehrverbrauch von 20,8%.

Im Ergebnis der Wärmebedarfsrechnung und der Ermittlung der Brennstoffverbrauchsnormative wurden dem Heizer exakte Vorgaben zum Brennstoffverbrauch, zur Vorlauf-temperatur und zur einzusetzenden Kesselanzahl in Abhängigkeit von der Außentemperatur gegeben.

Die bisherige Trennung der Kesselanlage in zwei Heizgruppen wirkt sich negativ auf den Auslastungsgrad aus. So müssen auch in der Übergangszeit zwei Kessel betrieben werden, da in beiden Heizgruppen Wärmeenergiebedarf zur Raumheizung besteht.

Außentemperatur °C	Kesselanzahl	Brennstoffart	Heizdauer in Tagen/Jahr
-15...-5	3	Rohbraunkohle	11
	2	Braunkohlenbriketts	11
-5...5	2	Rohbraunkohle	79
	1	Braunkohlenbriketts	79
5...12	1	Rohbraunkohle	136
	—	Braunkohlenbriketts	—

Tafel 3
Betriebsregime zur
Fahrweise der Kesselan-
lage in der SZMA
Hoyerswerda

Energieeinsparungen lassen sich durch den Zusammenschluß der Heizgruppen erzielen. Notwendig ist dann allerdings die Trennung der Heizkreisläufe in einen konstanten Kreis zur Warmwasserbereitung und einen gleitenden Kreis zur Raumheizung. Diese Aufteilung ermöglicht durch den Einsatz einer Regeleinrichtung (z. B. R303), die Vorlauftemperatur des gleitenden Kreises in Abhängigkeit von der Außentemperatur zu fahren.

Verbesserte Wärmedämmung der Stallgebäude, verstärkte Nutzung der fühlbaren Wärmeabgabe der Tiere zur Aufrechterhaltung optimaler Stallklimaparameter und verbesserte soziale Bedingungen in den Tierproduktionsanlagen führen zu einem ständig steigenden Anteil der Raumheizung am Gesamtwärmeenergiebedarf der Anlagen. Bei unterbrochener Betriebsweise (Nacht- und Wochenendabsenkung oder -abschaltung) von Gebäuden mit ein- oder zweischichtiger Nutzung läßt sich nach [8] der Wärmebedarf je nach Gebäudeart von 2% bis zu 32% vermindern.

Da sowohl die Transmissions- als auch die Lüftungsheizlast in erster Näherung von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen abhängig ist, gilt für das Verhältnis des Wärmeenergiebedarfs bei unterbrochenem Betrieb Q_u zum Wärmeenergiebedarf bei

durchgehendem Betrieb Q_{nu} und damit für die mögliche Einsparung

$$K_u = \frac{Q_u}{Q_{nu}} = \frac{t_{i,m} - t_a}{t_i - t_a} \quad (14)$$

Bei unterbrochener Betriebsweise konnte z. B. in der SZMA Hoyerswerda für das Verwaltungsgebäude eine Verringerung des Wärmeenergieverbrauchs um 6% erreicht werden.

6. Zusammenfassung

Der Beitrag beinhaltet die Erarbeitung technisch-ökonomisch begründeter Brennstoffverbrauchsnormen für Heizungsanlagen mit Gliederkesseln am Beispiel einer SZMA. Mit Hilfe des vorgestellten Lösungswegs können konkrete und von subjektiven Faktoren freie Bedarfswerte in Abhängigkeit von der Außentemperatur ermittelt werden. Die Brennstoffverbrauchsnormen dienen einer effektiven Fahrweise der Heizungsanlage und können in den sozialistischen Wettbewerb einbezogen werden. Für die Auslegung von Wärmerückgewinnungsanlagen sollte von den ermittelten Normativwerten ausgegangen werden.

Die mit dem vorgestellten Verfahren bestimmten Normativwerte sind als anzustrebende Bestwerte zu betrachten. Bei Veränderungen im Heizungsnetz müssen die Verbrauchsnormen überarbeitet werden.

Literatur

- [1] Hess, R.; Buss, E.: Technische Dokumentation für die wirtschaftliche Fahrweise einer Niederdruck-Dampfheizung. Stadt- und Gebäudetechnik 34 (1980) H. 7, S. 197—202.
- [2] Garms, R.; Pfeiffer, W.: Handbuch für den Heizungstechniker. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1978.
- [3] Rohark, J.: Betriebsanalyse zur Wärmeversorgung in der Schweinezucht- und Mastanlage Hoyerswerda. Aufstellung technisch-ökonomisch begründeter Brennstoffverbrauchsnormen auf der Grundlage einer Wärmebedarfsrechnung. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [4] Speck, H.: Einsatz von Zusatzrosten (Auflage- und Dachroste) in Gliederkesseln der Type GK 71—180 im Heizhaus Wittenberg 2 des VEB Energiekombinat Halle... VEB Energiekombinat Halle, Kurzbericht 1980 (unveröffentlicht).
- [5] Henze, E.: Lehrbuch Berechnungen der Technischen Gebäudeausrüstung. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen 1975.
- [6] Kaiser, E.: Rationeller Wassereinsatz in der Rinderproduktion. agrartechnik 31 (1981) H. 2, S. 66—68.
- [7] Kirschner, K.: Klimatechnik in der Tierproduktion. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
- [8] Deck, G.-E.; Hentschel, P.-J.: Planung und Abrechnung des Wärmeverbrauchs für die Heizung und Lüftung von Industriebauten. Institut für Energetik, Zentralstelle für rationelle Energieanwendung. Leipzig 1979. A 3474

Optimale Brennstoffausbeute beim Einsatz von Rohbraunförderkohle in Gliederkesseln

Eine Möglichkeit der Energieträgersubstitution bei der Dampf- oder Warmwassererzeugung in Gliederkesseln ist der Einsatz von Rohbraunförderkohle statt Braunkohlenbriketts und anderer hochwertiger Brennstoffe. Im VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (KfL) Aue, Sitz Affalter, wurden seit der Heizperiode 1980/81 gute Erfahrungen bei der Anwendung von Rohbraunförderkohle in Gliederkesseln GK 71 und GK 72 gesammelt.

Die Gliederkessel sind entsprechend dem neuen Brennstoff umzurüsten. Dazu gehört eine Vorofeneinrichtung, die aus einem Schachtofen mit einem Durchmesser von 1,5 m und einer Höhe von 3 m einschließlich Aschekasten mit notwendiger Bodenfreiheit besteht (Bild 1).

Die Beschickung des Schachtofens sollte möglichst mechanisch von oben erfolgen. Sein Fassungsvermögen beträgt 1,8 m³, d. h. rd. 1,2 bis 1,4 t Rohbraunförderkohle. Die Abbranddauer einer aufgeschütteten Brennstoffsäule

beträgt 4 bis 4,5 h, wobei die Verbrennungsgeschwindigkeit von mehreren Faktoren, wie Luftzufuhrmenge, Wassergehalt und Körnung des Brennstoffs, Feuerführung usw., abhängig ist. Die Brennstoffsäule lagert vertikal auf einem exzentrisch ausgebildeten Rost und brennt von unten her ab. Bei voller Funktion muß ein Glutbett mit einer Dicke von 250 mm erreicht werden. Der Brennstoff wird dadurch in der Brennstoffsäule vorgewärmt und getrocknet. Die Brennstoffsäule rutscht durch die Schwerkraft während des Abbrands ständig nach.

Ein schräg (Neigung etwa 40°) im Schachtofen stehendes doppelt ausgebildetes und wasserummanteltes Ausflamrohr — das Wasser im Rohrmantel zirkuliert mit dem des Warmwasser- oder Dampferzeugers — ist an seiner Mündung mit der oberen Öffnung des Gliederkessels verbunden.

Mit einem hohen Zugverhältnis von 120 bis 160 Pa gelangt die Verbrennungsluft über

Ascheraum und Rost fast auf alle Brennstoffteilchen und sorgt für deren Vergasung, wobei die Rauchgase im Ausflamrohr durch mitgerissene Glutteilchen zur eigentlichen und zugleich optimalen Verbrennung gelangen. Die Temperaturen von 900 bis 1050°C an der Mündung des Ausflamrohrs, d. h. an der Einspeisung in den nachgeschalteten Warmwasser- oder Dampferzeuger, wurden selbst bei Rohbraunförderkohle mit einem Wassergehalt von 60 bis 65% und einem relativ hohen Feinkornanteil bis 10 mm gemessen.

Mit der beschriebenen Vorofeneinrichtung können alle anfallenden Brennstoffe, wie Holzhinde, Hackschnitzel, Sägespäne u. a., im Gemisch mit Rohbraunförderkohle effektiv verheizt werden. Aber auch reine Rohbraunförderkohle wird gut genutzt.

Im VEB KfL Aue, Betriebsteil Affalter, sind für 12000 m³ umbauten zu beheizenden Raum, wovon rd. 50% über relativ niedrige Wärmedämmungswerte verfügen, 2 Voröfen mit