

Vakuum dämmt Warmwasserrohre

Seit 2012 definiert eine neue SIA-Norm die Isolationsstärken für Warmwasserleitungen. Für die Wärmedämmung kommen in erster Linie Isolierschalen aus Mineralwolle und Isolierschaum auf Polyurethan-Basis zum Einsatz. Ein neuartiger Ansatz ist die Vakuumpalt-Isolation (VSI). Die Anwendung dieser Technik für Leitungen von Warmwasser- und Heizsystemen, aber auch in industriellen Prozessen, hat ein hohes Potenzial. Ein vom Bundesamt für Energie gefördertes Projekt untersucht, ob VSI hier technisch machbar und ökonomisch interessant eingesetzt werden kann.



Fabio Luongo, Hans Tischhauser und Dr. Gerhard Staufert (v.l.n.r.) begutachten ein von der Helbling Technik AG entwickeltes Low Cost-Vakuumheizungsventil. Foto: R. Bernhardsgrütter

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

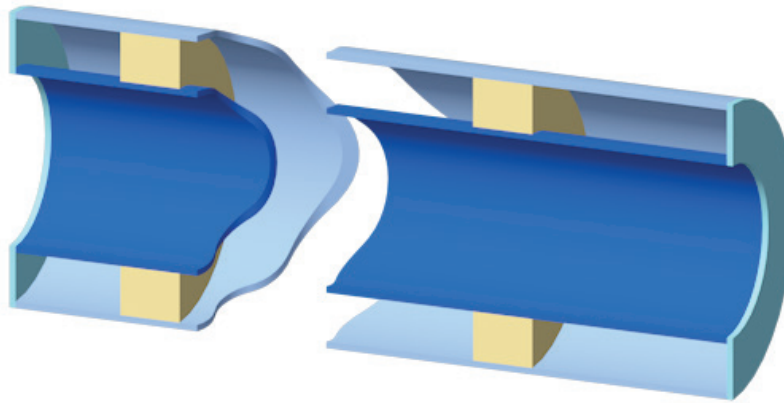
Die Thermosflasche macht's vor: Der heisse Kaffee oder der kühle Eistee lässt sich allein mit einem Luftpolster sehr gut isolieren. Luft bietet einen guten Wärmeschutz. Noch besser wird die Isolation, je mehr die Luft verdünnt wird. Mit einem guten Vakuum kann die thermische Isolation ohne weiteres nochmals um einen Faktor 100 verbessert werden. Dank dieser Eigenschaft wird Vakuumisolation schon lange technisch genutzt, wo eine sehr gute Wärmeisolation gefragt

ist. Etwa beim Transport von Flüssiggas, oder zur Aufbewahrung von flüssigem Stickstoff in einem Dewar-Gefäss (benannt nach dem gleichnamigen schottischen Physiker, der dieses Vakuumgefäss 1874 erstmals benutzte).

Sparpotenzial im Gebäudebereich

Die Technologie der Vakuumisolation ist alt bekannt, die relativ hohen Kosten setzen aber dem Einsatz bisher enge Grenzen. Doch mit dem Wunsch nach besserer Energieeffizienz rücken neue Anwendungsgebiete ins Blickfeld. Eine Studie hatte 2013 Hinweise auf neue Einsatzgebiete geliefert. Die Abschät-

2 Vakuum dämmt Warmwasserrohre



Ein vakuumisoliertes Warmwasserrohr besteht aus einem Innen- und einem Aussenrohr. Dazwischen herrscht ein Unterdruck von 0,0001 mbar. Distanzhalter (gelb) stabilisieren die Wände. Illustration: Helbling

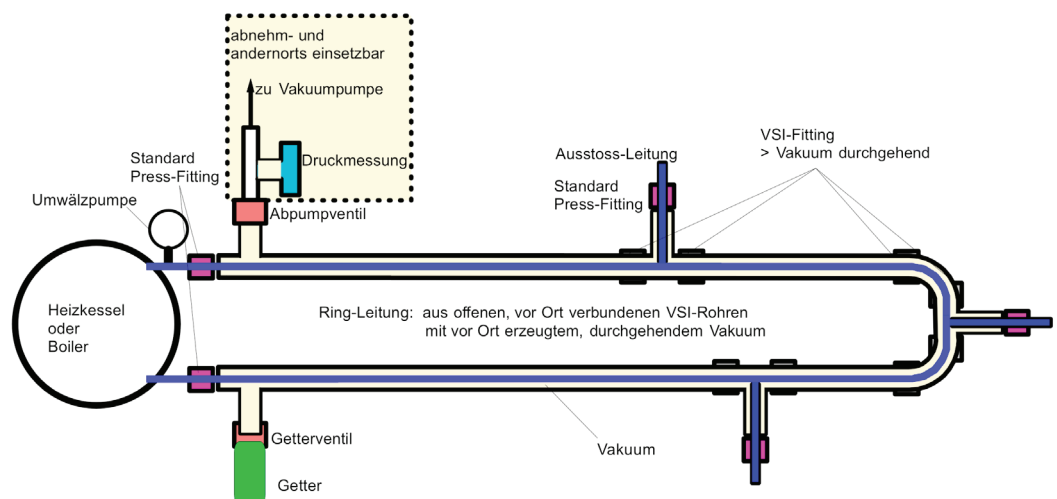
zung des Einsparpotenzials ergab, „dass der verbesserten Isolation von Warmwasserleitungen in Gebäuden eine hohe Bedeutung zukommen könnte“. Bei Ausrüstung der Gebäude mit vakuumisolierten Wasserleitungen könnten jährlich theoretisch 1,3 Mio. MWh und durch Ausrüstung der Boiler nochmals 1,2 Mio. MWh Energie eingespart werden, zusammen also 2,5 Mio. MWh, was gut 3 % des gesamten Energieverbrauchs der Schweizer Haushalte entspricht.

Die Warmwassersysteme landesweit mit einer neuen Isoliertechnik auszustatten, ist natürlich ein ambitioniertes Projekt. Doch die Firma Helbling Technik AG sieht hier einen Schatz, den es zu heben gilt. Dabei handelt es sich nicht um Idealisten, sondern um ein

Unternehmen mit 350 Mitarbeitern, das im Auftrag von Firmen oder aus eigenem Antrieb innovative Produkte entwickelt. Am Standort Wil (SG) führt Helbling zur Zeit ein vom BFE unterstütztes Entwicklungsprojekt durch. Ziel des Projekts, das bis Mitte 2015 läuft: Die Ingenieure wollen den Nachweis erbringen, dass vakuumisolierte Warmwasserrohre technisch machbar – und ein wirtschaftlicher Einsatz mittelfristig denkbar ist.

Innovative Dämmtechnik

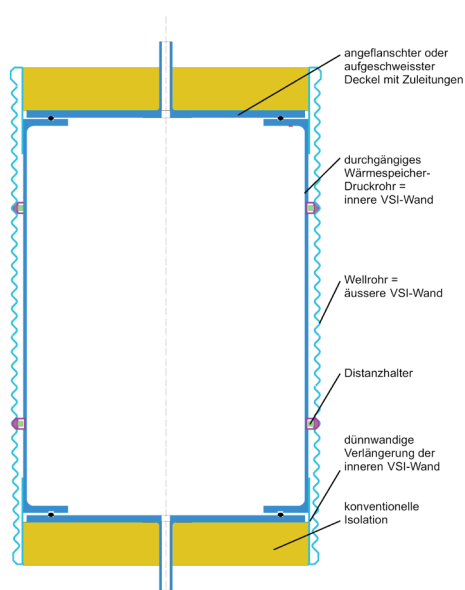
Vom Bahnhof Wil sind es nur wenige Schritte zur Laborhalle der Helbling AG. Ein Edelstahlrohr liegt waagrecht auf zwei Holzstützen, daneben Messapparaturen. In derselben Labornische ist ein Warmwasserboiler aufgebaut. Rohr wie Boiler sind mit einer dop-



Die Illustration zeigt das Gesamtsystem eines vakuumisolierten Warmwassersystems: Die Rohrleitungen (blau) sind durchgehend mit einem Vakuum isoliert (gelb). Das aus den Warmwasserrohren in geringer Menge austretende Gas wird durch einen Getter (grün) gebunden. Illustration: Helbling

3 Vakuum dämmt Warmwasserrohre

pelten Wand gefertigt, in deren Innern ein Vakuum für eine sehr gute Isolation sorgt. „Wenn es um Energieeffizienz geht, ist die Isolation ein Dauerbrenner. Die Vakuumisolation, die wir erforschen, könnte nach Jahrzehnten der Stagnation wieder einen echten Fortschritt bringen“, sagt Dr. Gerhard Staufert, ausgebildeter Maschineningenieur ETH, der früher Professor für Mikrosystemtechnik an der Fachhochschule Buchs (SG) war und



Prinzipskizze eines VSI-gedämmten Warmwasserspeichers: Das Druckrohr (dunkelblau) bildet die Innenwand des Boilers, das Wellrohr (hellblau) die Aussenwand; zwischen den Wänden sorgt ein Vakuum für eine gute thermische Isolation des Warmwasserspeichers. Illustration: Helbling

für den Dämmstoffhersteller Sager AG Vakuumdämmplatten erforschte.

Mit finanzieller Unterstützung des BFE arbeitet Staufert seit 2007 gemeinsam mit Helbling an der Vakuumspalt-Isolation (VSI). In mehreren Studien haben die Partner seither verschiedene Aspekte der Technologie erforscht, haben Funktionsmuster einer vakuumisolierten Kaffeemaschine und das Konzept für einen vakuumisolierten Kühlschrank entwickelt. Sie haben auch verschiedene

Typen von Distanzhaltern konzipiert und getestet, die nötig sind, um Doppelwände trotz Unterdruck zu stabilisieren. Mit dem Funktionsmuster eines Boilers konnten die Entwickler die Wärmeverluste bis zu 80 % vermindern. Zu den Arbeiten gehörte ferner die oben zitierte Studie, die das Effizienzpotenzial verschiedenster Anwendungen untersucht und quantifiziert hat.

Einfache und kostengünstige Lösungen

Trotz dieser Vorarbeiten hält die Technologie bis zu einer kommerziellen Anwendung noch etliche Herausforderungen parat. Dabei steht weniger die technische Machbarkeit im Vordergrund, sondern vielmehr die Frage, wie die Technologie zu konkurrenzfähigen Kosten angeboten werden kann und wie die Komponenten gefertigt werden müssen, dass die Installateure auf der Baustelle die Warmwasserstränge ohne Spezialgerät installieren können. Die bisherigen Studienergebnisse laufen darauf hinaus, dass für die Innenrohre Edelstahl und für die Aussenrohre Edelstahl, verzinkter Stahl oder Aluminium verwendet werden dürften. Der Einsatz dieser Materialien stellt sicher, dass die Qualität des Vakuums (und damit die thermische Isolation) durch Ausgasen des im Stahl gebundenen Wasserstoffs nicht beeinträchtigt wird. Weitere Tests sollen zeigen, aus welchem Material und in welcher Stärke das Aussenrohr gefertigt werden muss, damit die Materialkosten minimiert werden können. Dabei sind spezielle Messungen nötig, um das Ausgasverhalten potenzieller Lösungen zu untersuchen.

Eine grosse Herausforderung für die Ingenieure sind die Verbindungsstellen zwischen den Rohren. Bei jeder Heizanlage müssen zahlreiche, individuell zugeschnittene Rohrabschnitte zum Heizkreislauf zusammengefügt werden. Eine Isolationstechnik ist nur praxistauglich, wenn die Installateure von Warmwassersystemen diese Arbeiten routinemässig auf der Baustelle bewerkstelligen können. Das Entwicklungsteam der Helbling Technik AG hat für diese Aufgabe einen vielversprechenden Ansatz gefunden. Mit die-

sem werden Wärmeverluste an den Verbindungsstellen der Rohre vermieden, indem ein durchgehendes Vakuum hergestellt wird, das ohne Unterbrechungen den ganzen Warmwasserstrang umfasst. Bei dieser Methode werden die (mit Distanzhaltern ausgerüsteten Doppelrohre) direkt auf der Baustelle auf die benötigte Länge zugeschnitten, anschliessend mit Pressfittingen zusammengebaut und nach Fertigstellung auf der Baustelle evakuiert.

Da die am Markt verfügbaren Fittinge für eine Vakuumanwendung nicht dicht genug sind, werden diese nicht nur verpresst, sondern mit einer 50 Mikrometern dünnen Klebstoffschicht verklebt. Welche Klebstoffe sich eignen, hatten die Entwickler in einer eigenen Studie untersucht. „Nach unserer Einschätzung ist das ein praxistauglicher Ansatz, den wir an unserem Prüfstand aber noch eingehend testen wollen“, sagt Dipl. Ing. FH Hans Tischhauser, Leiter des Entwicklungszentrums Helbling Technik AG. Die Entwickler sind überzeugt, auf diese Weise eine thermische Isolation von Warmwasserrohren bauen zu können, die über 50 und mehr Jahre funktionsfähig bleibt. Gleichzeitig wollen sie sicherstellen, dass die Isolierfähigkeit des Doppelrohr-Systems kostengünstig überprüft und bei Bedarf auch zwischenzeitlich ausgepumpt werden kann, um wieder die volle Isolationswirkung zu erlangen.

Suche nach Industriepartner

Bis Mitte 2015 wollen die Entwickler ein Funktionsmuster, also einen Versuchsaufbau, parat haben, mit dem sie interessierten Heizungsfirmen demonstrieren können, dass die thermische Isolation eines Warmwasserrohrs mit VSI technisch machbar ist und die Mehrkosten über die Energieeinsparung amortisierbar sind. Gelingt dieser Nachweis, soll die Technologie anschliessend in Kooperation mit einem Partner (Rohrhersteller) industrialisiert werden. Und zwar nicht nur die Fertigung von Doppelrohren und Fittingen, sondern auch des Werkzeugs für Installateure. Zu prüfen sind mitunter auch passende Ge-

schäftsmodelle. So wäre es denkbar, dass die Hersteller mit den Rohren gleich auch deren Evakuierung auf der Baustelle anbieten.

Falls sich vakuumisolierte Warmwassersysteme in Haushalt und Industrie durchsetzen sollten, würde das grosse Einsparpotenzial nur schrittweise ausgeschöpft werden können. So dürfte die VSI-Technik zunächst eher bei Trinkwasser-Leitungen eingesetzt werden, weil hier die Temperaturunterschiede ganzjährig mit höheren Werten auftreten (ΔT bei 40 °C) und damit ein höheres Einsparpotenzial besteht als bei modernen Niedertemperatur-Heizsystemen (ΔT bei 15 °C). Die oben beschriebene Technik ist zudem nur bei Neubauten einsetzbar, wo Warmwassersysteme neu konzipiert und gebaut werden. Die Promotoren der Vakuumspalt-Isolation untersuchen allerdings auch, wie bestehende Leitungen mit der VSI-Technik nachgerüstet werden könnten. Das wird allerdings nicht ganz einfach. Diese Leitungen aus Kunststoff, Kupfer und verzinktem Stahl weisen meistens ein Ausgasverhalten und einen Verschmutzungsgrad auf, der deren direkten Einsatz als den Vakuumspalt begrenzende Rohre verunmöglicht. Bestehende Warmwassersysteme müssten daher jeweils vorgängig aufgearbeitet werden, damit eine Nachrüstung mit VSI-Technik möglich ist.

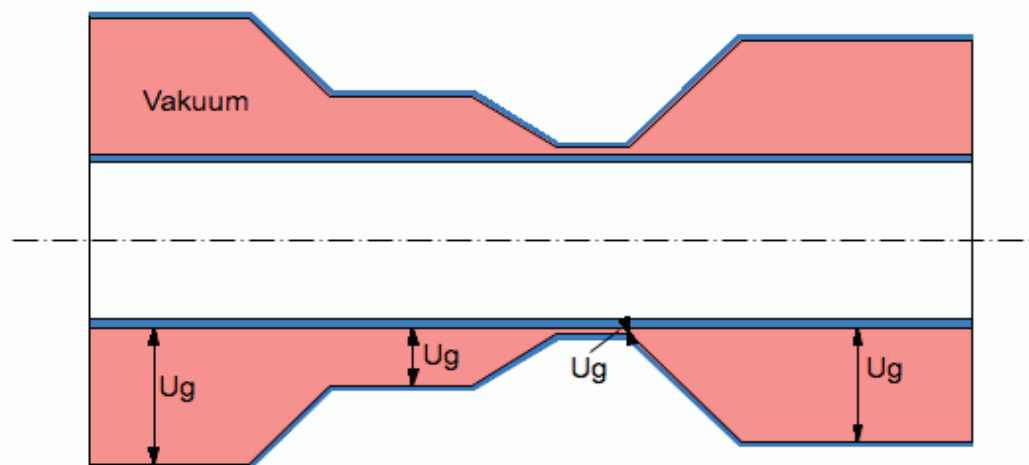
- » Zusätzliche Auskünfte zum beschriebenen Projekt erteilt Roland Brüniger, Leiter des BFE-Forschungsprogramms 'Elektrizitätstechnologien und -anwendungen': [Roland.Brueeniger\[at\]r-brueniger-ag.ch](mailto:Roland.Brueeniger[at]r-brueniger-ag.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte aus dem dargestellten Themenbereich finden Sie unter den folgenden Links: www.bfe.admin.ch/CT/prozesse sowie www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude.

5 Vakuum dämmt Warmwasserrohre

Bis zu 90 % besser isoliert

Mit dem Einsatz der Vakuumpalt-Isolation lassen sich die thermischen Verluste von Warmwasserrohren gegenüber konventionell isolierten Rohren (gemäss SIA-Norm 385/1) um 75 bis 90 % reduzieren. Das zeigen Berechnungen der Helbling Technik AG für Rohre mit einem Durchmesser von 15 bis 108 mm, wobei das Einsparpotenzial mit wachsendem Rohrdurchmesser zunimmt.

Damit die thermische Isolation voll zum Tragen kommt, muss im Vakuumpalt ein Unterdruck von 0,0001 mbar herrschen. Die Isolationswirkung hängt nicht von der Dicke des Vakuums ab, oder anders ausgedrückt: Wenn der Abstand zwischen Innen- und Aussenwand 1 mm, 1 cm oder 10 cm beträgt, bleibt die Wärmeisolation des dazwischen liegenden Vakuumpalts (ausgedrückt im Wärmedurchgangskoeffizienten U_g) immer gleich hoch. Dieser physikalisch bedingte Umstand ermöglicht den Ingenieuren bei der praktischen Umsetzung der VSI-Technik viel konstruktive Freiheiten.



U_g im veränderlichen Vakuumpalt ist konstant

Die Evakuierung der Warmwasserrohre nach fertiggestellter Installation soll nach Auskunft der Entwickler mittels eines kleinen Turbomolekular-Pumpstandes erfolgen. Gemäss den vorliegenden Berechnungen und Versuchen können mit einem solchen Kleinst-Pumpstand VSI-Leitungen bis ca. 100 m Länge innerhalb von 2 h auf den gewünschten Unterdruck gebracht werden. Um das Ausgasen zu verringern, wird man in der Praxis vermutlich über einen längeren Zeitraum – beispielsweise 24 h – abpumpen. Das Abpumpen kann theoretisch zu einem beliebigen Zeitpunkt nach der Installation stattfinden. BV

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Postadresse: CH-3003 Bern
Telefon +41 (0)31 322 56 11, Fax +41 (0)31 323 25 00
cleantech[at]bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch