

# WIRKUNGSGRAD GROSSER KURZZEIT-WÄRMESPEICHER IN TANKBAUWEISE IM JAHRESMITTEL

Anhand bekannter Daten und Bauformen bereits betriebener Kurzzeit-Warmwasserspeicher und von bereits vorliegenden Arbeitsergebnissen auf dem Gebiet der Speicherrechnung wurden die Einflüsse auf das Speicherverhalten erfaßt, das – mit einem geringen Fehler behaftet – Temperaturverläufe, Verluste und Nutzungsgrade von großen, zylindrischen, auf dem Erdboden stehenden Wärmespeichern bei beliebigen Belade-, Entlade- und Standzeitfolgen zu berechnen erlaubt.

J. Straub und  
Th. Morlock, München,  
B. Rukes, Erlangen

## Einleitung

In den Jahren 1983 bis 1985 wurde von der Kraftwerk Union AG, Erlangen, in einer vom BMFT geförderten Studie [1; 2] die Frage untersucht, zu welchen Kosten Fernwärme aus großen steinkohle-gefeuerten, stromgeführten Kraftwerksblöcken auskoppelbar ist und wie unter vorgegebenen Bedingungen systematisch vorgegangen werden kann, um diese Kosten zu minimieren. Neben einer auf die mehrstufige Wärmeauskopplung zugeschnittenen Auslegung des Turbosatzes, z.B. mit asymmetrischem Mittel- und Niederdruckteil, wurden insbesondere folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen, *Bild 1*:

- Ersatzstrombeschaffung aus einer anderen Quelle (Leistung und Arbeit),
- Vergrößerung von Dampferzeuger und Schluckfähigkeit der Turbine,
- Einsatz von Wärmespeichern,
- Vergrößerung des Heizvorwärmers und
- partielle Substitution von Koppelwärme durch Frischwärme.

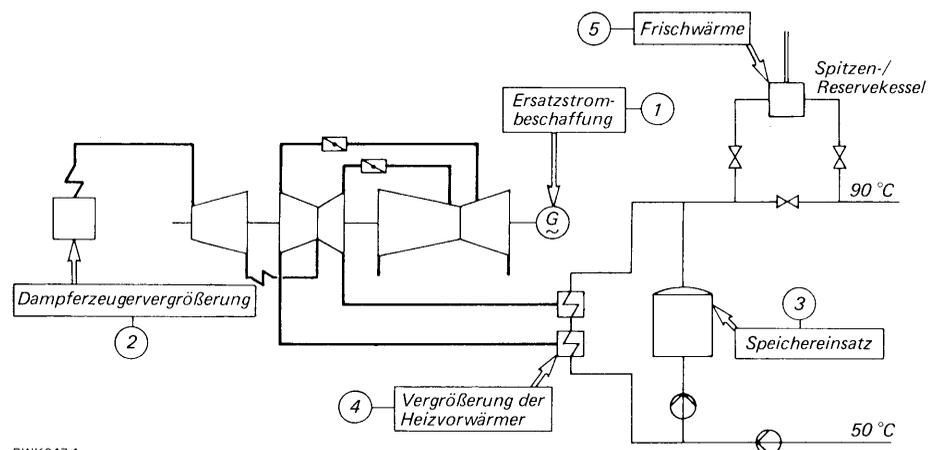
Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Einsatzmöglichkeiten großer Warmwasserspeicher gelegt. Diese auf dem Kraftwerksgelände installierten Speicher arbeiten nach dem Verdrängungsprinzip. Ihre Volumen beträgt mehrere 10000 m<sup>3</sup>. Die Speicher werden zeitlich unregelmäßig und mit unterschiedlichen Leistungen be- und entladen. Es treten insbesondere neben länge-

ren Standzeiten und Zeiten mit vollständigem Austausch des Behälterinhalts auch Perioden auf, in denen Be- und Entladezyklen ohne vollständigen Austausch aufeinanderfolgen. Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit eines Speichers wurden im Rahmen der genannten Studie u.a. Aussagen über die auftretenden Speicherverluste benötigt. Da die bisher bekannten Berechnungsverfahren zur Ermittlung der auftretenden Verluste von einem bestimmten Ladezustand des Speichers oder günstigenfalls von einzelnen kompletten Be- und Entladezyklen ausgehen, wurde der vorliegende instationäre Fall von *Morlock* [3] untersucht. Nachfolgend werden die getroffenen Annahmen und Voraussetzungen diskutiert, das aufgestellte Computerprogramm beschrieben und die Ergebnisse vorgestellt.

## Grundlagen der Speicherrechnung

Wärmespeicher, die als Puffer in Fernwärmesystemen für Angebots-/Bedarfsdifferenzen verwendet werden, beinhalten bei meist konstantem Volumen gleichzeitig warmes Vorlaufwasser und kaltes Rücklaufwasser. Der Füllstand schwankt zwischen „voll“ und „leer“, was hier auf warm und kalt bezogen ist.

Vernachlässigt man Volumenschwankungen im Speicher durch Ausgleichstätigkeiten, z.B. bei Leckverlusten, so kann ein konstantes Zylindervolumen betrachtet werden, an dessen oberer Stirn-



BWK047.1

Bild 1: Ausrüstungs- bzw. Vorgehensmöglichkeiten für eine gesicherte Strom- und Wärmelieferung.

seite warmes Wasser und an dessen Boden kaltes Wasser ein- und ausströmt. Da sich Wasser gut schichtet, bildet sich eine stabile Übergangszone zwischen warm und kalt, über die, bei Vernachlässigung der Strömungsturbulenzen, nur ein Energieaustausch durch Wärmeleitung stattfindet. Außerdem kühlt der gesamte Speicherinhalt an seinen Außenflächen ab.

Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist vor allem der obere, warme Speicherinhalt von Interesse, da nur Wasser bis zu einer bestimmten Mindesttemperatur in das Fernwärmenetz eingespeist werden kann. Wärme, die an den kalten Speicherteil abgegeben wird, ist nicht mehr für Heizzwecke nutzbar und gilt als Verlust, wodurch sich das entladbare Volumen verringert.

Der Nutzungsgrad wird definiert als Quotient aus tatsächlich dem Speicher entnommener Wärmemenge und ideal entladbarer Wärmemenge, also ohne jeden Verlust:

$$\eta = \frac{Q_{\text{Entl}}}{Q_{\text{Ideal}}} \quad (1)$$

mit der entladenen Wärmemenge

$$Q_{\text{Entl}} = V_{\text{Entl}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (2)$$

wobei mit  $\Delta T$  die vom Verbraucher nutzbare Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf bezeichnet wird:

$$\Delta T = T_{\text{Rück}} - T_{\text{Entl}} \quad (3)$$

Mit einem für diese Problemstellung speziell entwickelten Programm wird zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Temperaturverteilung im Speicher berechnet unter Berücksichtigung der Verlustwärmeströme durch Leitung und Konvektion an Speicherdach, -seitenwand und -boden sowie der inneren Wärmeleitung im Wasser und im Stahlmantel und durch Mischvorgänge im oberen Speicherteil infolge instabiler Temperaturschichtungen durch Abkühlung von oben.

Außer einer allseitigen Isolation wird ein Luftpolster zwischen Wasseroberfläche und Speicherdach sowie Wärmeleitung ins Erdreich berücksichtigt, dagegen werden Wärmestrahlung an der Außenhaut, Einströmturbulenzen und Wärmeleitung in Speichereinbauten vernachlässigt. Aufgrund der Betrachtungen von Staudt [4] und Adä [5] können die Konvektion an der Speicherinnenwand unberücksichtigt bleiben und im ganzen Speicher eine in horizontaler Richtung konstante Temperaturverteilung angenommen werden.

### Speicher-Bauform

Als wirtschaftlichste und technisch am leichtesten zu realisierende Bauform gilt derzeit der zylindrische Stahltank, der als Lagertank für die Ölindustrie schon seit

langem verwendet wird [6, 7]. Aus diesem Grund wurden nur Tanks dieser Bauform mit einem Volumen zwischen 25000 und 122000 m<sup>3</sup> und einem Höhen/Durchmesser-Verhältnis von 0,5 berechnet, das Geipel und Zeitvogel [6] bautechnisch und thermodynamisch zumindest für volle Speicher als optimal ermittelten.

Da bei den hier betrachteten Speicherfahrplänen der „volle“ Füllzustand nur selten auftritt, können Bauformoptimierungen mit den zu erwartenden Fahrplänen noch Verbesserungen bringen. Weitere Annahmen über Isolation, Speicherdach, Wandstärken, Bodenbeschaffenheit und Einbauten für Wasserzuführung und -entnahme begründen sich auf Berichte über bereits betriebene Speicher in Flensburg [7] und Västerås, Schweden [8]; letzterer ist in Bild 2 dargestellt.

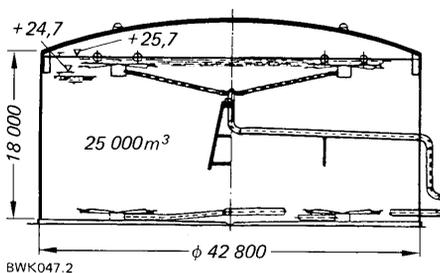


Bild 2: Heizzwasserspeicher in Västerås, Schweden [8].

Die Berechnung der Wirkungsgrade basiert auf einer Bodenisolation, bestehend aus 2,5 m Kies, 0,3 m Hochofenschlacke und abschließend 0,15 m Asphalt. Für Speicherwand und -dach wurde eine Isolation mit 0,05 bis 0,40 m dicken Mineralwollschichten angenommen. Das Speicherdach ist als Kugelabschnitt gewählt, unter dem sich ein Luftpolster befindet. Besondere Temperaturerhöhungen an der Wasseroberfläche zur Qualitätserhaltung des Wassers sind in der Berechnung nicht berücksichtigt.

### Fahrpläne

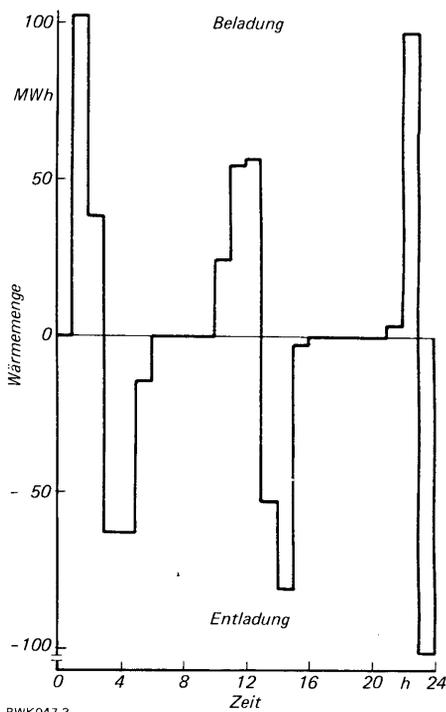
Die in der vom BMFT geförderten Studie [1; 2] untersuchten Kraftwerke mit einer nominellen elektrischen Blockleistung von alternativ 200, 400 und 800 MW sind aufgrund ihrer Blockgröße und Einsatzweise mit Anzapf-Kondensations-Turbinen ausgerüstet. Das bedeutet, daß das Kraftwerk die strom- und fernwärmeseitigen Lastanforderungen weitgehend unabhängig voneinander erfüllen kann. Bei einem stromgeführten Kraftwerk, d.h., die vom Lastverteiler angeforderte Strommenge ist auf jeden Fall zu liefern, kann insbesondere bei elektrischer Mindestlast einerseits und elektrischer Vollast andererseits der geforderte Heizwärmebedarf nicht gedeckt werden. Es wird dann zuerst versucht, die fehlende Wärmemenge dem Speicher zu entnehmen. Ist der Speicher leer, so

muß mit Hilfe des Heizkessels Frischwärme erzeugt werden (Bild 1).

In den Zeiten, in denen bei gegebener elektrischer Last mehr Heizwärme als angefordert aus dem Turbosatz ausgekoppelt werden kann, wird der Speicher mit dieser Überschußwärme beladen. Es findet also eine ständige Be- und Entladung des Speichers statt (Bild 3).

Dieses Bild gilt für ein Kraftwerk mit 400 MW nomineller elektrischer Leistung, 400 MW maximaler Auskoppelungsheizleistung und 1000 MWh Speicherkapazität. Der Speicher befindet sich am Jahresanfang im ungeladenen Zustand (erste Stunde), wird in den beiden nächsten Stunden mit insgesamt 140 MWh beladen und in den nächsten 3 h wieder vollständig entladen (negatives Vorzeichen). Dann steht der Speicher 4 h leer, ehe wieder Überschußleistung für das Laden des Speichers zur Verfügung steht. Insgesamt steht so der Speicherfahrplan für jede Stunde eines Jahres auf einem Datenband bereit. Insgesamt wurden zehn verschiedene Speicherfahrpläne mit stündlich wechselnden Belade- und Entlade-Wärmemengen und täglich wechselnden Umgebungstemperaturen bearbeitet. Die einzelnen Fahrpläne unterscheiden sich durch unterschiedliche Blockgrößen, Auskoppelungs-Heizleistungen und strom- bzw. heizseitige Ausnutzungsdauern (Tabelle 1).

Wichtig für die Speicherfahrplan-Untersuchung ist die wärmeseitige Lastanforderung an das Kraftwerk und vor allem die Wärme-Auskopplungsleistung. Je größer sie wird, desto größer wird auch der vom Kraftwerk abgegebene Heiz-



BWK047.3

Bild 3: Be- und Entladezyklus für den 1. Januar bei -0,3 °C mittlerer Lufttemperatur.

Tabelle 1: Fahrpläne für die Be- und Entladefolgen der Wärmespeicher

Speicher-Fahrplan Nr.	Nominelle elektr. Leistung MW	Auskopplungs-Heizleistung MW	Strom/Fernwärme-Ausnutzungsdauer h/a	Speicher-kapazität MWh
1	400	100	4900/2500	2150
2	400	100	4900/2500	1150
3	400	100	3100/3000	1150
4	400	100	3100/3000	2150
5	400	400	4900/2500	1400
6	400	400	4900/2500	2400
7	400	400	3100/3000	1350
8	400	400	3100/3000	2300
9	800	100	3100/3000	2650
10	800	500	3100/3000	5500

wassermassenstrom. In Verbindung mit der Speichergröße kann die Heizleistung als ein Maß für die Ladewechselgeschwindigkeit im Speicher gelten. Je größer die Heizleistung und je kleiner der Speicher werden, desto schneller wird das Speichervolumen ausgetauscht. Die Strömungsgeschwindigkeit im Speicher ist also bei den Fahrplänen Nr. 5 und Nr. 7 maximal. Ihr Volumen kann in weniger als 3 h vollständig ausgetauscht werden. Im Falle des Fahrplans Nr. 9 mit der kleinsten Strömungsgeschwindigkeit werden dazu 25 h benötigt.

### Berechnungsverfahren

Der Speicherinhalt wird aufgrund der bereits genannten Vernachlässigungen als Rohrstück mit ein- und mit ausgeschobener Pfropfenströmung betrachtet (vgl. auch Bild 4). Strömungsgeschwindigkeit und Temperatur bleiben über den Querschnitt konstant. Die Strömungsgeschwindigkeit wird aus der je Stunde be- oder entladenen Wärmemenge berechnet. Die Längswärmeleitung im Stahlmantel wird durch Erhöhung der Temperaturleitfähigkeit des Wassers entsprechend den Querschnittsflächen von Stahl und Wasser berücksichtigt. Obwohl über die Mantelfläche Wärme abgegeben wird, kann mit eindimensionaler, instationärer Wärmeleitung gerechnet werden.

Aus der Energiegleichung für den Speicherkern

$$\frac{\partial(\rho Ah)}{\partial t} = -\frac{\partial(qwAh)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda A \frac{\partial T}{\partial x} \right) - U \dot{q}_{sw} \quad (4)$$

erhält man bei konstanten Stoffwerten die Differentialgleichung für die Temperaturverteilung:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -w \frac{\partial T}{\partial x} + a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{U}{A \rho c_p} k_{sw} (T - T_U) \quad (5)$$

In die Randbedingungen an Speicherdach und -boden gehen neben den zusätzlichen Verlustwärmeströmen auch die ein- und die ausströmenden Enthalpien ein.

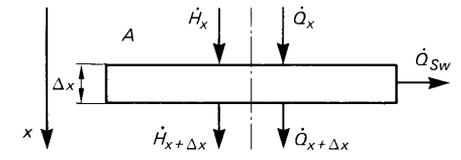
Die Temperatur des einströmenden Wassers entspricht im Beladefall der Vorlauftemperatur des Kraftwerks, die mit 90 °C festgelegt wurde; im Entladefall entspricht sie der Rücklauftemperatur vom Verbraucher, die mit konstant 50 °C angenommen wurde. Hieraus ergeben sich insgesamt vier Randbedingungen für die Be- und Entladung sowie für das Dach und den Boden. Die Umwandlung der Differentialgleichungen in eine numerisch lösbare Form geschieht nach verschiedenen Verfahren, die sich in Rechenzeit, Genauigkeit und einschränkenden Stabilitätsbedingungen unterscheiden. Vergleichsrechnungen zeigten, daß eine Kombination aus Upwind- und Binder-Schmidt-Verfahren die genauesten Ergebnisse, bei geringster Rechenzeit liefert. Der Fehler drückt sich bei allen Verfahren in einem zu kleinen Gradienten in der Übergangzone zwischen warm und kalt aus, wodurch eine erhöhte Temperaturleitfähigkeit des Wassers vorgetäuscht wird. Ein kleiner, aber unvermeidbarer numerischer Fehler in den Ergebnissen bewirkt daher eher zu niedrig berechnete Nutzungsgrade.

### Formelzeichen

<i>a</i>	Temperaturleitfähigkeit, in m <sup>2</sup> /s
<i>A</i>	Querschnittsfläche des Wasserzylinders, in m <sup>2</sup>
<i>c<sub>p</sub></i>	spez. Wärmekapazität in J/g K
<i>h</i>	spez. Enthalpie in m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
<i>H</i>	Enthalpiestrom, in J/s
<i>k</i>	Wärmedurchgangszahl, in W/m <sup>2</sup> K
<i>q̇</i>	Wärmestromdichte, in W/m <sup>2</sup>
<i>Q̇</i>	Wärmestrom, in W
<i>t</i>	Zeit, in s
<i>T</i>	Temperatur, in K
<i>U</i>	Umfang des Wasserzylinders, in m
<i>V</i>	Volumen, in m <sup>3</sup>
<i>w</i>	Strömungsgeschwindigkeit im Speicher, in m/s
<i>x, y, z</i>	Ortskoordinaten, in m
<i>η</i>	Nutzungsgrad
<i>λ</i>	Wärmeleitfähigkeit, in W/mK
<i>ρ</i>	Dichte, in kg/m <sup>3</sup>

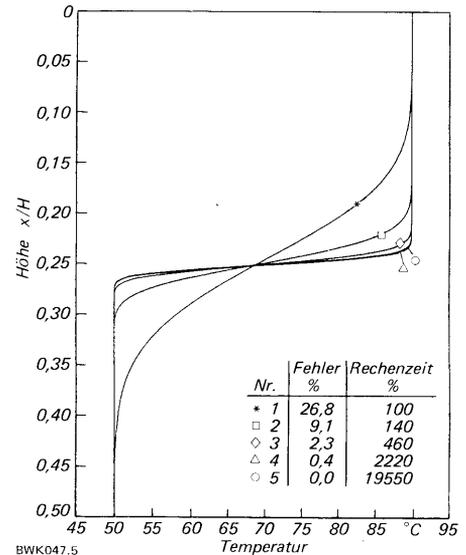
### Indizes

Entl	Entladung
Rück	Rücklauf
Sw	Seitenwand
U, Umg.	Umgebung



BWK047.4

Bild 4: Ein differentielles Bilanzelement.  $\dot{Q}$  Wärmestrom,  $\dot{Q}_{sw}$  über der Mantelfläche abgegebene Wärmestrom,  $\dot{H}$  Enthalpiestrom des Ladevorgangs.



BWK047.5

Bild 5: Die Temperaturverläufe im Speicher nach Vergleichsrechnungen mit abnehmender Fehlerquote.

Dieser Fehler wird im Interesse endlicher Rechenzeiten in Kauf genommen (vgl. auch die Tabelle im Bild 5).

Durch Abkühlung der oberen Wasserschichten infolge von Verlusten am Speicherdach kommt es zu einer instabilen Temperaturschichtung. Die daraus resultierenden Mischvorgänge wurden durch eine energetische Mitteilung auf eine einheitliche Temperatur oberhalb der Übergangzone angenähert.

### Ergebnisse

Neben den Auswirkungen verschiedener Speicherfahrpläne wurde auch der Einfluß wechselnder Dach- und Seitenisolationen untersucht; Bodenisolation und Außentemperaturen blieben gleich. Wie im Bild 6 zu erkennen ist, können schon mit relativ schwachen Isolationen sehr hohe Wirkungsgrade erreicht werden. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß alle Fahrpläne von einem Pufferbetrieb ausgehen und somit große Wärmemengen im Laufe des Jahres umgesetzt werden. Mit der Definition aus Gl. (1) können trotz der unvermeidbaren Verluste hohe Wirkungsgrade errechnet werden.

Bei Speichervolumen zwischen 25000 und 122000 m<sup>3</sup> sowie 0,3 m dicker Mineralwoll-Isolation ergeben sich Verlustleistungen zwischen 54 und 181 kW im Jahresmittel. Berücksichtigt man die Tatsa-

che, daß sich die errechneten Verluste nur auf den Speicher selbst beziehen und auf die kurze Verweildauer der Wärme im Speicher, so ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung mit den Erfahrungen, die mit dem Flensburger Speicher gewonnen wurden, der im Tag/Nacht-Betrieb betrieben wird. Für diesen gibt Prinz [9], inklusive Rohrleitungen, eine Verlustleistung von 100 kW bei 25000 m<sup>3</sup> Speichervolumen an. Auffällig ist die wesentlich stärkere Abhängigkeit von der Isolation bei den Fahrplänen mit kleinen Ladewechselgeschwindigkeiten. Es sind dies die Fahrpläne mit der kleinsten Auskoppelheizleistung. Das Heizwasser verbleibt in diesem Fall länger im Speicher. Aber nicht nur die äußeren Verluste erreichen hier größere Werte, sondern auch die inneren, was im Punkt der besten Isolation zu erkennen ist.

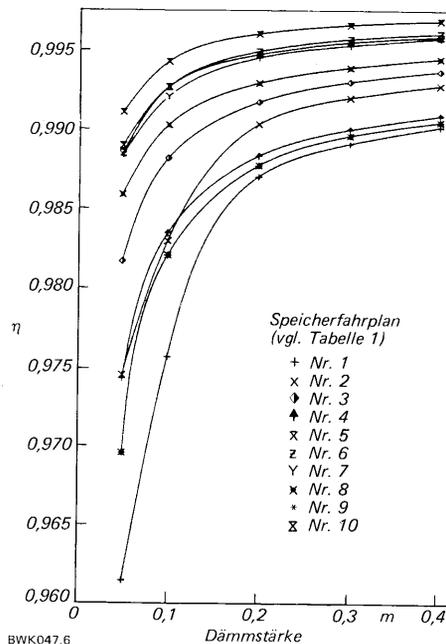
Die höchsten Wirkungsgrade und auch die geringste Isolationsabhängigkeit weisen die Fahrpläne mit den höchsten Ladewechselgeschwindigkeiten auf. Hierbei sind auch die insgesamt umgesetzten Wärmemengen am größten.

Mehrfach gestufte Temperaturverläufe, bedingt durch z.B. Beladung, Stand und Abkühlung sowie erneuter Beladung, konnten nicht festgestellt werden. Der Speicherinhalt kühlt im Vergleich zur Ladewechselgeschwindigkeit so langsam ab, daß nur eine Übergangszone zwischen warmem und kaltem Speicherteil auftritt.

### Zusammenfassung

Anhand bekannter Daten und Bauformen von bereits betriebenen Kurzzeit-Warmwasserspeichern und von Ergebnissen vorhergehender Arbeiten auf dem Gebiet der Speicherrechnung wurden die Einflüsse auf das Speicherverhalten realitätsnah erfaßt und numerisch aufbereitet.

Es wurde ein schnellarbeitendes und leicht verständliches Programm entwickelt, das mit einem geringen Fehler Tem-



BWK047.6

**Bild 6: Die Wirkungsgrade großer Kurzzeitwärmespeicher in Tankbauweise im Jahresmittel.**

peraturverläufe, Verluste und Nutzungsgrade von großen zylindrischen, auf dem Erdboden stehenden Wärmespeichern bei beliebigen Belade-, Entlade- und Standzeitfolgen zu berechnen erlaubt. Mit Hilfe dieses Programmes war es möglich, zehn verschiedene Speicher-Jahresfahrpläne mit stündlich wechselnden Belade- und Entlade-Wärmemengen und täglich wechselnden Umgebungstemperaturen zu berechnen. Die betrachteten Warmwasserspeicher mit einem Volumen zwischen 25000 und 122000 m<sup>3</sup> dienen dabei zur mehr oder weniger kurzzeitigen Zwischenspeicherung von unterschiedlichen Mengen an heißem Vorlaufwasser für ein Fernwärmenetz.

Bei geeigneten Be- und Entladeeinrichtungen können hohe Wirkungsgrade von > 95% im Jahresmittel errech-

net werden. Sie fallen umso günstiger aus, je deutlicher die Kurzzeitspeichercharakteristik hervortritt, d.h. je größer die insgesamt umgesetzte Wärmemenge und je kürzer jeweils die Wärme im Speicher gelagert wird.

Für Wirtschaftlichkeitsberechnungen geben die Ergebnisse die Sicherheit, einen großen Wärmespeicher in Verbindung mit einer Wärmeauskopplung aus einem Kraftwerk betreiben zu können, ohne Sorge haben zu müssen, daß bei einer Wärmeentnahme aus dem Speicher nur ein Bruchteil der ursprünglich vorhandenen Leistung zur Verfügung steht.

### Schrifttum

- [1] Beer, J.; Rukes, B. und Windorfer, E.: Optimierung der Wärmeauskopplung aus Großkraftwerken unter Berücksichtigung der zeitlichen Änderungen des Strom- und Wärmebedarfs und unter Einbeziehung von Speichern, Schlußbericht zum Förderungsvorhaben BMFT-03-8178-A, 1985, Kraftwerk Union AG, Erlangen, R 917/85/016.
- [2] Rukes, B. und Windorfer, E.: Fernwärme aus Großkraftwerken der Mittellast-Stromerzeugung, Bericht über eine neue Studie im Auftrage des BMFT, Fernwärme international 15 (1986) Nr. 3, S. 140/148.
- [3] Morlock, T.: Berechnung des Speicherwirkungsgrades von großen Kurzzeitwärmespeichern in Tankbauweise, Diplomarbeit 1985, Technische Universität München.
- [4] Straub, J. und Staudt, A.: Einfluß der Konvektion auf die Temperaturverteilung in thermischen Speicherseen, BMFT-Vorhaben FB-T 83-239 »Nichtnukleare Energietechnik«, Schlußbericht 1983.
- [5] Adä, W.: Temperaturverteilung in flachen Wasser-Wärmespeichern. Dissertation 1981, Universität Stuttgart.
- [6] Geipel, W. und Zeitvogel, H.-D.: Die Zahlen sprechen für den Stahlzylinder, Energie 33, (1981) Nr. 5, S. 156/161.
- [7] Scholz, F.: Wärme puffern lohnt, lagern nicht – Wärmespeicher in Fernwärmenetzen, Energie 35 (1983) Nr. 5, S. 270/271.
- [8] Västerås Stads Wärmekraftwerk AG: Wärmespeicherung – Technik und Wirtschaftlichkeit – Konventionelle Speicherung, Fernwärme international 8 (1979) Nr. 1, S. 20/23.
- [9] Prinz, W.: Konstruktive und wirtschaftliche Aspekte des Kurzzeit-Wärmespeichers in Flensburg, Fernwärme international 11 (1982) Nr. 4, S. 249/258.

BWK 047

## Kohleumschlaganlage für Qinhuangdao (V.R. China)

Die V.R. China erteilte einem deutschen Unternehmen einen Großauftrag im Wert von über 125 · 10<sup>6</sup> DM für den Bau einer kompletten Kohleumschlaganlage. Sie ist die dritte Ausbaustufe des Hafens Qinhuangdao in der Provinz Hebei. Qinhuangdao wird Knotenpunkt für den Kohleumschlag aus der Pro-

vinz Shanxi, von wo aus die Kohle per Bahn über 1500 bis 2000 km Entfernung nach Qinhuangdao gebracht wird, um von hier aus in die Industriezentren der Südprouvinzen verschifft zu werden. Hier errichtet die PWH im Hafen von Shanghai den ersten kontinuierlichen Schiffsentlader für Kohle, um die aus dem

Norden kommende Kohle zu entladen. Nach Fertigstellung wird der Hafen Qinhuangdao mit 80 · 10<sup>6</sup> t je Jahr zu den größten Kohleumschlagshäfen der Welt zählen.

Der Auftrag umfaßt u.a. zwei Waggonkipper in einer bisher noch nicht gekannte Größe, eine Lagerplatzausrüstung bestehend aus zwei Platzbeladern und drei Rückladegeräten, drei Schiffsbeladern für Schiffe bis zu

100000 dwt sowie modernsten Umweltschutzeinrichtungen. An dem Auftrag sind aus der Bundesrepublik Deutschland noch die Firmen MAN und Siemens und aus den USA die Firma Dravo beteiligt.

Die Ausführung des Auftrages wird in Zusammenarbeit mit dem chinesischen Partner China Harbours Engineering Company (CHEC) bis Ende des Jahres 1988 abgeschlossen. BWK 1536