Elektrisch geladene Dampfkessel und Wärmespeicher

Autor(en): **Höhn, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt**

Band (Jahr): **12 (1919-1920)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **03.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-920656

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

weiteres einzusehen, dass die Gesamtsituation für unsere Elektrizitätsversorgung im laufenden Winter eine sehr prekäre ist und dass mit allen Mitteln darnach getrachtet werden muss, den Wasservorrat des Klönthalersees möglichst zu schonen und die volle Leistungsfähigkeit des Löntschwerkes bis zum Eintritte mittlerer Wasserstände zu erhalten. Das kann aber nur durch Sparmassnahmen geschehen und wir richten daher an alle Stromkonsumenten die *dringende* Bitte, den Stromverbrauch von morgens 6 bis abends 7 Uhr nach Möglichkeit einzuschränken.

Es gilt dies namentlich auch für sämtliche Lichtabonnenten, die bei gutem Willen in erheblichem Masse dazu beitragen können, dass von schärferen Massnahmen Umgang genommen werden kann. Sollte im Laufe des Winters noch eine wesentliche Verschlechterung der Wasserverhältnisse eintreten, so müsste zu einer allgemeinen prozentualen Reduktion der Stromlieferung geschritten werden.

Was die Durchführung der notwendigen Sparmassnahmen anbetrifft, so ist sie Sache der betreffenden Werke. Diese sind angewiesen, bei einschneidenden Massnahmen dem Charakter jedes einzelnen Betriebes nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Wo dies ausnahmsweise nicht geschehen sollte, steht dem Abonnenten der Rekurs an die Abteilung für industrielle Kriegswirtschaft, Bahnhofstrasse 37, Zürich frei. Es liegt aber ja im Interesse der Werke selbst, keine nicht unbedingt notwendige Einschränkung zu verlangen und nachdem die Abonnenten durch obige Aufklärungen nunmehr über die allgemeinen Verhältnisse orientiert sind, glauben wir auf die Einsicht jedes Einzelnen rechnen zu dürfen.

Zürich, im November 1919.

Abteilung für industrielle Kriegswirtschaft.

Elektrisch geheizte Dampfkessel und Wärmespeicher.*)

Von Oberingenieur E. Höhn.

Vortrag, gehalten an der 50. Generalversammlung des Schweizerischen Vereins von Dampfelkessel-Besitzern am 15. Juli 1919.

Schon vor der Kohlenteuerung, seither jedoch in umfangreicherem Masse, ist die Umwandlung von Elektrizität in Wärme zum Zweck der Dampferzeugung verwirklicht worden. Vor dem Krieg wies die Schweiz zwei elektrisch geheizte Dampfkessel, der eine in Schindellegi, der andere in Dongio, oben im Bleniotal im Kanton Tessin. Der Kessel in Schindellegi ist von den Vereinsorganen untersucht und der Untersuchungsbericht im Jahresbericht 1916 veröffentlicht worden. Es handelt sich um einen kleinen Kessel von 4¼ m² Heizfläche. Es wurde ein Nutzeffekt von 90 % erreicht, d. h. von der Wärme von 860 WE., welche eine kWh. theoretisch abzugeben imstande ist, sind 770 WE. nutzbar gemacht worden.

Oft ist die Hoffnung ausgesprochen worden, nicht nur der Nutzeffekt, sondern die Wärmeleistung überhaupt könne in Zukunft noch verbessert werden; das ist ein fataler Irrtum; 1 kWh. kann 860 WE. abgeben und nicht mehr, so lautet das Naturgesetz. Wir Menschen sind ausserstande, uns zu vergegenwärtigen, wie die Welt dann ausschauen würde, wenn die Naturgesetze anders ineinder greifen würden. Es genügt zu wissen: das Umwandlungsgesetz bleibt so, daran ist nicht zu rütteln. Hinsichtlich der Umwandlung von Elektrizität in Wärme sind wir lediglich darauf angewiesen, die theoretische Wärme möglichst vollständig auszunützen und die Einrichtungen für diese Umwandlung möglichst billig herzustellen. Das erstgenannte Ziel erreicht man durch möglichst gute Isolation, das zweite rollt die Systemfrage auf. Was die Stromform anbelangt, so bleibt es gleichgültig, ob Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom in Wärme umgewandelt werde. Dagegen ist Gleichstrom da nicht anwendbar, wo der Strom direkt durch das Wasser geleitet wird, denn Gleichstrom zersetzt dasselbe in seine Elemente, Wasserstoff und Sauerstoff. Ein Gemisch dieser Gase heisst Knallgas und ist äusserst explosibel. Wechselstrom erzeugt umso weniger Knallgas, je höher die Periodenzahl und je grösser die Elektroden-Oberfläche ist. Laboratoriumsversuche haben allerdings gezeigt, dass Wechselstrom von 16 Perioden noch Knallgas erzeugen kann. Es war jedoch nicht möglich, die geringe Menge so erzeugten Knallgases in einem Gemisch mit Dampf zur Entzündung zu bringen. Da wir es in der Regel mit Wechsel- bezw. Drehstrom von 50 Perioden zu tun haben, so ist die Gefahr der Knallgasbildung bei der Dampferzeugung vermittelst Wechselstromes sozusagen ausgeschlossen.

Niedrig gespannte Ströme eignen sich für Widerstandsheizungen. Dabei wird der Strom in Drahtwiderständen in Wärme umgewandelt. Als Drahtmaterial kommt hauptsächlich Eisen oder Stahl in Frage, nachdem der zweckmässigere Chromnickelstahl oder das Constantan zurzeit kaum erhältlich sind. Die Temperaturen, auf die wir bei Eisen und Stahl gehen können, betragen höchstens 400 Grad.

Bei der isolierten Widerstandsheizung werden die Widerstände in Siederöhren oder Tauchröhren isoliert verlegt. Dabei sind aus fabrikationstechnischen Gründen, auch wegen der Erleichterung von Ausbesserungen und wegen dem Ersatz, Tauchröhrenbündel vorzuziehen. Es ist hauptsächlich die Maschinenfabrik Oerlikon, welche solche elektrische Wärme- und Dampferzeuger baut.

Wir können die Widerstandsdrähte, sofern sie an Wechselstrom angeschlossen sind, direkt ins Wasser legen. Die Wärme geht dann vom Drahtmaterial auch direkt ans Wasser über. Solche wasserberührte Widerstands-Heizungen sind von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden schon mehrfach ausgeführt worden. Sie eignen sich für reines (wenig kesselsteinhaltiges) Wasser und bis zu 250 V. Spannung.

Die gleiche Firma führt auch solche wasserberührte Widerstandsheizungen aus, wobei nur ein Teil des Stromes durch die eisernen Widerstände geht, der andere Teil von einem Widerstandsdraht durchs Wasser an den andern, das letztere als Strombahn benützend. Diese Vorgänge finden z. B. statt, wenn die drei Drahtwiderstände, welche an Drehstrom angeschlossen sind, im Kessel nicht auf ihrer ganzen Länge durch darüber gestülpte Röhren voneinander isoliert werden. Die Wärmeentwicklung geht dann vor sich 1. in den isolierten Strecken im Draht selber, 2. auf den nicht isolierten Strecken durch den Widerstand, welcher beim Stromübergang vom Draht ins Wasser entsteht. Der Grund der Anwendung dieses Systems ist folgender: Im Eisen wächst der Widerstand proportional mit zunehmender Temperatur. Im Wasser nimmt der Widerstand mit zunehmender Temperatur ab, wenn auch nicht proportional. Umgekehrt nimmt die Stromaufnahme durch Drahtwiderstände mit zunehmender Temperatur ab, von Wasserwiderständen zu. Findet nun die Wärmeumwandlung teilweise durch Drahtwiderstand, teilweise durch Wasserwiderstand statt, so wird dadurch die Änderung in der Gesamtstromaufnahme ausgeglichen und die Notwendigkeit der Regulierung vermindert, so dass ein Kessel oder Wärmeerzeuger beim Anheizen oder bei veränderlichen Temperaturen keine Wartung braucht. Dieses System soll bis 1000 V. gebaut werden können.

Steht Hochspannungsstrom zur Verfügung, so müssen wir ihn erst transformieren, um eine Widerstandsheizung damit zu betreiben. Es fallen dabei in Betracht: 1. die Anschaffungskosten eines Transformators, 2. der Platzbedarf hiefür, und 3. die Abnahme des Nutzeffektes bei der Spannungstransformation. Insbesondere fallen die Transformatorkosten ins Gewicht, weil sie höher sein können als diejenigen des Dampferzeugers selbst. Man hat daher gesucht, die Dampferzeugung direkt durch hochgespannten Strom zu bewerkstelligen. Neu war ja das Prinzip an und für sich nicht, es ist von den Wasserwiderständen her längstens bekannt. Die ersten Dampferzeuger dieser Art sind die von der A.-G. Escher, Wyss & Cie. gebauten Elektrodenkessel System Revel; während des Krieges hat die Firma eine ziemlich grosse Anzhal derselben nach Italien und Spanien

*) Auszug aus dem im vollen Umfang des Vortrags wiedergegebenen Aufsatz in der „Schweiz. Bauz." 1919, 8., 22. und 29. Nov.

geliefert. Beim Revelkessel findet die Umwandlung von Strom in Wärme durch den Widerstand beim Stromdurchgang von den Elektroden ins Wasser statt. Die Leistungsregulierung geschieht durch die Einstellung der Höhe des Wasserspiegels. Ist der Dampfverbrauch gross, so steigt der Spiegel, vergrössert also die wasserbenetzte Elektroden-Oberfläche, was den Stromdurchgang vermehrt. Die Elektroden sind fest am Deckel angebracht, die Stromeinführung in den Kessel ist daher einfach. Der im Speisewasser enthaltene Kesselstein setzt sich nicht als Kruste an den Elektroden fest; er wird bei der Dampferzeugung fortwährend abgesprengt und fällt als feiner Schlamm auf den Grund des Kessels. Diese Erscheinung zeigt sich überhaupt bei allen Elektrodenkesseln. Das System Revel wird in zwei Grössen gebaut, bis auf 600 V. und bis auf 3600 V.

Andere Systeme von Elektrodenkessel baut die A.-G. Brown, Boveri & Cie. Bei den Elektrodenkesseln mit Röhrenregulierung ist die Lage der stromabgebenden Elektrode fest, der Wasserspiegel in Normalhöhe möglichst konstant und der Gegenpol ist beweglich. Auf dem Gegenpol sitzt eine Röhre, welche isolierend wirkt, so dass der Stromübergang an den Gegenpol in einem geschlossenen Bündel von Stromlinien stattfindet. Je näher die Lage des Gegenpoles, desto kleiner der Wasserwidersand, desto grösser die Stromabgabe und daher die Dampfentwicklung. Durch die intensive Wasserzirkulation im Innern der Regulierröhren werden die Elektroden kräftig gekühlt. Das System lässt Spannungen bis zu 15,000 V. zu und besitzt einen Regulierungsbereich bis zu 20 %. Als Material für die Regulierröhren fällt je nach der Spannung Ton, Porzellan oder Quarz in Betracht. Haben wir es mit Drehstrom zu tun, so erübrigt sich die Anordnung von Gegenelektroden, der Strom geht dann direkt von einem Pol zum andern.

Ein anderes System von Hochspannungs-Dampferzeugern dieser Firma besteht im Wasserstrahl-Elektrodenkessel. Im Innern des Kessels befinden sich zwei Trichter, von denen der eine an den positiven, der andere an den negativen Pol angeschlossen ist. Das Kesselwasser samt dem dazu kommenden Speisewasser befindet sich durch die Tätigkeit einer Pumpe im stetigen Kreislauf. Es fällt von oben in den ersten Trichter und vom ersten in den zweiten. Der Strahl vom ersten Trichter in den zweiten wird vom Strom als Brücke benützt; sie stellt zugleich den Widerstand dar, in dem die Wärmeumwandlung stattfindet. Ist der Wasserspiegel im untern Trichter hoch, so ist der Strahl kurz, der Widerstand klein, die Dampfentwicklung daher gross. Die Regulierung findet also durch die Spiegelhöhe in den Trichtern statt und diese sind von der Pumpenleistung abhängig. Das System eignet sich für sehr hohe Spannungen.

Mit Bezug auf die Aufstellung solcher Elektroden-Kessel im allgemeinen ist der Konstrukteur von der Beschaffenheit des Speisewassers abhängig. Es hat sich gezeigt, dass sich die Leitfähigkeit des Rohwassers bei so hohen Spannungen sehr stark nach der Art und Menge der darin enthaltenen Salze, also des Kesselsteines, richtet.

Mit allen diesen Kesseln können wir den Strom fortlaufend in Wärme umwandeln, bezw. Dampf damit erzeugen. Fällt uns aber Strom ausser der Arbeitszeit zur Verfügung, so sollten wir entweder den Strom oder die Wärme aufspeichern können. Das erstere ist nun leider nicht möglich. Wir müssen also so gut es geht das letztere versuchen. Zu diesem Zweck steht uns Wasser oder Stein, z. B. Beton, zur Verfügung. Das Wasser besitzt die spezifische Wärme 1 und, bei 4° C, das spezifische Gewicht 1. Das letztere nimmt ab mit der Temperatur. Beim Stein dagegen, z. B. beim Beton, beträgt das spezifische Gewicht 1,8 bis 2,4 und ist bei verschiedenen Temperaturen ziemlich konstant. Die spezifische Wärme beträgt jedoch im Mittel bloss 0,3. 1 m³ Wasser kann z. B. bei 10 Atm. (183°) 163,500 Kg. cal. aufnehmen, 1 m³ Beton bei 320° 200,000 Kg. cal. Stein eignet sich also zur Wärmespeicherung da, wo wir Luft erwärmen wollen, z. B. bei Raumheizungen; Wasser da, wo wir mit der aufgespeicherten Wärme Dampf erzeugen möchten.

Ein Nachteil für Wärmespeicherungszwecke liegt beim Wasser in der starken Drucksteigerung trotz geringer Zunahme an Wärmeinhalt (mit steigender Temperatur). Bei höheren Temperaturen nimmt der Zuwachs der Wärmeaufnahme rasch ab. Metallene Speicher müssen bei hohem Druck sehr kräftig gebaut werden, was deren Preis unvorteilhaft beeinflusst. Es ist nun möglich, ein und dieselbe Menge niedrig gespannten Dampfes durch Selbstverdampfung aus verschieden hoch überhitztem Wasser zu entnehmen; dabei ist natürlich der Vorrat an Speicherwasser verschieden gross. Daraus kann man sich das Gewicht des leeren Speichers bei verschiedenen Speicherinhalten bezw. bei verschiedenen Ladedrücken nachrechnen und man wird finden, dass für den Entzug einer konstanten Dampfmenge das lerre Speichergewicht bis etwa 14 Atm. abs. abnimmt. Die Gesamtspeicherkosten setzen sich aber nicht nur aus denjenigen des Speichergewichtes, sondern auch aus denjenigen des Wärmeschutzes (Isolierung) zusammen; die letztere ist ihrerseits von der Grösse der Speicheroberfläche abhängig. Je nach dem Verhältnis der Kosten des leeren Speichers zu seiner Isolierung wird sich für die Summe beider ein Minimum für einen bestimmten Druck finden. Das letztere dürfte bei 9—12 Atm. abs. liegen.

Die Wärmespeicherung zum Zweck der Dampferzeugung ist auch schon in der Weise versucht worden, dass die Wärme aus dem Strom in einem Betonblock aufgespeichert wird und die Wärmeübertragung an den Dampfkessel vermittelst eines Röhrensystems erfolgt, das mit Petroleum gefüllt ist. Es ist das System der Zentralheizungsfabrik A.-G. Bern. Eine ausgeführte Anlage befindet sich in einer Baumwollspinnerei der Ostschweiz. Nutzeffest und Wirtschaftlichkeit dieser Anlage sind vom Schweizerischen Verein von Dampfkessel-Besitzern geprüft worden. Der Nutzeffekt war 77 %.

Bei der Umwandlung von Elektrizität in Wärme handelt es sich nicht immer um die Dampferzeugung; vielfach werden auch elektrische Heizungen an bestehende Warmwasser-Heizungen angeschlossen und zwar in der Weise, dass entweder das eine, das andere oder beide Systeme miteinander in Betrieb gesetzt werden können. Die Temperatur in einem elektrisch geheizten Warmwassererzeuger kann dabei so hoch getrieben werden, bis entsprechend dem Druck der Expansionssäule Verdampfung entstehen würde. Demgemäss wird das Wasser bis auf Temperaturen von 120° und mehr überhitzt. So heisses Wasser kann natürlich nicht direkt in eine Vorlaufleitung bezw. in die Warmwasserheizung eingeführt werden; man greift daher zu dem Mittel der Mischung des heissen Wassers des Vorlaufes mit dem kalten des Rücklaufes. Das Gebiet der elektrischen Warmwasser-Heizungen ist hauptsächlich von der Firma Gebrüder Sulzer A.-G. Winterthur bearbeitet worden.

Trotzdem es von grösster Wichtigkeit ist, möglichst viel Wärme, statt durch ausländische Kohlen, durch einheimische Elektrizität zu erzeugen, so stehen und fallen solche elektrisch geheizte Kessel oder Speicher wirtschaftlich eben doch mit dem Strompreis. Gemäss der Verfügung des Schweizerischen Volkswirtschaftsdepartementes vom 5. März 1919 kostet fossiler Brennstoff erster Qualität ab Zeche 1480 Franken die 10 Tonnen. Man wird ihn franko Kesselhaus 1600 Franken zurzeit veranschlagen können. Rechnet man bescheiden mit einem Heizwert von 6000 WE. auf das Kg. Kohlen und veranschlagen wir den Nutzeffekt bei der Dampferzeugung zu 67 %, so kommen 1000 effektive WE. auf 4 Rp., und daher 860 WE. oder 1 kWh. auf 3,5 Rp. zu stehen. Der Nutzeffekt der elektrischen Heizung sei rund 95 %, 817 effektive (elektrisch erzeugte WE.) kosten also 3,5 Rp. Die gelieferte kWh. darf also den Preis von 3,3 Rp. nicht überschreiten, sonst kann die elektrische Heizung zur Stunde nicht mit der Kohlenheizung in Bewerb treten. (Seit der Zeit dieses Vortrages sind die Brennstoffpreise neuerdings gestiegen, so dass heute als Äquivalenzpreis 4 bis 4,5 Rp./kWh. angesehen werden können.)