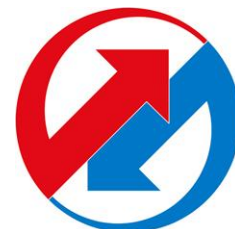




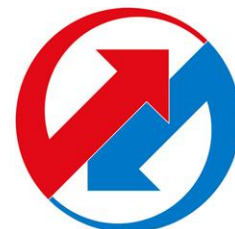
Mobile trassenlose Wärmeversorgung LaTherm GmbH

Abschlussbericht



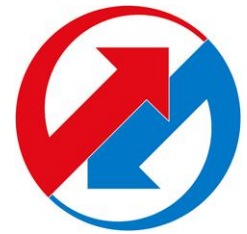
Inhalt

1	Vorwort	4
	1.1 Kurzbeschreibung des Vorhabens	4
	1.2 Öffentlichkeitsarbeit für die neue, innovative, CO2-freien Wärmeversorgung.....	4
	1.2.1 Internetauftritt	5
	1.2.2 Öffentlichkeitsarbeit	5
	1.2.3 Fachschulungen und Vorträge.....	6
	1.3 Wettbewerbe - Preise.....	6
	1.3.1 start2grow.....	6
	1.3.2 Umweltpreis der IG BCE 2007.....	6
	1.3.3 Deutschland - Land der Ideen 2009.....	6
	1.3.4 Ruhraward 2009.....	7
	1.3.5 Weconomy 2009 - Jungunternehmer treffen Manager	7
2	Technische Details des LaTherm-Latentwärmespeichers	8
3	Latentwärmespeicher.....	10
	3.1 Latentwärmespeichermaterial	10
	3.2 Aufbau Container	10
	3.3 Containerchassis	11
	3.4 Stellfläche und Containerwechsel	11
	3.4.1 Stellplatz: Quelle.....	13
	3.4.2 Stellplatz: Senke.....	14
	3.5 Andockstation	15
	3.5.1 Leckagefreie Kupplungen	15
	3.5.2 Schläuche.....	17
	3.6 Einbindung in das Heizungssystem.....	18
	3.6.1 Wärmequelle	19
	3.6.2 Wärmesenke	23
4	Logistiksteuerung.....	27
	4.1 Ausgangslage	27
	4.2 Datenübertragung	27
	4.2.1 Aufbau der Datenübertragung beim Pilotprojekt	28
	4.2.2 Intelligente Container.....	29
	4.2.3 Containerstandort über GPS.....	30
5	Sicherheitskonzept.....	30
6	Containererprobung.....	30



6.1	Ausfall der beiden ersten Container	31
6.2	Containerbetrieb	31
6.2.1	Wärmetauscher-Durchströmung	32
6.2.2	Anpassung der Entladung im Hallenbad	33
6.2.3	Anpassung und Weiterentwicklung des Wärmelieferungskonzeptes	33
7	Die Wärmeversorgung	34
7.1	Bilanzen für den Wärmetransport, Emissionen	38
7.1.1	Feinstaub	38
7.2	CO ₂ -Emission	39
7.2.1	CO ₂ -Ausstoß durch den Transport	40
8	Wirtschaftlichkeit	41
9	Förderpolitische Rahmenbedingungen	43
9.1	KWK-Bonus bei Biogas-Anlagen	43
9.2	EEWärmeG: Erneuerbare-Energie-Wärme-Gesetz	45
9.3	Industrielle Abwärme (Diskussionsbeitrag)	45
10	Danksagungen	47
10.1	Alfred Schneider GmbH	47
10.2	Gebr. Bruns GmbH	47
10.3	CABB GmbH	47
10.4	Vogt Logistik GmbH & Co. KG	47
10.5	Wilhelm Steinhaus GmbH	48
10.6	DEW 21, Dortmunder Energie- und Wasser-Versorgung GmbH ..	48
10.7	EDG, Entsorgung Dortmund GmbH	48
11	Zusammenfassung	49

Abb.1 Titelseite – LaTherm Container an der Andockstation vor dem Hallenbad Brackel als Wärmesenke des Pilotprojektes.



1 Vorwort

1.1 Kurzbeschreibung des Vorhabens

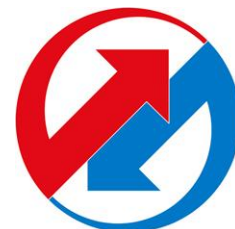
Die LaTherm-GmbH (LT) brachte ihren neuentwickelten Latentwärmespeicher auf den Markt, mit dem große Wärmemengen transportierbar gemacht werden können. Damit kann Abfallwärme aus Industrieprozessen (z. B. Chemiewerken, Aluminiumhütten oder Müllverbrennungsanlagen) aber auch von Blockheizkraftwerken gespeichert und an einem anderen Ort verwertet werden. Für Biogasanlagenbetreiber mit einem fehlenden Abwärmekonzept, ist die Möglichkeit der transportierbaren Wärme in der ländlichen Region von besonderem Interesse.

Bisher wird die Abwärme am Ende von Produktionsprozessen von der Industrie oft kostenträchtig entsorgt – sei es über einen Kühlturm oder über teure Kühlanlagen und Aggregate. Im Pilotvorhaben wird sie nun im Schwimmbad-Brackel zur Beckenbeheizung genutzt.

Wegen der zeitlichen und räumlichen Entkoppelung von Erzeugung und Nutzung dieser Wärme wird eine hohe Flexibilität erreicht. Durch diese Flexibilität, auch in der Be- und Entladung des Latentwärmespeichers, wird eine optimale Anpassung an den Wärmebedarf ohne die für Fernwärmenetze typischen Wärmeverluste erreicht. Im Rahmen des Pilotvorhabens ist die Technik erprobt und partiell verändert worden, so dass sie für den großtechnischen Einsatz zur Verfügung steht. Die zugrundeliegende Latentwärmespeicher-Technologie ist nun nachweislich in der Lage, eine technisch tragfähige, versorgungssichere, CO₂-arme Wärmebereitstellung zu gewährleisten.

1.2 Öffentlichkeitsarbeit für die neue, innovative, CO₂-freien Wärmeversorgung

Das Prinzip Wärme in großen Mengen zu speichern und auf die Straße bringen zu können, ist noch weitestgehend unbekannt. Wir kennen den mobilen Transport von Primärenergieträgern wie Kohle oder Erdöl. Bekannt ist auch der leitungsgebundene Transport des Primärenergieträgers Gas und Strom. Somit ist die mobile Versorgung mit Nutzwärme eine neue Art der Energieversorgung. Da bei einem Transport möglichst viel Wärme befördert werden soll, war der Gedanke naheliegend, physikalische oder chemische Effekte auszunutzen, die eine viel höhere Speicherkapazität haben als beispielsweise Wasser. Das Speichern der Wärme in Wasser würde zu keiner wirtschaftlichen Versorgung führen. LaTherm hat sich für einen physikalischen Prozess, der Wärmespeicherung in ein Phasenwechselmaterial (PCM: Phase change material) entschieden. Die im Phasenübergang gespeicherte Energie kann sehr groß sein. Ein Beispiel veranschaulicht das. Wandelt man Eis von 0 °C zu Wasser von 0 °C, so muss Energie zugeführt werden die ausreichen würde, die gleiche Menge Wasser von 0 °C auf 80 °C zu erwärmen. LaTherm setzt Natriumacetat-Trihydrat (NaAc) als Speichermedium ein. NaAc hat eine Schmelztemperatur von 58,5 °C. Bei dieser Temperatur wird die meiste Energie



gespeichert und wieder abgegeben. Diese Temperatur entspricht der Temperatur, die bei modernen Heizungsanlagen Stand der Technik ist.

1.2.1 Internetauftritt

Der Internetauftritt der Firma LaTherm ist über den Link <http://www.latherm.de> aufzurufen. Dort wird die Geschäftsidee, die Vorteile für die Kunden und die Umwelt dargestellt. Ferner sind dort unter dem Link „FAQ“ die häufig gestellten Fragen beantwortet worden.

1.2.2 Öffentlichkeitsarbeit

Die LaTherm-GmbH bemühte sich um eine intensive Pressearbeit, die auch beim Internetauftritt zeitnah nachgehalten wird. Seit dem Projektstart in Dortmund werden hier die meisten, in den Medien verfassten Artikel, über LaTherm aufgelistet. Weiterhin hat LaTherm an mehreren Wettbewerben teilgenommen um öffentliches Interesse zu wecken.

Ein Highlight war die Preisverleihung „365 Orte im Land der Ideen“ unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten Horst Köhler am 7.9.2009 im Hallenbad Brackel.

Zwei Monate später der Gewinn des Wettbewerbs enable2start der Financial Times Deutschland. Der Container wurde im Mai 2010 auf einer Hausmesse der Werkstätten GmbH, Nordhorn vorgestellt und bei einer Landwirtschaftsmesse, beim regional größten Bauernmarkt im Rottal/Passau Niederbayern (<http://www.karpfhamerfest.de>) präsentiert. (Mit entsprechender Presseresonanz.)

Die Aufnahme der Wärmelieferung in Bottrop erfolgte mit Beachtung in allen Medien.

LaTherm stellte den Container und sein Versorgungskonzept der Heizungsbranche auf der ISH (Internationale Sanitär- und Heizungsmesse, 2011), Frankfurt und Energiebranche anlässlich der Hannover-Messe, 2011 vor.

Speziell der Enable2start Gewinn hat eine vielfältige Resonanz verursacht.

Die „Financial Times Deutschland“ (FTD) lobt jährlich den Gründerwettbewerb „enable2start“ aus. Neben einem Preisgeld gehört zum Preis auch eine regelmäßige Berichterstattung über die geschäftlichen Weiterentwicklungen der Gewinnerteams, wodurch eine breite Öffentlichkeit informiert wird. Die Gewinnerteams werden ein Jahr begleitet, und es wird wöchentlich berichtet. Über LaTherm wurde im Zeitraum 12/2009 bis 12/2010 berichtet. Siehe:

<http://www.ftd.de/karriere-management/gruendung/:enable2start-gruendertagebuch-latherm-waerme-auf-raedern/50041860.html>

Die LaTherm Presseberichte, auch die in der FTD, haben zu ca. 300 Anfragen von interessierten Firmen oder Personen geführt. Einige Anfragen betrafen auch den Wunsch, für LaTherm als Handelsvertreter tätig sein zu wollen.



1.2.3 Fachschulungen und Vorträge

Für die zwischenzeitlich unter Vertrag stehenden Handelsvertreter wurden zwei Schulungen organisiert. Die erste Schulung fand am Firmenstandort statt. Für Teilnehmer, aus dem südlichen Deutschland, wurde eine Schulung in Nürnberg durchgeführt. Insgesamt wurden knapp 30 Personen geschult.

Das LaTherm-System ist auf mehreren Veranstaltungen und Kongressen vorgestellt worden (Auswahl).

- E-World, Essen 2/2009
- Energiekongress Ruhr, Essen 11/2009
- IRES, Berlin 11/2009
- FTD Greentech Konferenz, Frankfurt/Main 03/2010
- 4. Workshop CEESA, Tangermünde 09/2010
- Euroforum Wärmemarkt aktuell, Köln 09/2010

1.3 Wettbewerbe - Preise

1.3.1 start2grow

Der Gründungsinitiative start2grow begleitet und unterstützt Unternehmensgründer(innen) in Dortmund auf dem Weg in die Selbstständigkeit. Jährlich werden auch Gründungswettbewerbe ausgetragen. LaTherm gewann im März 2007 den start2grow-Wettbewerb für alle Branchen. Mit diesem Gewinn wurden die ersten Hürden zur ersten Finanzierungsrunde geebnet.

1.3.2 Umweltpreis der IG BCE 2007

Der seit mehr als 10 Jahren verliehene Umweltpreis der Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE richtete sich 2007 an Existenzgründer, die einen praktischen Beitrag zum Umweltschutz und zur nachhaltigen Entwicklung leisten.

1.3.3 Deutschland - Land der Ideen 2009

Die unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten stehende Initiative "Deutschland - Land der Ideen" würdigt an jedem Tag des Jahres eine besondere Idee. Am 07.09.2009, dem zweiten Geburtstag der LaTherm GmbH, hat uns die Initiative für unsere Idee der Wärmeversorgung aus Ab(fall)wärme ausgezeichnet.



1.3.4 Ruhreward 2009

Der Initiativkreis Ruhrgebiet ist ein Zusammenschluss von 68 führenden Wirtschaftsunternehmen. Mit dem Ruhr2030-Award zeichnete der Initiativkreis Ruhrgebiet herausragende Innovationen im „Meta-Kompetenzfeld Energie – Werkstoffe – Logistik“ aus.

1.3.5 Weconomy 2009 - Jungunternehmer treffen Manager

Die "Wissensfabrik" – und das Handelsblatt schreiben jährlich einen Gründerwettbewerb aus. LaTherm konnte auch diesem Wettbewerb mit seiner Geschäftsidee 2009 gewinnen.

Enable2start

Die Financial Times Deutschland und die Unternehmer TUM lobt jährlich den Gründerwettbewerb „enable2start“ aus. LaTherm gehörte im Jahre 2009 zu den 5 Gewinnerteams.



Deutschland
Land der Ideen



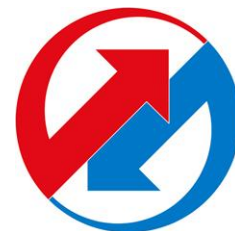
Ausgewählter Ort 2009



Initiativkreis
Ruhr®



enable2start



2 Technische Details des LaTherm-Latentwärmespeichers

Auszug aus der Spezifikation der Einzelkomponenten des LaTherm-Containers der Bauserie I

Komponenten

Der LaTherm-Container besteht aus einem Standard-Seecontainer, in dem das LaTherm-Heizsystem montiert ist. Der Aufbau der Einzelkomponenten ist im Folgenden beschrieben.

1. Container:

Standard-20-Fuß-Seecontainer	L x B x H: 6,06 m x 2,44 m x 2,59 m
Gewicht:	Das Gesamtgewicht des fertigen Containers darf 28,5 Tonnen nicht überschreiten
Leergewicht:	2.330 kg
Farbe:	Enzianblau - RAL 5010
Schild:	LaTherm - Logo beidseitig hinten, 800 x 1200 mm
Dämmung:	Nach der Montage aller Zubehörteile ist der Leerraum zwischen Hülle und Wanne mit Dämmmaterial zu verfüllen.

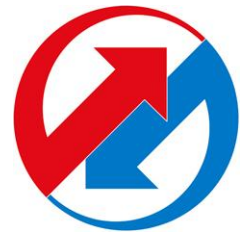
2. Innenwanne:

Material:	Edelstahl
Größe:	Einbaubar in einen 20-Fuß-Container, zur Aufnahme des Wärmetauschers
Position:	breitseitig vermittelt - längsseitig Achs- u. Sattellast entsprechend
Inhalt:	mindestens 17 m ³ Natriumacetat
Wandstärke:	mindestens 1 mm
Anschlüsse:	1 x DN 50 an der Container Rückseite 1 x DN 250 auf der Oberseite als Füll- u. Revisionsöffnung 1 x Ausdehnungsgefäß mit Be- und Entlüftung

3. Füllung

Natriumacetat-Trihydrat:	ca. 95,8 %
Hersteller:	CABB GmbH

4. Wärmetauscher:



Verteiler/Sammler:	Cu-Rohre - Verlegung nach dem Prinzip Tichelmann
Tauscherelement:	Cu-Rohre - Mäander
Schwallbleche:	Anzahl gemäß statischer Auslegung
Wärmeüberträger:	Wasser
Durchflussmenge:	Maximal 20 m ³ /h
Mindestwandstärke:	1 mm
Anschlüsse:	2 x DN 50
5. Leistungsdaten:	
Beladeleistung:	250 kW
Entladeleistung:	125 kW
6. Anschlussleitungen:	
Material:	Edelstahl
Dimension:	DN 50 - Anschlussgewinde mit 2“ Außengewinde
Ausführung:	Anschluss auf der Container-Rückseite an den Wärmetauscher mittels lösbarer Verbindung. Der geflanschte Wärmemengenzähler ist in die Rücklaufleitung einzubauen. Beide Leitungen werden mit Sicherheitselementen bestückt. Die Leitungen werden durchgängig gedämmt.



3 Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicher nutzen im Vergleich zu üblichen Wasserpufferspeichern den Phasenübergang bei dem eingesetzten Speichermaterial. LaTherm verwendet Natriumacetat als Speichermaterial. Dieses hat eine Schmelztemperatur von 58,5 °C. Bei dieser Temperatur findet der Phasenwechsel statt, was auch bedeutet, dass hier die größte Wärmemengenabgabe stattfindet.

Wesentlich bei der Latentwärmespeichernutzung ist, dass bei der Entladung des Speichers die Kristallisation immer und reproduzierbar einsetzt, wenn die Phasenübergangstemperatur durchlaufen wird. Nur wenn eigenständig die Kristallisation, und damit die Abgabe der Latentwärme einsetzt, ist ein Speichersystem für Wärmeversorgungszwecke nutzbar. LaTherm hat von Herrn Alfred Schneider das Patent erworben, das die Technik beschreibt und schützt, die immer eine Kristallisation beim Durchlaufen der Phasenübergangstemperatur auslöst. Bei allen Entladungsvorgängen hat die Technik einwandfrei funktioniert.

3.1 Latentwärmespeichermaterial

Natriumacetat wird aus Essigsäure und Natronlauge hergestellt. Beide Produkte sind Abfall-Produkte der chemischen Industrie, die entsorgt werden müssten. Insofern ist Natriumacetat relativ preiswert. Der Vergleich mit Paraffin, einem Material das ebenfalls zur Wärmespeicherung eingesetzt wird, zeigt, das Natriumacetat etwa die doppelte Speicherfähigkeit und einen viel niedrigeren Preis hat.

Wie oben schon gesagt, ist Natriumacetat das Salz der Essigsäure und der Natronlauge, die beide in große Mengen in der chemischen Industrie anfallen. Insofern steht das Speichermaterial in sehr großen Mengen zur Verfügung und wird auch bei Abnahme von vielen 100 t pro Jahr nicht teurer werden. Das Latentspeichermaterial ist über Jahrzehnte in kleinen stationären Speichern erprobt worden. Die ältesten Speicher (Größe: ca. 1 m³) laufen seit 30 Jahren stabil und reproduzierbar. Die Erfahrungen wurden beim Bau der großen, mobilen Speicher berücksichtigt.

3.2 Aufbau Container

Bei der Konstruktion und dem Bau des Containers war darauf zu achten, dass das Speichermaterial im Phasenübergang eine Volumenänderung von 11% erfährt. Die gesammelte Erfahrung von 2 Jahren zeigt, dass das System richtig dimensioniert und gebaut wurde. Beim Bau des Latentwärmespeichers wurde auf kostengünstige Standardkomponenten zurückgegriffen. Der Transportbehälter ist ein marktüblicher 20' Standardcontainer. Der Edelstahlbehälter für das Natriumacetat steht mittig im Container und hat eine Befüllöffnung und einen Druckausgleich. Der Zwischenraum zur Containeraußenwand ist gedämmt. Der mittlere Wärmeverlust beträgt ca. 650 Watt. Bei der geringen Wärmeabstrahlung der Containerhülle



entspricht die Außenflächentemperatur des Containers der vorliegenden Umgebungstemperatur. Der Wärmetauscher aus handelsüblichem Rohr im Behälter wird über zwei Anschlüsse am Heck des Containers herausgeführt. Dort wird die Be- und Entladung mit einem Wärmemengenzähler erfasst. Die beiden Anschlüsse sind leakagefreie Tankkupplungen aus der Flüssig-Transportlogistik mit unterschiedlichen Durchmessern, um ein Vertauschen der Schlauchanschlüsse (Vor- und Rücklauf) zu verhindern. Die Datenübermittlung vom Wärmemengenzähler (Volumenstrom, Vorlauf- und Rücklauf-temperatur, Leistung) erfolgt über eine Mobilfunkverbindung mit akkugepufferter Stromversorgung. Alle Container sind intern nummeriert.

3.3 Containerchassis

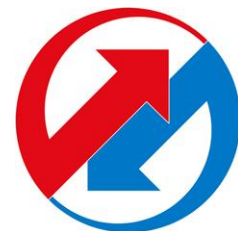
Der Transport bzw. das Absetzen – Abstellen von Wechselbehältern ist im Transportgewerbe auf vielfältige Weise realisiert. Für Container wird häufig das sogenannte Wechselbrückensystem eingesetzt, dabei werden an den Containerrechen vier Beine abgesenkt, die die Last aufnehmen. Das Chassis wird abgesenkt, unter dem Container bzw. der Wechselbrücke herausgefahren, und kann den nächsten Container, der auf einer Wechselbrücke steht, aufnehmen. Eine weitere Möglichkeit ist das Absetzen mittels eines Hakenlifts. Desweiteren gibt es die Möglichkeit, einen Container mittels eines Greifers aufzunehmen und von dem Chassis abzusetzen. LaTherm hat sich, nach reiflicher Überlegung entschieden, die Container auf dem Transportchassis zu belassen und dieses von Quelle zu Senke und umgekehrt zu bewegen, weil damit die höchste Sicherheit und die höchste Wechselfrequenz erreicht werden kann.

Bei Hakenliften beispielsweise besteht die Gefahr, dass beim häufigen Wechseln (theoretisch bis zu 700 Mal im Jahr) sowohl Hakenlift als auch Container den Belastungen nicht standhalten. Zumal eine Lebenszeit für die Container von 15 Jahren angestrebt wird. Das von LaTherm ausgewählte System hat zusätzlich den Vorteil, dass der Container immer waagrecht steht. Was unter anderem auch Vereinfachungen in der Konstruktion zulässt.

3.4 Stellfläche und Containerwechsel

Eine übliche Containerstellfläche besteht aus zwei Stellplätzen. Die benötigte Fläche ist ca. 7 m x 8 m. Um Rangierraum zu haben, sollte die Containerstellfläche die oben genannten Abmessungen nicht unterschreiten. Die notwendige Länge ergibt sich aus dem verwendeten Containerchassis. Die ebene Stellfläche soll auf Lasten von 30 t und die Zufahrt auf LKW-Transport ausgelegt sein.

Der Spediteur stellt an der Wärmesenke den vollen Container auf dem Containerchassis neben den leeren und nimmt anschließend den leeren Container zum Aufladen zur Wärmequelle mit. Damit der Spediteur den Wechsel von der Quelle als auch von der Senke her in seinem Tourenplan optimiert einfügen kann, sollte jeweils an beiden Objekten ein freier Stellplatz vorhanden sein. Üblicherweise wird der Wechsel an der Wärmequelle gestartet und der Container an der Senke getauscht. Dadurch wird der Grundlastwärmebedarf an der Wärmesenke ohne Unterbrechung bereitgestellt. Beim Wechseln der Container werden die



Schläuche mit den leckagefreien Kupplungen vom leeren Container an den vollen angeschlossen.

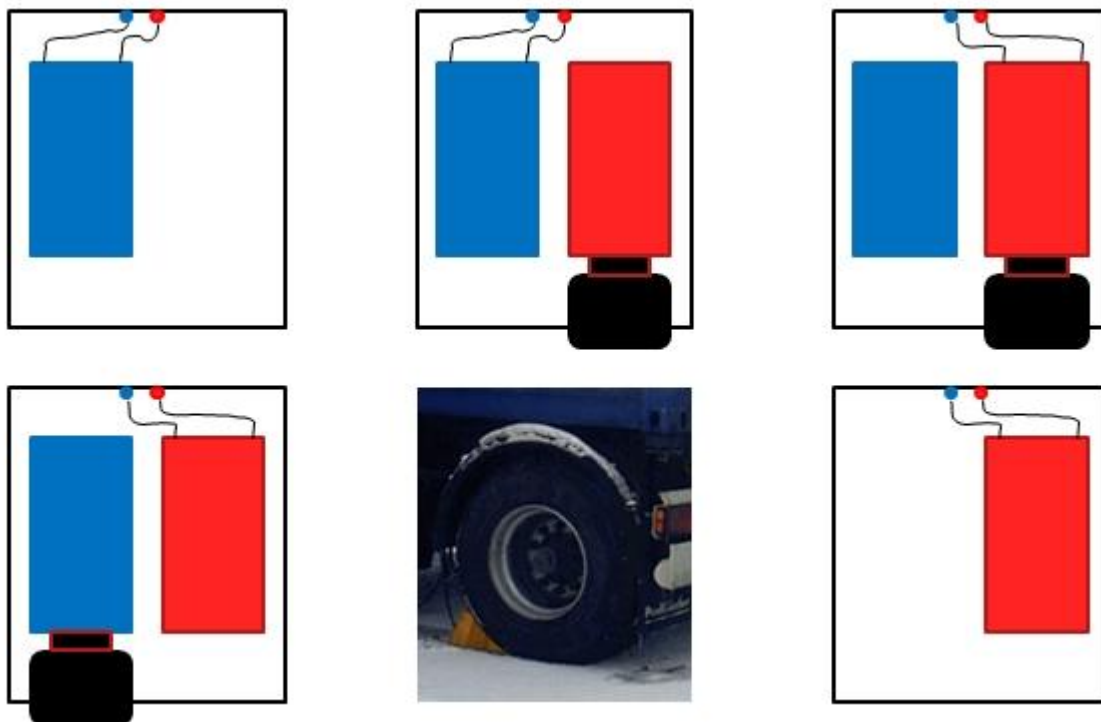
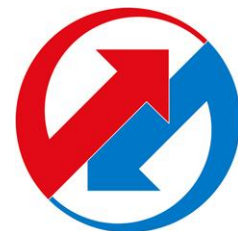


Abb.2 - Verlaufsgrafik zum Austausch des Containers an der Senke



3.4.1 Stellplatz: Quelle

Die Stellfläche auf der Deponie Nordost (44329 Dortmund, Lüserbachstraße 180) befindet sich am Heizhaus auf dem nördlichen Gelände. Das Gelände ist 24 h befahrbar. Östlich vom Heizhaus sind vier Container-BHKW-Module aufgestellt, mit denen das anfallende Deponiegas verstromt wird. Die Fläche um das Heizhaus ist vom Unterbau ausreichend tragfähig und asphaltiert. Zwischen dem dritten und vierten BHKW ist ein großer Stellplatz, an dem die Container rangiert werden können.

Auftretende winterliche Verzögerungen beim Anliefern der Container wurden dadurch behoben, dass der Deponie-Räumdienst auch den Anfahrtsweg für die LaTherm-Container mit höchster Priorität freiräumt. Weiterhin hat LaTherm Handräumgeräte und Streumaterial ortsfest bereitgestellt, um auch für Eventualitäten gerüstet zu sein.

Abb.4 - Container auf der Deponie Nordost an der Andockstation

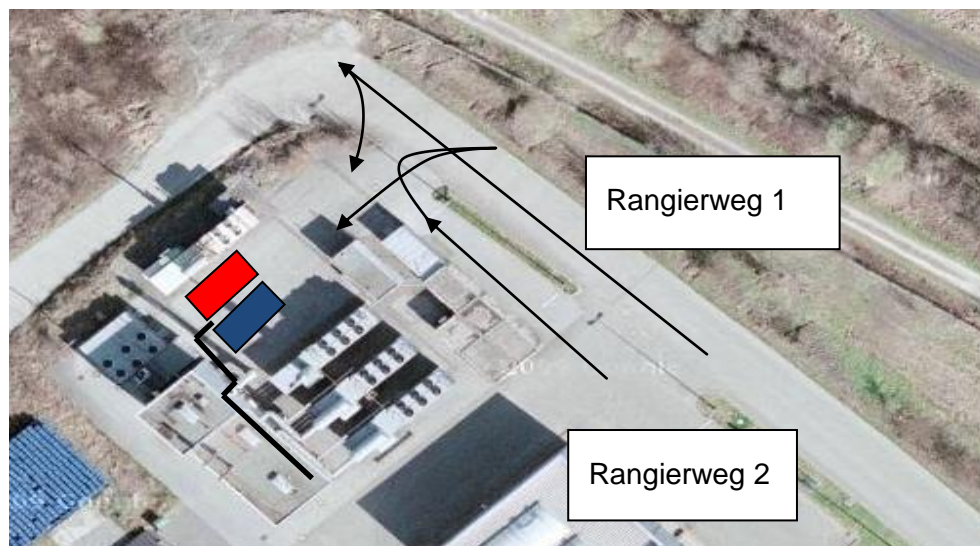


Abb.3 - Satellitenfoto der Stellfläche auf der Deponie Nordost mit zwei Rangiermöglichkeiten, markierten Stellplätzen und LaTherm-Leitung zur Heizzentrale.



3.4.2 Stellplatz: Senke

Das Hallenbad in Dortmund-Brackel (44309 Dortmund, Oesterstraße 68) hat einen zur Straße vorgelagerten Besucherparkplatz. Die Heizzentrale befindet sich im Untergeschoss in einer vom Parkplatz abgewandten Ecke des Hallenbades. Für den Stellplatz wurde eine 8 m * 8 m große Fläche der Wiese, die an den Parkplatz stößt, bei einer Begehung mit Vertretern der Stadt Dortmund, als Containerstellfläche festgelegt. Für die Stellfläche musste ein Bauantrag eingereicht werden.



Abb.5 – Luftaufnahme Hallenbad Brackel mit markierten Stellplätzen und LaTherm-Leitung zur Heizzentrale.

Die Stellfläche wurde nach einer frostfesten Gründung mit 2 m * 2 m Betonplatten ausgelegt. Für den Bauantrag wurde auch eine feuerpolizeiliche Begutachtung gefordert. Die Feuerwehr nutze die Gelegenheit, mit unserem Stellplatz gleichzeitig eine befestigte Fläche in unmittelbarer Nähe zum Schwimmbad zu erhalten, und erklärte, diese Fläche als Feuerwehrezufahrt. Für LaTherm bietet dieses keine Beschränkung, da immer nur ein Container im Einsatz ist, und genügend freier Durchfahrtsweg vorhanden ist. Es hat für LaTherm den Vorteil, dass die Zuwegung zum Stellplatz nicht durch parkende Autos versperrt werden kann. Die Wintererfahrung im Dezember 2010 führte auch bei der Senke dazu, dass die Stadt den Zuweg und die Stellfläche mit hoher Priorität räumt.

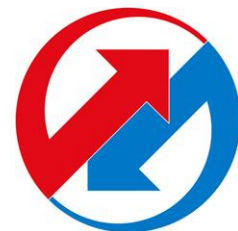


Abb.6 - Stellfläche am Hallenbad Brackel



Abb.7 - Container im Winter auf freigeräumten Parkplatz

3.5 Andockstation

Die Andockstation einer Wärmequelle oder einer Wärmesenke verbindet den internen Wasserkreislauf des Containers mit dem Heizungsnetz. Der Container wird mit Schläuchen angeschlossen. Die flexiblen Schläuche zwischen der Rohrleitung, der Andockstation und dem Container bestehen aus mindestens zwei Schichten, einem inneren, armierten Schlauch und einem äußeren Gummischlauch. Werden die Schläuche zusätzlich wärmedämmend, kommt eine thermische Isolationsschicht und eine äußere Schutzschicht aus einem Kunstfasergewebe hinzu. Über Spezialventile, die im Flüssig-Transportgewerbe gebräuchlich sind, wird der Container leakagefrei angekuppelt.

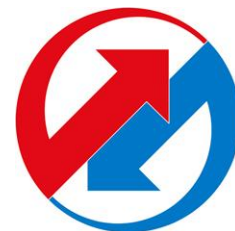
3.5.1 Leakagefreie Kupplungen



Bei den leakagefreien Kupplungen gibt es verschiedene Systeme. Es wurden bei dem Pilotprojekt Systeme mit Drückkupplung und mit Bajonettverschluss getestet.

Bei der Drückkupplung müssen beide Teile genau in axialer Richtung zusammengedrückt werden. Das Zusammendrücken erfolgt gegen den hydraulischen Druck im Heizungskreis.

Abb.8 - Kuppeln mit den Drückkupplungen, der obere Steckbolzen ist die Kodierung für diesen Anschluss



Nach der Testphase hat sich LaTherm für ein System mit Bajonnettkupplung entschieden. Hier wird das Schlauchteil (ROT) über das Tankteil gesteckt. Interne Dichtringe verhindern schon in dieser Kuppel-Position, dass Wasser austritt. Das Öffnen erfolgt mit einer Drehbewegung der Handgriffe.

Beide Tankteile (BLAU) sind konstruktionsbedingt dicht, wenn sie, wie oben gesagt, ineinander gesteckt sind. In diesem Zustand sind die beiden Ventilteller noch geschlossen und die Verbindung wird beim Formschluss über einen O-Ring abgedichtet. Durch Drehen des Bajonettverschlusses werden die Ventilteller geöffnet und der Wasserweg freigegeben. Beim Abkuppeln verläuft der Vorgang in umgekehrter Reihenfolge, sodass eine leckagefreie Kupplung gegeben ist. Das Schlauchteil kann nur in der Null-Stellung abgenommen werden. Funktionsweise: (Schlauchteil mit Griffen ROT, Tankteil BLAU)

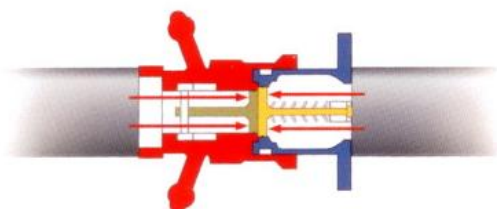


Abb.9-1 Bajonnettkupplung, erster Schritt - Aufstecken

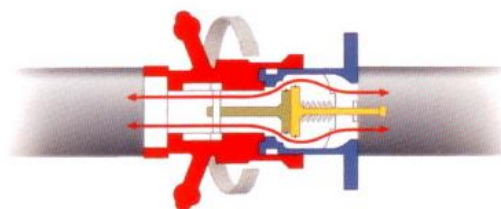


Abb.9-2 Bajonnettkupplungen zweiter Schritt - Drehen

Um Vorlauf- und Rücklauf nicht verwechseln zu können, wurden die Kupplungen in zwei verschiedenen Durchmessern am Container angeflanscht.



Abb.10-1 Satz Schlauchanschlüsse mit Doppelhandgriff



Abb.10-2 Satz Gegenstücke (Tankteile) für den Container



3.5.2 Schläuche

Die verwendeten Schläuche müssen den Druck und die Temperaturen in einem Heizungskreis bis 2,5 bar/110 °C aushalten können. Die Länge der Schläuche hängt von den konkreten Nutzungsbedingungen ab. Bei der Entladung mit einer Leistung von 125 kW, bei einem Volumenstrom von ca. 10 m³/h, ist ein Schlauchdurchmesser von 50 mm (DN 50) ausreichend. Bei der Beladung können deutlich höhere Leistungswerte vorliegen. Ab einer Leistung von 400 kW wird der Volumenstrom auf 20 m³/h heraufgesetzt und der Schlauchdurchmesser auf 65 mm (DN 65) vergrößert.

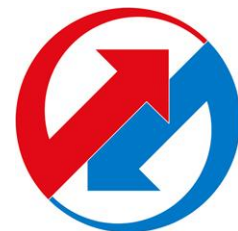
3.5.2.1 Nachträgliche Schlauchdämmung



Abb 11 - Container am Hallenbad mit gedämmten Anschlusschläuchen

Bei den ersten Be- und Entladungen wurden nur die armierten Gummischläuche eingesetzt. Untersuchungen und Messungen ergaben erhebliche Wärmeverluste an den Schläuchen. Deshalb wurden die Schläuche mit einem nahtlosen Polyurethan-Schlauch (Armaflex) isoliert.

Die Armaflexschläuche weisen eine hohe Isolation auf, sind aber gegen einen mechanischen Abrieb nicht geschützt. Deshalb wurde zusätzlich der wärmegegedämpfte Schlauch mit Feuerwehrschauch-Material ummantelt. Das ist eine gut gedämmte, aber noch ausreichend flexible Möglichkeit, den Container an der Quelle und Senke anzuschließen.



3.5.2.2 Thermografie von Container und Andockstation.

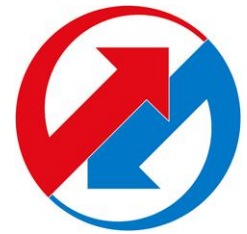


Abb.12 - Thermografiebild: Containerwechsel am Hallenbad Brackel

Das Thermografiebild zeigt den Fahrer beim Wechsel der Schläuche vom rechten leeren zum linken vollen Container. Die Reifen des linken Containerchassis mit dem angelieferten Container strahlen mehr Wärme ab, weil sie sich durch die Reibung während der Fahrt erwärmt haben. Ein Vergleich der Containeraußenwände zeigt keinen Unterschied zwischen der Innentemperatur, des inneren Behälters mit 40 °C bzw. 85°C, und belegt die gute Dämmung der Außenhülle. Der Schlauch auf der Schulter des Fahrers zeigt den Erfolg der nachträglichen Dämmung.

3.6 Einbindung in das Heizungssystem

Die Einbindung in das Heizungssystem kann direkt oder indirekt erfolgen. Bei direktem Anschluss fließt das Wasser der Heizungsanlage auch durch den Container, während im anderen Fall das Heizungsnetz und der Heizungskreis, der den Container durchströmt (LT-Kreis), hydraulisch durch einen Plattenwärmetauscher getrennt ist. LaTherm empfiehlt die



indirekte Einbindung, vor allem, wenn unterschiedliche Wasserqualitäten an Quellen und Senken vorhanden sind. Außerdem werden dadurch die Schnittstellen bzw. Verantwortlichkeiten definiert. LaTherm ist beispielsweise nicht verantwortlich für den hydraulischen Abgleich der Anlage, der hinter dem Wärmetauscher stattfindet.

Für die indirekte Einbindung in ein Heizsystem mit einem eigenen LaTherm-Kreislauf werden ein Plattenwärmetauscher, eine Heizungsumwälzpumpe und sicherheitstechnische Armaturen verlangt. Eine automatische Wassernachspeisung ist wünschenswert.

Abb 13 - Übergabestation im Technikgeschoß Hallenbad mit Plattenwärmetauscher (schwarz) und der Datenübertragung im kleinen Schaltkasten an der Säule links.

3.6.1 Wärmequelle

3.6.1.1 Quelle Allgemein: Temperatur und Leistung

Die Qualität einer Quelle für die Containerbeladung hängt von zwei Parametern ab, der Vorlauftemperatur und der Beladeleistung. Für die Beladung ist eine Mindesttemperatur von 80 °C aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll. Als maximale Temperatur wird 110 °C festgelegt. Der LaTherm-Kreislauf wird auf diese Maximaltemperatur ausgelegt. Und entspricht somit noch den Maximalwerten die laut Heizungsanlagenvorordnung noch erlaubt sind. Außerdem ist damit ein Sicherheitsabstand zu der Zersetzungstemperatur von 123 °C von Natriumacetat-Trihydrat festgelegt. Aus der Beladungstemperatur ergibt sich die Speicherkapazität des Containers, denn neben der latenten Wärme wird auch sensible Wärme gespeichert. Der Anteil der sensibleren Wärme steigt mit steigender Beladetemperatur. (Siehe folgende Abbildung)

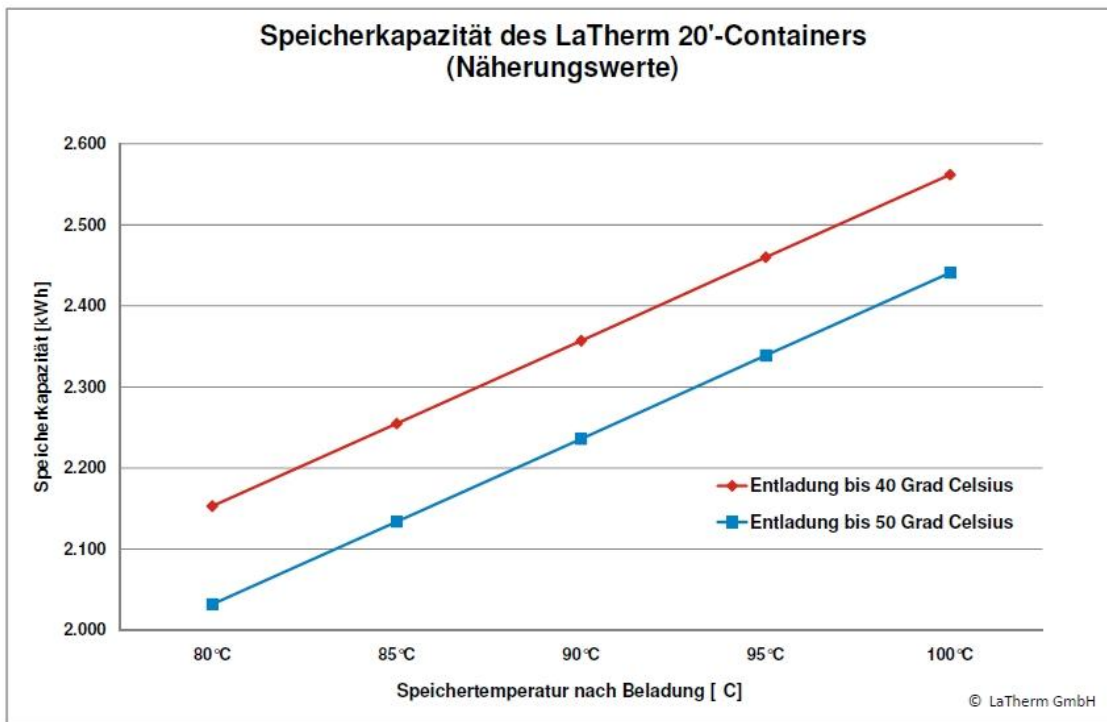
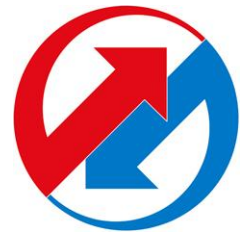


Abb. 13 - Speicherkapazität des Containers in Abhängigkeit von Be- und Entladetemperaturen

3.6.1.2 Heizzentrale Nordost

Auf der Deponie Nordost geben zwei BHKW-Module ihre Wärme (DEW21) vorrangig an das Nahwärmenetz des Deponiegeländes ab. Nimmt das Nahwärmenetz keine Wärme ab, wird diese über die Tischkühler entsorgt. Der LaTherm-Kreislauf ist indirekt mit einem Plattenwärmetauscher eingebunden worden. Der Wärmetauscher wird parallel zum Nahwärmenetz ohne eigene Pumpe durchströmt.

Im LaTherm-Rücklauf vom Container zum Wärmetauscher befindet sich ein Thermostatfühler. Dieser dient als Signalgeber für das Zu- bzw. Abschalten des Containers. Wenn der Container, zum Ende der Beladung, keine oder nur geringe Wärmemengen aufnimmt, löst der Thermostatfühler die Umschaltung des BHKW – Kühlkreislaufs auf den Tischkühler aus. Damit es zu keiner Überhitzung des Motors kommt.



3.6.1.3 Heizzentrale Nordost: Beladung

Der Container wird mit der maximal möglichen Temperatur der BHKW beheizt. Diese liegt zurzeit bei ca. 85 °C. Ein typischer Beladevorgang ist in beiliegender Abbildung dargestellt. Bei dieser Beladung wurde der Abschaltmechanismus durch das Thermostat-Ventil außer Funktion gesetzt, um die asymptotische Annäherung im Endstadium der Beladung untersuchen zu können.

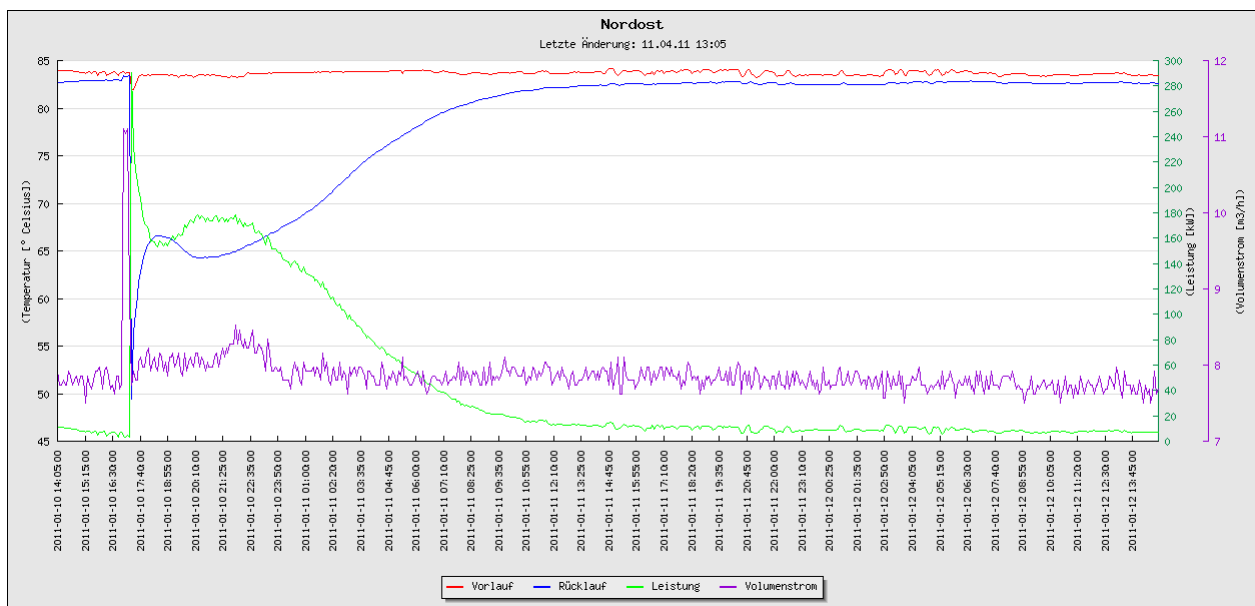


Abb.14 - Beladung auf Nordost: Verlauf der Vor- und Rücklauftemperatur vor und nach der Beladung mit Stellventil durchgehend in der Stellung „AUF belassen, Verlauf über 48 Stunden

Bei Deponie-Gasmangel schaltet ein Modul ab und die bereitgestellte Wärme reduziert sich, was in einem Abfall der Vorlauftemperatur zu sehen ist. Wenn gleichzeitig ein hoher Wärmebedarf durch das Nahwärmenetz besteht, könnte es vorkommen, dass der Container als Pufferspeicher funktionierte und kurzzeitig Wärme abgab.

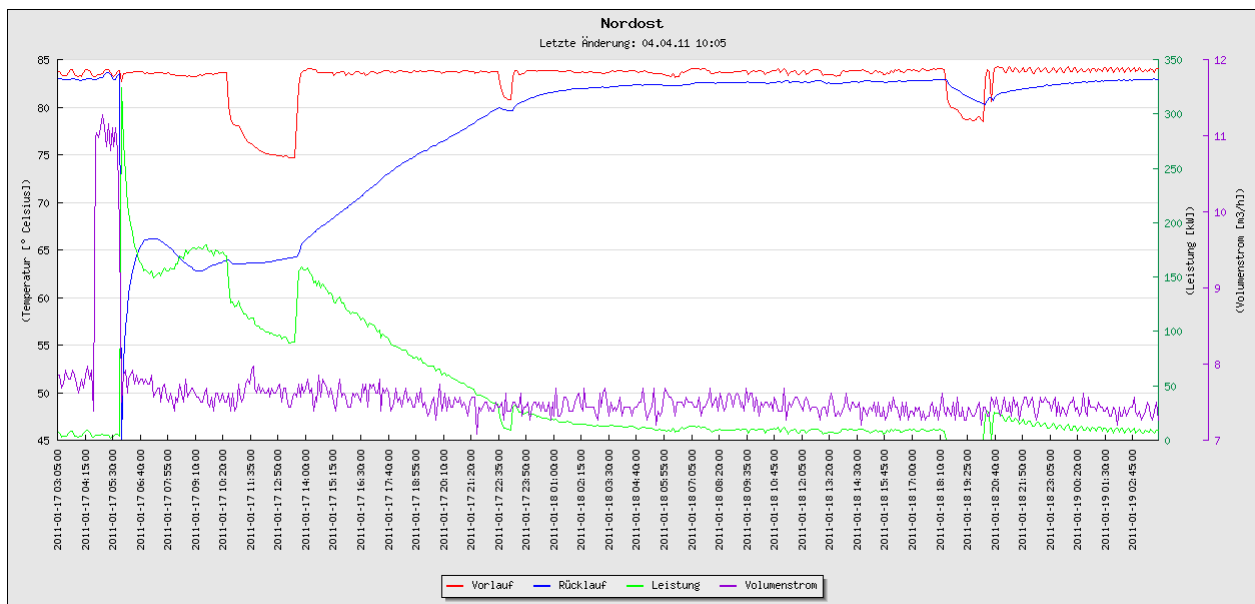
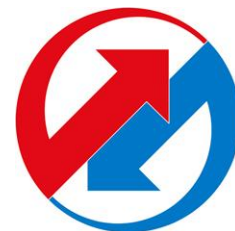


Abb. 15 - Beladung auf Nordost: Abschaltung eines der beiden Module führt zum Einbruch der Vorlauftemperatur und der Beladeleistung, Verlauf über 48 Stunden

3.6.1.4 Erweiterung Nordost bei steigendem Bedarf

Die Deponie Nordost ist die erste Wärmequelle für die mobile Wärmelieferung in Raum Dortmund. Die Beladung des Containers dauert ca. 14 Stunden. Da an der Senke von einer Entladungszeit von mindestens 1,5 Tagen auszugehen ist, könnten jetzt schon doppelt so viele Container an der Deponie beladen werden. Wenn ein weiter steigender Bedarf durch die Akquisition weiterer Senken im Raum Dortmund auftritt, kann ein BHKW-Modul mit einem Abgaswärmetauscher ausgestattet werden. Mit einer dann höheren VL-Temperatur könnte auch die Beladeleistung gesteigert werden. Zu dieser Option gab es schon gemeinsame Planungen mit den Betreibern, der DEW21. Umgesetzt wurde die Nutzung der Abgaswärme noch nicht.

Wie eingangs schon beschrieben, sind hohe Leitungen und hohe Temperaturen vorteilhaft für die Beladung der Container. Bei einer industriellen Quelle, der Kokerei Prosper, konnte dies nachgewiesen werden. Es konnte nicht nur die Beladungszeit um mehr als die Hälfte reduziert, sondern auch die volle Speicherkapazität von 2,5 MWh erreicht werden.



3.6.2 Wärmesenke

3.6.2.1 Senke Allgemein: Temperatur und Leistung

Der LT-Container liefert 70 % seiner Wärme als latente Wärme bei $55\text{ °C} \pm 3,5\text{ °C}$. Die Verwendung der Wärme in der Senke ist nur möglich, wenn in diesem Temperaturbereich genügend Wärme von der Senke abgenommen wird. Typische Abnahmesysteme sind Heizungssysteme, die auf Brennwerttechnik-Niveau arbeiten. Außerdem sind vorteilhaft für LaTherm, Heizungen als Flächenheizungen (Fußbodenheizung), Schwimmbecken- oder Brauchwassererwärmung. Container werden im Pilotprojekt nur für die Bereitstellung der thermischen Grundlast verwendet.

3.6.2.2 HB Brackel – Einbindung in das Heizungsnetz

Das Hallenbad Brackel ist ein fast 50 Jahre altes Bezirksbad in Dortmund mit zwei Schwimmbecken. Eine Detailanalyse der Wassertemperaturen im Heizungssystem des Hallenbades ergab, dass LaTherm den Speicher 2, die Fußbodenheizung, das Schwimmbecken, das Lehrschwimmbecken, die Umkleidekabinen und die Dachheizung ohne Umbaumaßnahmen mit Wärme versorgen könnte. Dies war auch die Grundlage für die, in der Antragsstellung ausgerechnete CO₂ Minderung, die auf 290 t pro Jahr abgeschätzt wurde. Auf Vorgabe der Stadt wurde LaTherm mit der Versorgung der Schwimmbecken beauftragt, was weniger als 30% der technischen Möglichkeiten ausmacht. Aus diesem Grunde ist eine CO₂-Einsparung von ca. 80 t pro Jahr zu verstehen. Im Heizkreis wurde eine Vorrangschaltung eingerichtet, die eine Abschaltung der konventionellen Heizung bewirkt, wenn ein beladener LaTherm-Container angeschlossen wird.

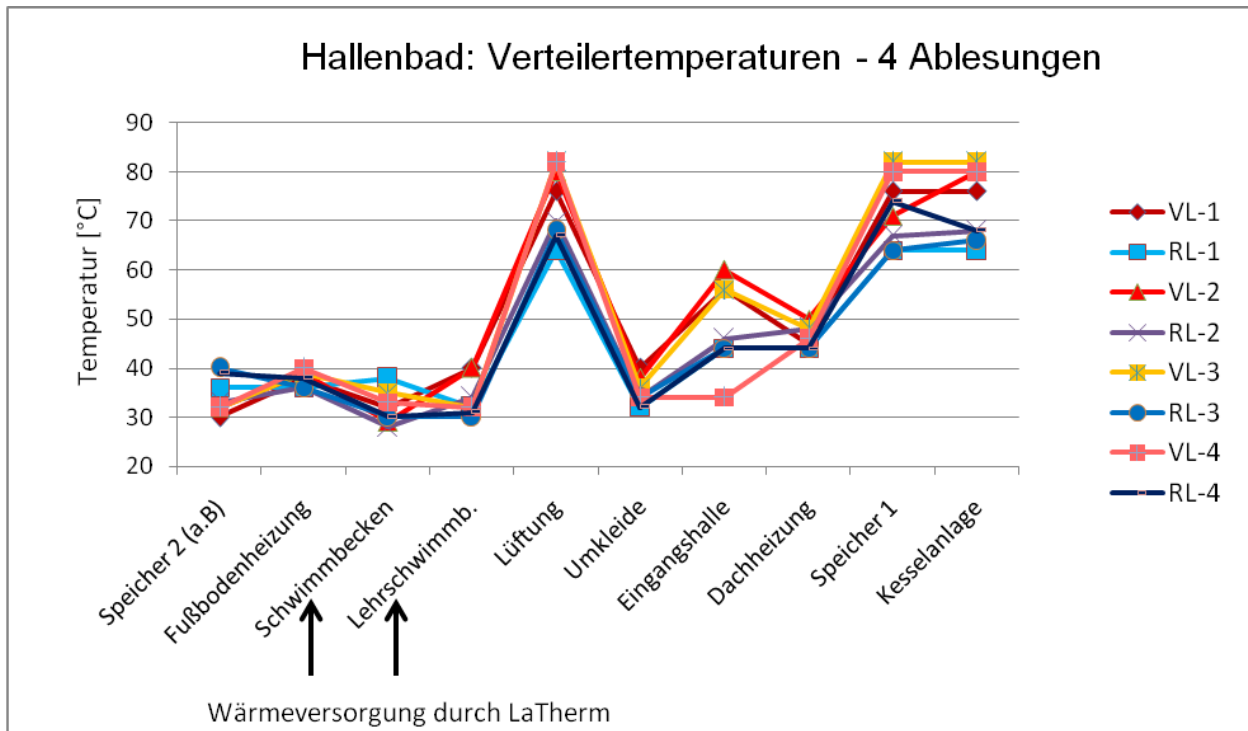


Abb. 16 - Verteiler im Hallenbad nach den angeordneten Verbraucherguppen und abgelesenen Vor- und Rücklauftemperaturen. Ablesetage: 25.01, 29.01, 09.03 und 15.03.2010.

Verbraucher mit hohen Rücklauftemperaturen sind die Lüftungsanlage und der Brauchwasserspeicher. Niedrigere Rücklauftemperaturen kommen von den statischen Heizflächen und der Fußbodenheizung. Das Schwimmbecken (28 °C) und das Lehrschwimmb. (30,5 °C) haben jeweils einen eigenen Beckenwasserkreislauf mit Schwallwasserbecken, Filter, Umwälzpumpe und Beckenwasserwärmetauscher.

Die Beckenwasser-Wärmetauscher sind für die Aufheizung eines frisch gefüllten Beckens in ca. 72 Stunden auszulegen. Im Regelbetrieb des Hallenbades werden diese Wärmetauscher nur mit einem Bruchteil der möglichen Leistung betrieben. Da die Wärmetauscher ein Alter von fast 50 Jahren hatten, wurden sie durch LaTherm erneuert. Dies wurde durchgeführt, weil WT nur eine endliche Lebensdauer haben und zu erwarten war, dass diese in absehbarer Zeit defekt würden. Da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass ein solcher Defekt mit der neuen Beheizung in Verbindung gebracht werden könnte, wurde diese Investition getätigt. Bei der Erneuerung der Wärmetauscher wurde der WT so ausgelegt, dass vereinbarte Ersterwärmung mit dem LaTherm-System möglich ist.

Die Beckenwassertemperierung im Badbetrieb benötigt nicht die volle Leistung der Beckenwasserwärmetauscher und kann durch die Anschlussleistung eines LT-Containers abgedeckt werden. Da beide Schwimmbecken unterschiedliche Wassertemperaturen haben,



sind auch die benötigten Heizungstemperaturen unterschiedlich. Wenn die LT-Vorlauftemperatur zu niedrig für die verlangte Beheizungstemperatur des jeweiligen Beckenwasserwärmetauschers ist, wird die Beheizung des Beckens auf die Kesselanlage umgeschaltet (Abschaltgrenze).

3.6.2.2.1 Schwimmbecken als diskontinuierliche Abnehmer

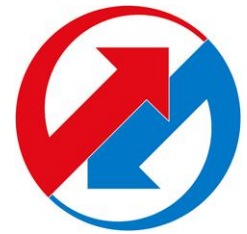
Theoretische Betrachtungen geben den Planern und Betreibern einer Anlage Anhaltspunkte für die Auslegung und den Betrieb der Anlage. Die Erwärmung des Schwimmbeckens mit 8 Bahnen (12,5 m * 25 m * ~2 m) um **ein Grad Celsius** erfordert eine Energie von 750 KWh. Das kleinere Lehrschwimmbecken (12,5 m * 8 m * ~1 m) benötigt 120 KWh. Mit den großen Wasserinhalten sind die Becken träge Regelsysteme. Wenn die Beckenwassertemperaturen um einen halben Grad Celsius schwanken können, müssen immer noch hohe Energiemengen bei einer diskontinuierlichen Beckenwassererwärmung zugeführt werden. Auf Grund der Auslegung ist in Brackel mit einer diskontinuierlichen Wärmeversorgung des Beckenwassers zu rechnen. Das Schwallwasser, übergelaufenes Beckenwasser, das in die Rinne schwappt, wird in einem Tank im Technikgeschoss gesammelt, nacherwärmt und je nach Tankniveau über die Schwallwasserpumpe in den Beckenkreislauf zurückgepumpt. Auch der Frischwasserzulauf erfolgt über den Schwallwassertank. Deshalb ist die Aufheizung der Beckenwässer ein diskontinuierlicher Vorgang, der von dem Temperaturschwellwert im Tank ausgelöst wird.

3.6.2.3 Wochen-Wärmebedarfsprofil der Schwimmbecken im Hallenbad

3.6.2.3.1 Einfluss Nutzung

	Öffnungszeiten		Schule		Öffentlich		Vereine	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Montag	08:00	22:30	08:00	14:00			14:45	22:30
Dienstag	08:00	22:00	08:00	14:00	14:00	19:00	19:00	22:00
Mittwoch	08:00	22:00	08:00	14:00	14:00	20:00	19:00	22:00
Donnerstag	08:00	22:00	08:00	14:00	14:00	19:00	19:00	22:00
Freitag	08:00	22:00	08:00	14:00	14:00	21:30	19:00	22:00
Samstag	08:00	18:30			08:00	16:00	16:00	18:30
Sonntag	07:00	19:00			07:00	14:00	16:00	19:00

Abb.17 - Nutzungszeiten für das Hallenbad Brackel im Jahr 2010



Bei einer stark bewegten Wasseroberfläche verdunstet mehr Wasser als bei einer ruhenden Oberfläche. In der Literatur wird zwischen vier Stufen von „Nichtbenutzung“ bis „Stark bewegt“ unterschieden diese betragen zwischen 50 - 150 W/m² Beckenfläche. Zum Einen wird das verdunstete Wasser durch 10 °C kaltes Frischwasser ersetzt, dass erwärmt werden muss, zum Anderen kühlt das Beckenwasser durch die entzogene Energie für die Verdunstung ab. Wasserverlust entsteht auch durch das Verlassen des Schwimmbeckens. Ein Jugendlicher mit Schwimmshorts nimmt durch das Verlassen der Becken ca. 20 Liter/Badbesuch mit.

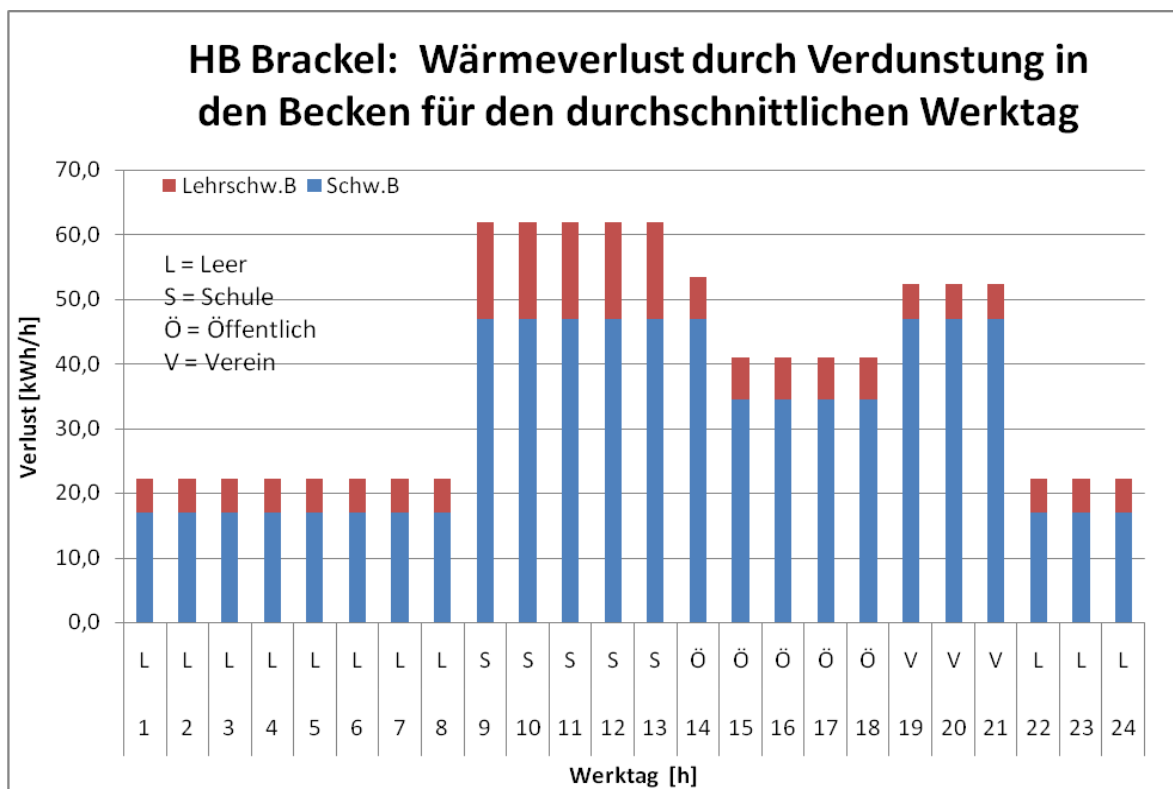


Abb. 18 - Hallenbad Brackel: Energieverlust für beide Becken durch Verdunstung in Abhängigkeit von der Art der Nutzung
Nutzungsarten: L = Bad geschlossen, S =Schulschwimmen, Ö = Öffentliches Schwimmen, V = Vereinsschwimmen

Wenn durch eine erhöhte Besucherzahl die Werte der Wasserqualität nicht eingehalten werden können, wird ein Teil des Beckenwassers gegen Frischwasser ausgetauscht. Die Erwärmung des zugegebenen Frischwassers ist keine regelmäßige Leistung, die nach festen Zeiten anfällt. Die tägliche Frischwassernachspeisung kann zwischen 20 m³/Tag und einem mehrfachen davon betragen.



4 Logistiksteuerung

Ein Ziel des Pilotprojektes war, auch Erfahrungen für die Logistiksteuerung zu sammeln. Welche realen Faktoren treten neben den theoretischen Faktoren noch auf und sind in die Logistiksteuerung einzubeziehen. Mit der Logistiksteuerung soll eine Prognose über den optimalen Austauschzeitpunkt für den Container an der Wärmesenke und bei mehreren Containern in Umlauf auch an der Wärmequelle gestellt werden.

Zur kontinuierlichen Wärmeversorgung sind (unter der Annahme, dass Transportmöglichkeiten immer vorhanden sind) die Voraussetzungen: einen vollen Container zu haben und den Entladezustand des an der Senke angeschlossenen Containers zu kennen. Zwei Stunden bevor dieser Container leer ist, wird ein Marschbefehl an den Spediteur gegeben, den leeren gegen den vollen Container zu tauschen. Dazu müssen in einer Leitzentrale alle Informationen vorliegen, die notwendig sind, einen Marschbefehl auslösen zu können. Fernablesbare Wärmemengenzähler (WMZ) sind am Markt verfügbare Geräte. Diese, in Verbindung mit Fernübertragungstechniken, sind die Basis für die Logistiksteuerung im Pilotprojekt.

Über den Zugriff auf vorhandene Verbrauchswerte an der Senke und die Sammlung senkenspezifischer Daten (z.B. Objektart und Nutzung oder Wärmeversorgung von Heizung, Brauchwasser, Beckenwasser) und deren Gewichtung wird der Verbrauch eingeschätzt und mit den tatsächlichen Verbräuchen überprüft, ggfs. angepasst. Über eine Lernzeit von einigen Wochen wird der objektspezifische Verbrauch über den Tages- und den Wochenturnus, sowie der Außentemperatureinfluss für das Gebäude kennengelernt und zu einer Prognose verarbeitet. Der Spediteur bekommt zwei bis vier Stunden vor dem Austauschzeitpunkt eine Meldung über die zu tauschenden Container (Uhrzeit, Standort, Container-Nr.)

4.1 Ausgangslage

Bei Aufnahme des Pilotbetriebes mit **einem** Latentwärmespeicher war es Ziel, den Container an der Quelle nach erfolgter Beladung wie auch an der Senke nach der Entladung zeitnah umzufahren. Nach Inbetriebnahme des zweiten Containers war es nur noch wichtig, die Entladung an der Wärmesenke zu betrachten, da die Beladung des anderen Containers an der Quelle schneller erfolgt und somit immer ein voller Speicher zur Verfügung steht.

4.2 Datenübertragung

Für das Pilotprojekt wurden „dumme“ Container eingesetzt. Die Wärmemengenzähler und die Funkverbindung wurden ortsfest in den Heizzentralen installiert.

Die nächsten Container wurden schon „intelligent“, d.h. mit WMZ und Funkverbindung ausgestattet.



Als Erweiterung werden die Container auch GPS-fähig ausgerüstet, um die Datenpflege der aktuellen Standorte zu erleichtern und die konkreten Positionen (Verkehrsstau) nachprüfbar zu machen.

4.2.1 Aufbau der Datenübertragung beim Pilotprojekt

Beim Pilotprojekt wurden bei Quelle und Senke in den Heizzentralen WMZ installiert. Die Daten sollten bei LaTherm online ausgewertet werden können. Es kamen drei Möglichkeiten der Datenübertragung in Frage:

Möglichkeit	Bewertung
DSL - Datenübertragung über das Telefonnetz	Abstimmung, Abrechnung mit Besitzern der Heizzentralen notwendig
Powerline – Datenübertragung über das Stromnetz	Abstimmung, Abrechnung mit Besitzern der Heizzentralen notwendig
Mobilfunkverbindung aus den Heizzentralen	Keine Abstimmung notwendig und eigene Abrechnung

Abb.19 – Möglichkeiten und Bewertung der Datenübertragungsarten

Die Datenübertragung mittels Mobilfunk wurde ausgewählt. Wegen der technischen Rahmenbedingungen (Funkverbindung aus einem Untergeschoss) wurde ein Mobilfunkanbieter ausgewählt, der im niedrigen Frequenzband (Frequenzbereich GSM-900) arbeitet. Bei der betrachteten Datenübertragung kommt es nicht auf eine schnelle, sondern auf eine stabile Verbindung an. In diesem Rahmen wurden verschiedene Anbieter (Datenmengen-Tarif, Zuverlässigkeit) ausprobiert. Als kostenminimierte Lösung werden stündlich die Datensätze der fünfminütigen Erfassungen als Paket zum FTP-Server geschickt. Der Mobilfunkprovider rechnet in 10 KB-Paketen ab. Das übertragene Datenvolumen beträgt ca. 5 KB.

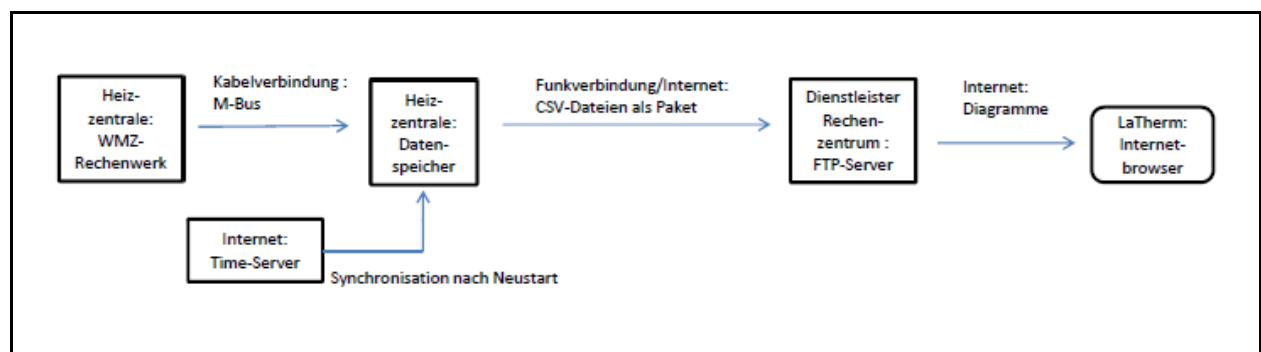
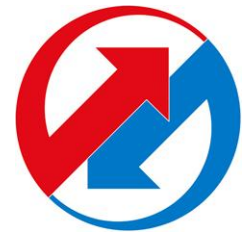


Abb. 20 – Schema Datenübertragung



Die Datenübermittlung bei einem WMZ ist als Industriestandard bisher nur für die passive Übermittlung ausgelegt. Das Versorgungsunternehmen ruft den WMZ an und bekommt die Daten für die Abrechnung übermittelt. Dies passiert höchstens in einem monatlichen Turnus. Bei dem vorgegebenen Modell der Logistiksteuerung für später viele Container, war es zwingend, die WMZ für eine aktive, automatische Übermittlung der Daten einzurichten. Es wurde eine Weiterentwicklung der Software für die aktive Übermittlung hinsichtlich der größeren Häufigkeit und der höheren Datenmenge in den ersten Monaten vorgenommen und an unseren Zielanforderungen ausgerichtet.

Die genutzte Datenübertragung mittels FTP (Übertragungs-Protokoll) und Datenspeicherung in einem Rechenzentrum hat sich als stabile Lösung etabliert.

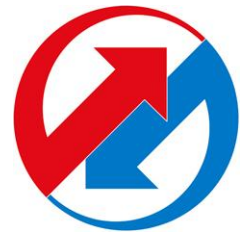
4.2.2 Intelligente Container



Im Rahmen des Vorhabens wurden die WMZ einschließlich der Funkverbindungen in den vorhandenen Containern nachgerüstet. Damit wurden auch die Komponenten erprobt, die zwischenzeitlich auch elektronische Standardausrüstung der Container sind.

Ein Ultraschall-Wärmemengenzähler für die Datenerfassung und die Mobilfunkkarte für die Übertragung wurden aufgerüstet. Die notwendige Stromversorgung für die Mobilfunkkarte wurde in einem ersten Schritt mittels eines aufladbaren 12 V-Akkus auf dem Container erreicht. Das Zählrohr des Wärmemengenzählers wurde in das Rücklauf-Rohr des Containers eingebaut. Das entspricht den Eichbedingungen des WMZ.

Abb. 21 - Ultraschall-Wärmemengenzähler mit Zählrohr in Flanschbauweise, geöffnetem Rechenwerk und den Temperaturfühlern



4.2.3 Containerstandort über GPS

Auf Kundenwunsch kann auch eine GPS-Ortung des Containers ermöglicht werden. Auch diese wurde im Pilotprojekt erprobt. Dabei findet einmal in der Minute eine GPS-Ortung statt, wenn sich die Position des Containers um 2 Meter geändert hat. Die GPS-Werte werden alle 5 Minuten auf den Server übertragen.

5 Sicherheitskonzept

Während die Aufladung der Container an der Wärmequelle in der Regel auf einem Betriebsgelände erfolgt, befindet sich die Stellfläche an den Wärmesenken eher im öffentlich zugänglichen Raum, z. B. an Schulen, Schwimmbädern, Krankenhäusern, Altenheimen, Logistikzentren. An einer Schule hat die Betrachtung der Sicherheit eine höhere Bedeutung als an einem Logistikzentrum. Um den Kunden eine größtmögliche Sicherheit zu geben, hat LaTherm eine Sicherheitsbegutachtung vom TÜV durchführen lassen.

Da das LaTherm-System neu im Markt ist, können noch keine einschlägigen Normen/Regelwerke existieren. Deshalb musste im ersten Schritt geklärt werden, welche Normen bzw. welche Auszüge aus Normen eine Relevanz für die Beurteilung des LaTherm-System haben. Nach den Voruntersuchungen wurde der TÜV Rheinland mit der abschließenden Beurteilung beauftragt. Die Latentwärmespeicher entsprechen den gängigen Anforderungen und die abgeschlossene Untersuchung führte zur Sicherheits-Zertifizierung des LaTherm-Latentwärmespeichers. (<http://www.tuvdotcom.com>, Nr. 0000031972).

Weiterhin ist es wichtig, bei der Beauftragung von neuen Speditionen, den Fahrer einzuweisen. Das betrifft hauptsächlich das richtige Kuppeln der Schläuche mit der erforderlichen 110 °-Drehung, damit ein gefahrloses Ankoppeln und der volle Wasser-Durchfluss gewährleistet sind. Die Unterweisung der Fahrer soll gegen Unterschrift bestätigt werden. Die LaTherm GmbH stellt darüber hinaus einen Frachtbrief aus, der bei Kontrollen vorzuzeigen ist oder bei Unfällen Anleitungen für das weitere Vorgehen enthält. Z. B. Sicherheitsvorschriften und Sicherheitsanalysen.

6 Containererprobung

Die eigentliche Zeit für die Containererprobung im Förderzeitraum wurde durch zwei Ereignisse beeinflusst. Zum Einen fielen die ersten beiden Container wegen Materialfehler aus. Sie wurden neu gebaut, so dass die regelmäßige Versorgung des Schwimmbades erst ab November 2009 möglich war.

Zum Anderen wurde das Hallenbad von Mai 2010 bis Mitte November geschlossen und mit Mitteln aus dem Konjunkturprogramm saniert. Während der Sanierung wurden die Container zum Beheizen eines Freibades eingesetzt.



6.1 Ausfall der beiden ersten Container

Am Tag der Erstinbetriebnahme der Container, nach Anschluss an das Heizungssystem, wurden Leckagen festgestellt. Flüssigkeit trat aus den Containern aus. Ursächlich dafür waren Risse im Wärmetauscher. Nachdem die Ursache aufgrund intensiver Untersuchungen bekannt war, wurde das System umkonstruiert und in der neuen Ausführung gebaut. Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen wurde vorerst nur ein Container gebaut. Die neue Ausführung erfüllte die Anforderungen, so dass der zweite Container mit einem Zeitversatz von ca. 3 Monaten in Auftrag gegeben werden konnte.

6.2 Containerbetrieb

Im November 2009 ist die Wärmelieferung mit einem Container aufgenommen worden. Die Messergebnisse der ersten 20 Zyklen wurden neutral von der Universität Bayreuth ausgewertet. Beim Steinbeis – Transferzentrum Angewandte Thermodynamik, Energie- und Verbrennungstechnik, Professor Brüggemann, Bayreuth, wurde die „Thermodynamische Analyse des LaTherm-Speichercontainers im realen Betrieb“ in Auftrag gegeben.

Über die theoretische Betrachtung der Be- und Entlademengen in den Heizzentralen konnten verschiedene Werte wie: max. Speicherkapazität, aber auch die mittlere thermische Verlustleistung der Container inkl. der Verluste der Zuleitungen bestimmt werden. Bei der Beladung kann der Container danach eine thermische Energie von maximal 2,8 MWh aufnehmen.

Die Ermittlung der Wärmeverluste in den Zuleitungen, insbesondere an den Schläuchen machte deutlich, dass dringend eine Wärmeisolierung der Schläuche notwendig war. Für die Abschätzung der Verluste von thermischen Speichern eignen sich statistische Methoden, welche den Verlauf der thermischen Energie über den betrachteten Zeitraum berücksichtigen. In der messtechnischen Energiebilanz eines Be- und Entladevorgangs werden die Verluste nicht berücksichtigt. Eine statistische Methode hat bei einer kleinen Anzahl von Messwerten allerdings noch einen großen Fehler. Sie ist aber eine etablierte Methode, thermische Verluste darzustellen.

Dabei wird der Verlauf der gespeicherten Energie und der entladenen Energie kumulierten aufgetragen. Siehe nachfolgende Abbildung.

Der Speicher hat eine feste, konstante Speicherkapazität. Dies müsste zu einer Steigung der kulminierten Werte führen, die Null ist. Eine Steigung bedeutet, dass Wärmeverluste vorliegen, d. h. der entladene Energiewert ist kleiner als der beladene Wert. Die Verluste setzen sich zusammen aus den Abstrahlverlusten des Containers und vor allem aus den Leitungsverlusten. Die Gesamtleitungslänge an der Be- und Entladestation beträgt mehr als 125 m.

Der Wärmeverlust des Containers ist, wie oben darstellt, gering. Wesentlich sind die Leitungsverluste. Welchen Einfluss die Wärmedämmung der flexiblen Anschlussrohre hat, zeigt



die Abflachung der Kurve bei ca. 60 Tagen. Die Wärmedämmung führt zu einer deutlichen Steigungsänderung, was einer deutlichen Verringerung der Wärmeverluste entspricht.

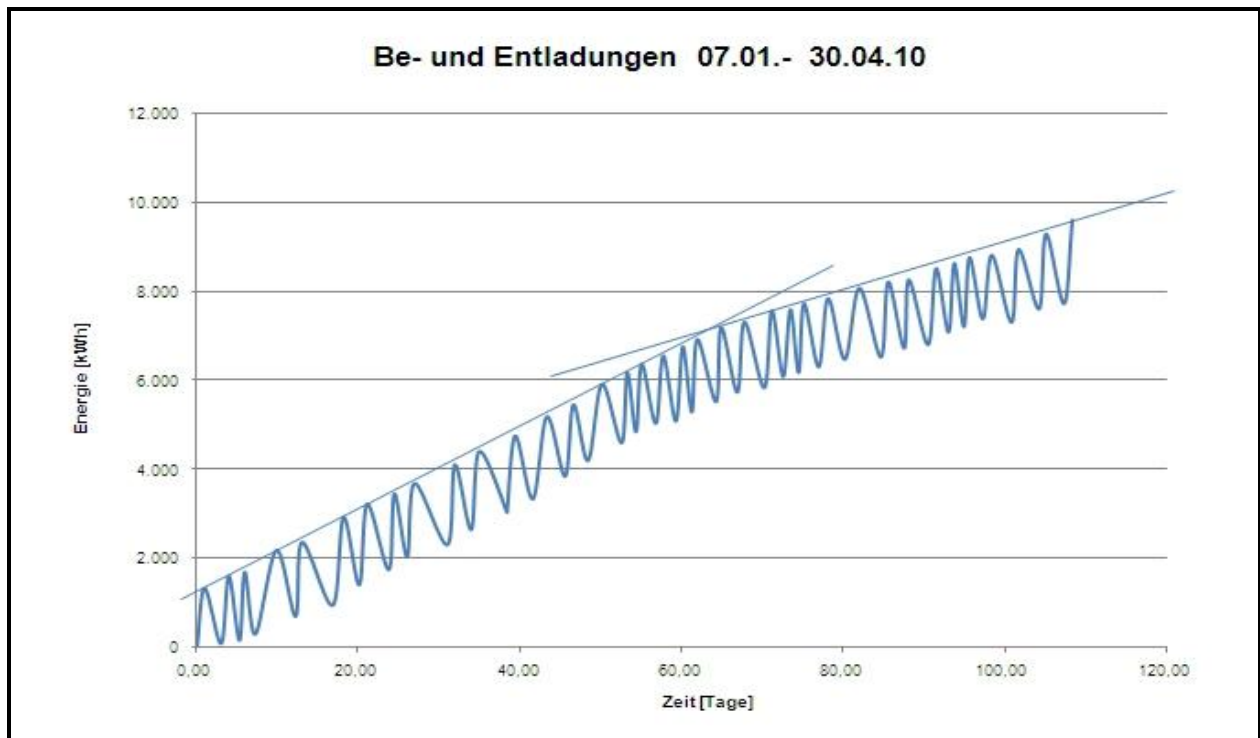
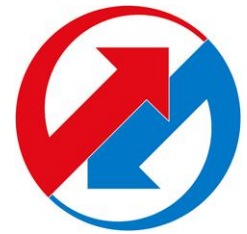


Abb. 22 - Aufsummierte Be- und Entladungen eines Containers über vier Monate;
Beladung = Linie nach oben, Entladung = Linie nach unten. Die Steigung des Graphen ist ein Maß für die Verluste.
Die nachträglichen Dämmmaßnahmen an den Schläuchen führen zu einer deutlichen Abflachung der Verlustkurve

6.2.1 Wärmetauscher-Durchströmung

Bei Betrieb des Latentwärmespeichers hat das Latentspeichermaterial den Phasenzustand fest oder flüssig. Das flüssige Natriumacetat-Trihydrat hat im Vergleich zum festen Material im betriebenen Temperaturbereich eine Volumenzunahme von über 11 %. Das ist sowohl bei der Konstruktion, dem Bau und dem täglichen Betrieb des Speichers zu berücksichtigen.

In diesem Zusammenhang unkritisch ist der Entladungsprozess. Er kann so gestaltet werden, dass die Kristallisation von unten startet, vom Boden des Speichergefäßes oder von oben. Die Kristallisation von oben (Konvektionentladung) ist theoretisch deshalb vorteilhaft, weil die Konvektion in dem noch flüssigen Material zur Homogenität der Wärmeabgabe führt. Diese Art der Entladung sollte nur vorgenommen werden, wenn die Wärmetauscherkonstruktion entsprechend ausgelegt ist und die im Wärmetauscher eingebauten Kristallisationskeime entsprechend positioniert sind. Für die LaTherm-Speicher sind beide Kriterien erfüllt, so dass



beide Entladungsarten erprobt werden konnten. Die Konvektionsentladung hat sich, auch im täglichen Einsatz, als vorteilhaft erwiesen.

In einigen Fällen der Konvektionsentladung konnte beobachtet werden, dass bei der Phasenübergangstemperatur ein leichtes Unterschreiten dieser vorkommen kann. Ungeachtet dessen fanden eigenständig die erste Kristallkeimbildung und das vollständige Durchkristallisieren des Speichermaterials statt.

6.2.2 Anpassung der Entladung im Hallenbad

Die Beheizung der beiden Schwimmbecken findet vorrangig durch LaTherm statt, wenn Container angeschlossen sind und kann durch die Heizungsanlage übernommen werden, wenn die Container leer sind. Für die Umschaltung sind Grenzwerte für die Temperatur im LaTherm-Kreis zu jedem Schwimmbecken festgelegt worden. Werden die eingestellten Werte unterschritten, wird das LaTherm-System ab- und das konventionelle Heizsystem zugeschaltet.

Um einen optimalen Grenzwert festzulegen, wurde dieser in mehreren Stufen von einem relativ hohen Wert auf einen Wert von ca. 35 °C reduziert. Dieser Wert liegt nur leicht über der Schwimmbeckenwassertemperatur, auf die der Grenzwert minimal reduziert werden kann. Damit ist es auch fast möglich, den Container vollständig zu entladen.

6.2.3 Anpassung und Weiterentwicklung des Wärmelieferungskonzeptes

Während des Betriebs traten zwei Schwierigkeiten auf:



Abb. 23 - Lufttöpfe mit Automatikentlüfter

1. Im wasserführenden System wurden Druckschwankungen festgestellt. Die Ursachenanalyse ergab, dass Lufteinschlüsse dafür verantwortlich waren. Die Luft wird unter anderem beim Ankoppelvorgang in das System eingetragen. Durch Einbau von Automatiklüftern an geeigneten Stellen wurde das Problem gelöst.
2. Beim Wintereinbruch war noch kein zweiter Container im Einsatz. Deshalb bestand die Gefahr, dass die Schläuche an der Andockstation einfrieren. Beim 2-Containerbetrieb wäre immer ein Container an einer Station angeschlossen gewesen und das System wäre ständig mit Wasser durchströmt worden. Damit hätte keine Gefahr des Einfrierens bestanden.



Beim 1-Containerbetrieb war diese Kontinuität nicht aufrecht zu halten. Entweder steht der Container an der Beladestation oder an der Entladestation. Bei der jeweils anderen Station besteht somit die Gefahr des Einfrierens.

Das Problem wurde dadurch gelöst, dass ein Bypass an jeder Station installiert wurde mit dem die Anschlusschläuche kurzgeschlossen werden konnten, so dass auch ohne Containereinbindung eine Durchströmung gewährleistet war. Die kontinuierliche Durchströmung mit Wasser verhindert das Einfrieren.

7 Die Wärmeversorgung

Nachdem die wesentlichen technischen Probleme beseitigt waren, konnte die reguläre Wärmeversorgung aufgenommen werden. An Hand folgender Abbildungen werden der Betrieb und die Flexibilität des LaTherm-Systems kurz dargestellt.

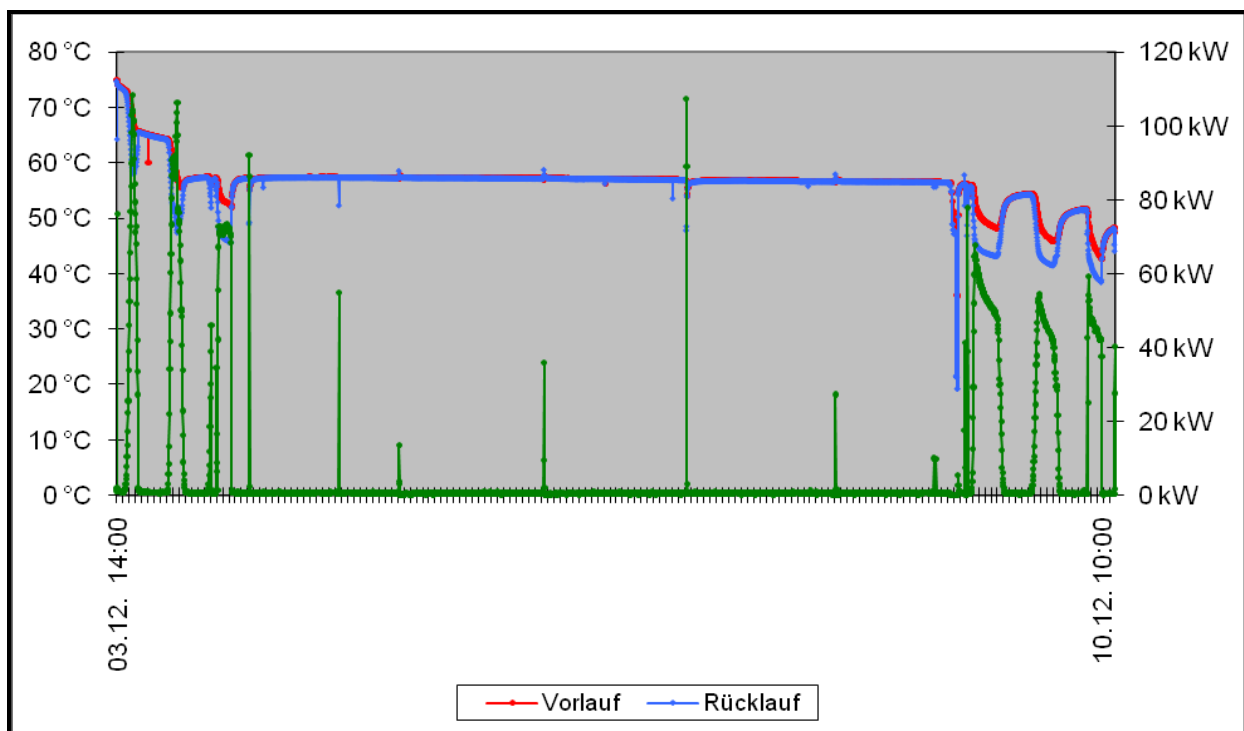


Abb. 23 - Fehlende Entladung führt im Bereich der Phasenübergangstemperatur zu konstanter Leitungstemperatur über Tage.

Die Abbildung verdeutlicht, dass ein Latentwärmespeicher im Einsatz ist. Der Container wurde am 3.12. angeschlossen. Der Entladevorgang ist bis zum 10.12 dargestellt. In den ersten Stunden wurde die sensible Wärme (der Temperaturbereich von der Beladetemperatur von



75 °C bis zur Phasenübergangstemperatur von 58,5 °C) in drei Schritten entnommen. So wurde gerade die Phasenübergangstemperatur erreicht, bei der der Speicher eine ganze Woche verharrte, obwohl einzelne Entladungsvorgänge, mit Entladeleistungen von über 100 kW kurzfristig auftraten. Außerdem wurden die ganzen Leitungsverluste während dieser Zeit ausgeglichen.

Der Grund für die lange Standzeit war, dass ein Regelelement der Heizungsanlage ausfiel und LaTherm nicht die geplante Wärmemenge abgeben konnte. Im ersten, sensiblen Teil der Entladung wurden mehrere hundert Kilowattstunden abgegeben. Die Wärmeabgabe in den nachfolgenden 6 Tagen war in der gleichen Größenordnung. Dennoch ist über diese Zeit ein konstanter Temperaturverlauf zu sehen, ein Phänomen, das nur bei Latentwärmespeichern auftritt. Bei einem Wasserspeicher wäre eine kontinuierliche Temperaturabnahme festzustellen. Erst als der technische Fehler behoben wurde, konnte mit der normalen Entladung fortgefahren werden. Dieses, wenn auch ungeplante Ergebnis zeigt aber auch, dass bei Latentwärmespeichern der überwiegende Teil der gespeicherten Wärme bei der Phasenübergangstemperatur abgegeben wird.

In der Abb. 24 werden nur die ersten sieben Stunden einer Entladung vergrößert dargestellt. Die rote Kurve zeigt die Vorlauftemperatur, die blaue die Rücklauftemperatur und die grüne Kurve gibt die Leistung an, mit der der Container jeweils entladen wird.

Die Beladetemperatur der Container war ca. 78 °C, weil zu dem damaligen Zeitpunkt die Quelle keine höhere Temperatur bereitstellen konnte. Das Heizsystem des Schwimmbads entnahm zu Beginn der Entladung Wärme mit einer Leistung von ca. 230 kW. Die Leistungsaufnahme fiel in den nächsten Stunden auf ca. 100 kW und reduzierte sich auf Null. Das System brauchte für einige Zeit keine Wärme. Anschließend sind einige Entladevorgänge von 120 kW zu sehen. Dieses Bild veranschaulicht, dass das LaTherm-System flexibel auf die Anforderungen reagiert, teilweise höhere als spezifizierte Werte abgeben kann und auch kurzfristig seine Leistungsabgabe auf die Bedürfnisse des Kunden anpassen lässt. Im rechten Teil des Bildes ist auch zu sehen, dass bei Erreichen der Phasenübergangstemperatur bei Wärmeentnahme eine leichte Reduktion der Vorlauftemperatur auftreten kann, die sich aber sofort wieder erholt, wenn Ruhephasen eintreten.

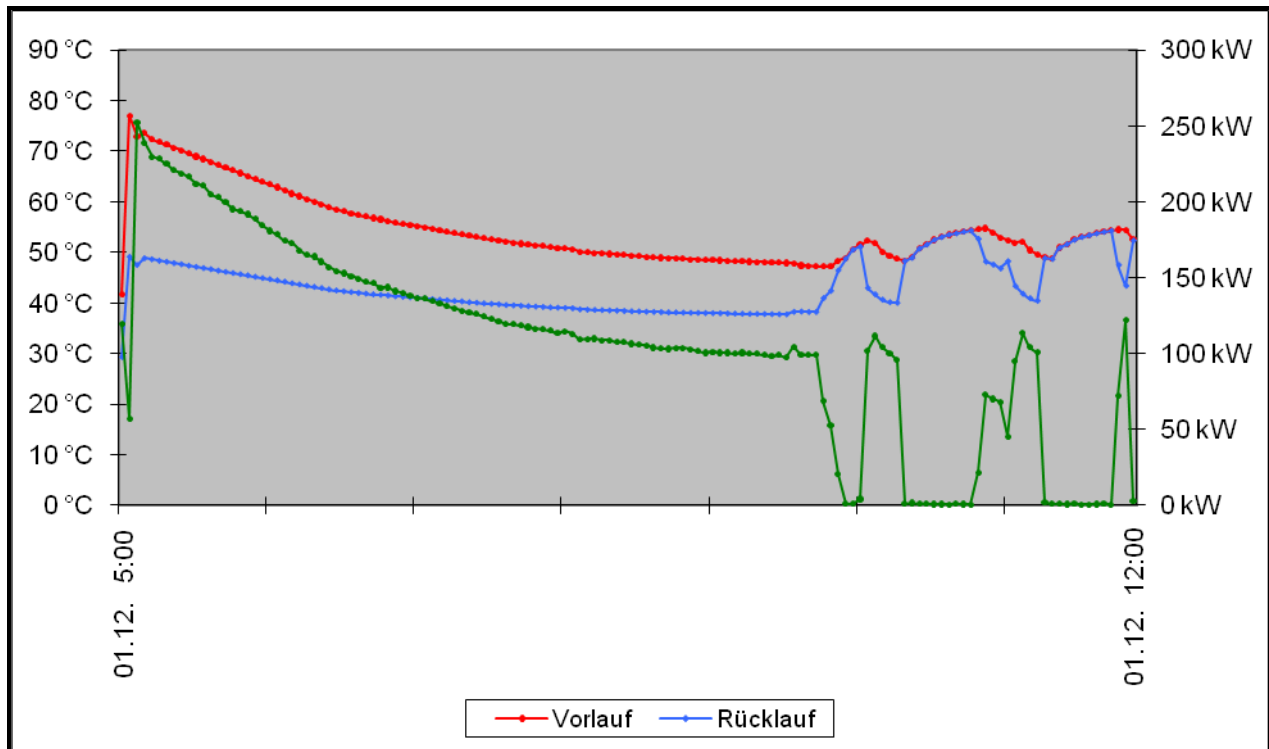
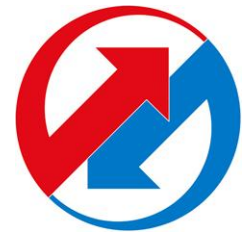


Abb. 24 - Flexible Anpassung des Speichers auf die benötigte Nutzwärme der Beckenwärmetauscher.

Eine weitere Entladung ist in der nächsten Abbildung zu sehen. Nach Anschluss des Containers an die Heizungsanlage, wurde zu Beginn nur eine minimale Leistung abgenommen, die dann stufenweise wuchs und ab einen bestimmten Zeitpunkt schlagartig auf eine Leistungsentnahme von 150 kW anstieg und kurze Zeit später sogar auf ca. 200 kW. Die Leistungsentnahme reduzierte sich dann auf ca. 120 kW und fiel bis auf ca. 80 kW ab. Mit dieser Leistungsabnahme (die sich leicht auf 60 kW reduzierte) wurde der Container entladen.

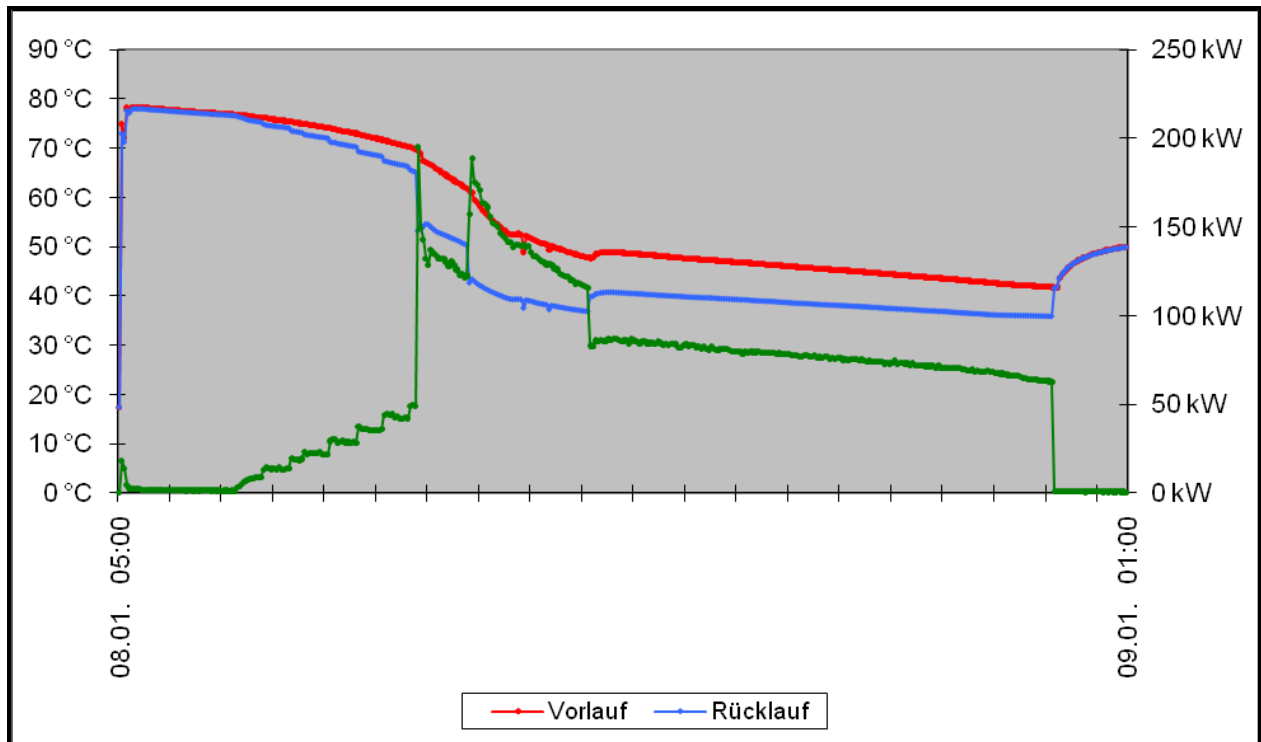
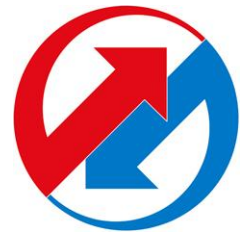
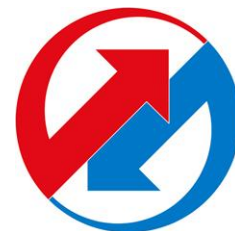


Abb. 25 - Anfänglich gestufte Wärmeanforderung durch die hochgetaktete Pumpe für das Schwimmbecken, später zusätzlicher temporärer Bedarf des Lehrschwimmbeckens.

Die letzten beiden Abbildungen zeigen, dass sowohl kontinuierliche Entladungen als auch eine unterbrochene Entladung mit dem LaTherm-Speicher möglich sind.

Als Daumenregel konnten wir feststellen, dass bei einer Temperaturdifferenz (zwischen Vor- und Rücklauf) eine Leistung von etwa 10 kW pro 1K Temperaturunterschied vom System abgegeben wird.

Entladekurven dieser Art liegen nun vielfach vor. Damit hat sich für LaTherm auch die Reproduzierbarkeit der Be- und Entladevorgänge bestätigt.



7.1 Bilanzen für den Wärmetransport, Emissionen

7.1.1 Feinstaub

Die nachfolgende Übersicht basiert auf dem Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes zum Thema Staub/Feinstaub vom März 2005 und gibt die Staubemissionen in Kilotonnen/Jahr an.

				Staub	Feinstaub	Grobstaub
				286,0	147,9	138,1
Außer Verkehr	Industrie	286,0	174,2	94,5	56,7	37,8
	Schüttgut			44,0	8,8	35,2
	Verbrennungsprozesse			35,7	34,3	1,4
Verkehr	Verbrennungsprozesse		111,8	34,8	34,8	0,0
	Reifenabrieb			70,0	7,0	63,0
	Bremsabrieb			7,0	6,3	0,7

Abb. 26 - Staubanfall nach Verursachern und Staubarten

Die bundesweit durch Verbrennungsprozesse im Straßenverkehr erzeugte Feinstaubmenge macht ungefähr 23,5 % des insgesamt erzeugten Feinstaubes aus.

Die Studie weist aus diesem Grund zusätzlich auf folgendes hin: „Dieselrußemissionen lassen sich technisch durch eine Verbesserung der motorischen Verbrennung, Abgasnachbehandlung mit Dieselrußfiltern [...] reduzieren. Besonders wirksam sind Dieselrußfilter: Diese erreichen eine Abscheiderate von mehr als 99 %, so dass die Partikelkonzentration im Abgas fast schon das Niveau der Umgebungsluft erreicht“. Bestätigt werden diese Aussagen auch in der im Juli 2006 veröffentlichten Studie des Bundesumweltamtes „Verkehrliche Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub – Möglichkeiten und Minderungspotenziale“.

Die von LaTherm beauftragten Speditionen setzen ausschließlich modernste Fahrzeuge (EURO V-Norm) ein, die selbstverständlich mit Dieselrußfiltern ausgerüstet sind. Somit ist die verbrennungsbedingte Feinstaubbelastung nahezu Null.

Laut einer Studie des Bundeswirtschaftsministeriums entfielen 2006 ca. 43,7 % der insgesamt in Deutschland verbrauchten Energie auf den Haushalts- und Dienstleistungssektor; hiervon wiederum entfallen 30,2 % auf den Heizungs- und 5,1 % auf den Warmwasserbereich.

Gemäß einer 1999 erstellten Studie (u. a.) des Bundeswirtschaftsministeriums kommen aufgrund von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten lediglich 30 % der aufgewendeten Primärenergie beim Verbraucher als Nutzenergie an, so dass für die Wärmeversorgung im Verhältnis zur tatsächlichen Nutzenergie ein gewichteter Feinstaubindex von 2,3, also in mindestens mittlerer Höhe, zugrundegelegt werden muss. Auf diese Verbrennungsprozesse mit



mittlerer Feinstaubbelastung kann durch die LaTherm-Wärmeversorgung vollständig verzichtet werden.

Da LaTherm ohnehin vorhandene Abfallwärme nutzt, sind keinerlei (verlustbehaftete) Umwandlungs-/Verbrennungsprozesse mehr erforderlich. Durch die Vermeidung von Verbrennungsprozessen mit mittlerer Feinstaubbelastung stehen geringe Feinstaubbelastungen durch Reifen- und Bremsabrieb gegenüber, da Fahrzeuge nach EURO V-Norm eingesetzt werden, ist die Feinstaubemission durch die motorische Verbrennung zu vernachlässigen. Insgesamt führt das LaTherm-System, trotz des Transportvorgangs, zu einer Verbesserung der Feinstaubbelastung im häuslichen und gewerblichen Anwendungsbereich.

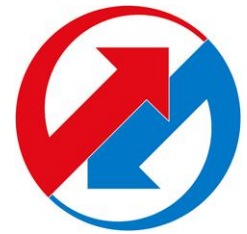
7.2 CO₂-Emission

Bei der Ermittlung der Emissionen werden die Ausarbeitungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zugrundegelegt. Sie beinhalten nicht nur die direkten CO₂-Emissionen bei der Verbrennung, sondern auch die vorgelagerten Emissionen nach GEMIS, die bei Förderung und Transport des Primärenergieträgers auftreten. Zur Veranschaulichung werden die direkten und indirekten Emissionen für 1 m³ Erdgas und 1 Liter Heizöl (beides ca. 10 kWh Energie) aufgeführt. Es wird mit der Gesamtemission gerechnet.

	CO₂ Emission, direkt/10 kWh	CO₂ Emission, indirekt/10 kWh	CO₂ Emission, gesamt/10 kWh	CO₂ Emission/MWh
1 m³ Erdgas	2,15 kg	0,34 kg	2,49 kg	250 kg
1 Liter Heizöl	2,62 kg	0,50 kg	3,12 kg	310 kg

Abb. 27 - Gesamtemissionen bei der Nutzung einer 10 kWh-Einheit verschiedener Primärenergieträger

LaTherm lieferte ca. 264 MWh Wärme/Jahr. Für diese Wärme muss kein Gas oder Öl gewandelt (verbrannt) werden. Bei der Wandlung von Öl und Gas muss der Wirkungsgrad der Anlage berücksichtigt werden. Da die Anlage älter als 20 Jahren ist, wird ein Wirkungsgrad von ca. 80% angesetzt. Das bedeutet, dass ca. 1,2 MWh Heizöl oder Gas verbraucht werden, um 1 MWh Wärme zu erzeugen. Daraus errechnet sich die CO₂-Einsparung. Die Einsparung beträgt 79,2 t CO₂ wenn Erdgas ersetzt wird oder 81,8 t CO₂ wenn Öl ersetzt wird. Im Jahresmittel können mit der sich im Jahr 2011 eingespielten Logistik ca. 80 t CO₂ vermieden werden.



7.2.1 CO₂-Ausstoß durch den Transport

Der durchschnittliche Verbrauch eines LKW-Zuges mit 25 t Nutzlast entspricht 33 Liter Diesel/100 km. Wird die Nutzlast auf 29 t erhöht ergibt sich rechnerisch ein Verbrauch von 38,3 Liter Diesel/ 100 km. Mit diesem Wert wurde nachfolgende Rechnung durchgeführt.

LKW-Zug	Verbrauch Diesel/100 km
25 t Nutzlast	33 Liter
1 t Nutzlast	1,32 Liter
29 t Nutzlast	38,3 Liter

Abb. 28 - Errechneter Kraftstoffverbrauch für den LKW-Containertransport

Im Mittel ist die Entfernung zwischen Quelle und Senke 7,5 km. Diese Entfernung ergibt sich, wenn man die ca. 2.000 Anlagen des CO₂-Allokationsplans statistisch über Deutschland verteilt und um die Quellen Kreise zieht, die eine volle Abdeckung der Fläche ergeben. Der Radius dieser Kreise errechnet sich zu 7,5 km womit dann auch die mittlere Entfernung von Quelle und Senke bestimmt ist. Die mittlere Transportdistanz pro Containerwechsel ist somit 15 km. Daraus ergibt sich dann der CO₂-Ausstoß durch den Transport:

CO ₂ -Erzeugung - LKW-Zug 29 t Nutzlast, 15 km Fahrweg	
Kraftstoffverbrauch Diesel	5,745 Liter
Erforderliche Energie	58 kWh
CO ₂ -Menge (Heizöl)	0,018 t

Abb. 29 - Verbrauchswerte des LKW-Zuges für den Containeraustausch zwischen Quelle und Senke

Wegen der kleinen Werte wurden die Modellannahmen für die ganze Berechnungskette beibehalten. Was spätestens dann richtig ist, wenn an einem Standort mehrere Quellen und Senken vorhanden sind und sich die o. g. mittlere Entfernung einstellt. Für den Modellfall Dortmund ergibt sich somit ein CO₂-Anteil durch den Transport von weniger als 3,5 %. Das LaTherm-System führt zu einer CO₂-Einsparung von über 96,5 %.



Anteilige CO₂-Emissionen durch Containertransport		
Eingespeiste Nutzwärme/ a	264 MWh	
Anzahl Fahrten/ a	146 Wechsel	
CO ₂ -Emmission für Containertransport/ a	2,63 t/Jahr	3,3 %
Emissionseinsparung entladene Nutzwärme/ a	79,2 t/Jahr	100 %
Gesamtemissionseinsparung Nutzwärme Container/Jahr	76,6 t/Jahr	96,7 %

Abb. 30 - Berechnung der auftretenden und anteiligen CO₂-Emissionen durch den Containertransport

Die zurzeit vorliegenden Werte bezüglich Transporthäufigkeit, Be- und Entladevorgänge sind auch noch durch den Pilotbetrieb geprägt. Es wurden unterschiedliche Versuchsparameter gefahren, um unterschiedliche Erfahrungen zu sammeln. Diese Werte werden sicherlich in einem reinen Versorgungsbetrieb verbessert werden können. Auch deshalb halten wir die Modellbetrachtung für den Pilotbetrieb in Dortmund für ausreichend aussagefähig, wissend, dass die Entfernungen in Dortmund etwas größer sind. In Bottrop sind die Entfernungen deutlich kleiner, so dass auch ein mittlerer Wert wie oben angenommen, die Situation gut beschreibt.

8 Wirtschaftlichkeit

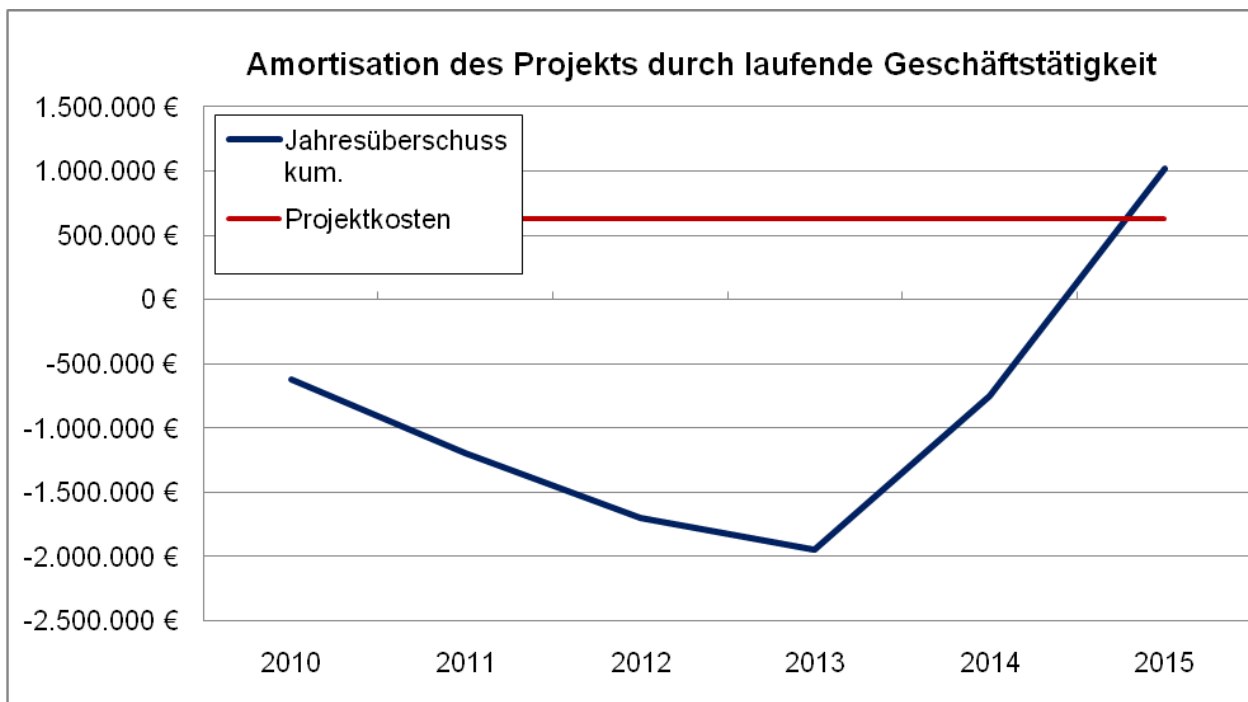
Die Wirtschaftlichkeit der LaTherm-Lösung hängt in erster Linie von der Anzahl der möglichen jährlichen Fahrtzyklen zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ab und lässt sich aus der Größe und dem zu deckenden Bedarf des Objektes prognostizieren. Ab 100 Zyklen im Jahr ist eine Versorgung in der Regel wirtschaftlich. Die Erlöse hängen vom erzielbaren Nutzwärmepreis ab.

Der Preisvergleich beim Abschluss des Liefervertrages in Dortmund ergab einen ca. 15% niedrigen LaTherm-Preis zum Marktpreis. Der Preisvergleich zum Zeitpunkt der Niederschrift des Berichts zeigt, dass der Preisunterschied fast gleich geblieben ist. Der LaTherm-Preis liegt zurzeit ca. 13 % unter dem Marktpreis, obwohl es konjunkturbedingt in den letzten beiden Jahren deutliche Preisreduktionen gab. Diese Reduktionen sind zwischenzeitlich wieder aufgehoben bzw. wurden nicht an die Endkunden weitergegeben.

Die beantragten Gesamtkosten für das Projekt betragen 630 kEUR. Der geplante Rahmen wurde eingehalten. Das Projekt wurde am 01.01.2009 begonnen und am 31.12.2010 abgeschlossen.

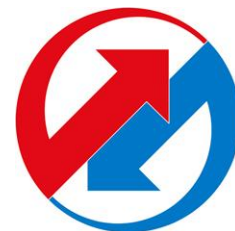


Der nachfolgenden Grafik ist zu entnehmen, dass die Projektkosten über die geplante geschäftliche Entwicklung des Unternehmens LaTherm 2015, also innerhalb von 5 Jahren, amortisiert sein werden.



Hintergrund hierfür ist, dass in dem Projekt zentrale Punkte abgearbeitet werden konnten, die die jetzt geplante Entwicklung, beginnend mit 2011, überhaupt erst möglich gemacht haben, nämlich

- die technische Umsetzung des physikalischen Prinzips in einsetzbare Container, und
- der Aufbau und die Optimierung des logistischen Prozesses.



Position	2011	2012	2013	2014	2015
Container - Gesamt	17	38	69	121	192
kum.	17	55	124	245	437
Container - Verkauf	9	21	40	80	120
kum.	9	30	70	150	270
Container - Contracting	8	17	29	41	72
kum.	8	25	54	95	167

Auf dieser Grundlage konnten bisher vielversprechende Projekte nicht nur bei Städten und Gemeinden, sondern auch bei Maschinenringen oder in der Industrie (Automobilzulieferindustrie und Logistik) akquiriert werden, die die obige Stückzahlplanung für Verkauf und Contracting (= Entgeltliche Belieferung von Senken mit Wärme, die bei Quellen aufgeladen wurde) realistisch erscheinen lässt.

9 Förderpolitische Rahmenbedingungen

Deutschland ist zurzeit in einer der größten energiepolitischen Umbruchphasen. Welche Maßnahmen, Förderprogramme, Subventionen es in den nächsten Jahren geben wird ist noch völlig offen. Fest stehen der Atomausstieg und die Förderung der erneuerbaren Energie. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien wird dem Thema Speicherung eine große Bedeutung zukommen. Das gilt vor allem für die Stromspeicherung, aber auch für die Wärmespeicherung. Das erste Programm mit einem Volumen von 200 Mio. € ist gerade von den Ministerien vorgestellt worden. Vor diesem Hintergrund fühlt sich LaTherm gut positioniert. Aus den bestehenden Maßnahmen seien die nachfolgenden kurz dargestellt.

9.1 KWK-Bonus bei Biogas-Anlagen

Die Biogasanlagen-Betreiber machen sich verstärkt Gedanken um die Wirtschaftlichkeit der bestehenden Anlagen, durch die Wärmenutzung, zu verbessern. Wenn die Entfernungen zwischen der Anlage und den Wärmeverbrauchern für eine Fernwärmeleitung zu groß sind, kann die trassenlose Fernwärmeversorgung mit LaTherm-Containern eine realistische Möglichkeit sein. Der Betreiber verdient an der Wärmelieferung und kann den KWK-Bonus geltend machen.



Das Erneuerbare-Energien-Gesetz regelt die Vergütungssätze für eingespeisten Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Zusätzlich zu dieser Einspeisevergütung erhalten Betreiber von Anlagen zur Verstromung von Biomasse einen KWK-Bonus in Höhe von 3 Cent/kWh_{el} (für Anlagen, die vor dem 1. Januar 2010 in Betrieb gehen), sofern der Strom in einer Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird und die Abwärme entsprechend der Positivliste des Gesetzes genutzt wird. Für Anlagen, die in den Folgejahren in Betrieb gehen, sinkt der Bonus jährlich degressiv um 1 %, wobei der berechnete Bonus während der Vergütungsdauer dann gleich bleibt. Zur Einordnung der Abwärmenutzung gibt es die Positiv- und die Negativliste.

Positivliste:

- Beheizung, Kühlung, Warmwasserbereitung von Gebäuden nach EnEV, max. 200 kWh/m²
- Einspeisung in ein Wärmenetz mit wenigstens 400 m Länge; Verluste unter 25 % des Nutzwärmebedarfes
- Nutzung als Prozesswärme für industrielle Prozesse
- Beheizung von Ställen mit definierten Obergrenzen
- Beheizung von Unterglasanlagen
- Trocknung von Gärresten zur Düngemittelherstellung

Negativliste:

- Gebäude, die nicht der EnEV entsprechen
- Abwärmenutzung für ORC und Kalina-Cycle
- Abwärme aus Biomasseanlagen, welche fossile Brennstoffe für den Wärmeeigenbedarf verwenden.

Der KWK-Bonus wird von dem zuständigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen ausgezahlt. Für Abrechnung ist die Abwärme nach der Positivliste mit einem Wärmemengenzähler zu erfassen (im Regelfall). Die Wärmemenge wird mit der Stromkennzahl der Anlage (bis 2 MW_{el} nach Herstellerangaben) auf die elektrische Arbeit umgerechnet und mit dem Bonus (gemäß Inbetriebnahme-Jahr) multipliziert und zusätzlich vergütet.

Der Aspekt Wärmenutzung wird in Zukunft größere Bedeutung haben, wie die Referentenentwürfe der Novellierung des EEG-Gesetzes erwarten lassen. Bio-KWK-Anlagen sollen nur noch genehmigt werden, wenn 60% der Wärme genutzt wird.



9.2 EEWärmeG: Erneuerbare-Energie-Wärme-Gesetz

Im EEWärmeG wird für Neubauten gefordert, dass ein bestimmter Anteil des Gebäudeenergiebedarfs durch erneuerbare Energie abgedeckt werden muss. Dabei sind unterschiedliche Prozentanteile für die einzelnen Techniken festgelegt. Photovoltaikanlagen brauchen einen niedrigeren Anteil als Solarthermie- oder Wärmepumpenanlagen. Es sind auch Ersatzmaßnahmen zugelassen, wie z. B. Abwärmenutzung. Für den Fall, dass zur Abwärmenutzung eine Fernwärmeleitung verlegt werden muss, sind sogar Investitionszuschüsse zu erwarten. Bei Ersatzmaßnahmen müssen 50% des Wärmebedarfs mit der Abwärme abgedeckt werden. Das deckt sich gut mit dem LaTherm-Geschäftsmodell, wonach wir anstreben, die Grundlast mit unserem System abzudecken. Das sind im Regelfall 60 bis 75 % des Wärmebedarfs.

9.3 Industrielle Abwärme (Diskussionsbeitrag)

Neben der Kraft-Wärme-Kopplung, also der Nutzung der Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, könnte auch die bisher nicht geförderte Nutzung der Abwärme aus industriellen Prozessen einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung und damit zur Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen.

Die Prozesswärme, die insbesondere in energieintensiven Branchen wie beispielsweise bei Stahlwerken oder Chemiefabriken anfallen, werden derzeit ungenutzt in die Umwelt abgegeben. Teilweise müssen sogar aufwendige Kühlsysteme betrieben werden; diese verbrauchen hierfür wiederum zusätzlich Energie.

Durch eine Nutzung der industriellen Abwärme reduzierte sich durch die verbesserte Energieeffizienz der Bedarf an Primärenergie und somit die Höhe der Energie-Importe aus dem Ausland. Die eingesparten Energiekosten, die Erlöse aus der Nutzung der Abwärme sowie der Verkauf von nunmehr nicht mehr benötigten CO₂-Zertifikaten kann einen Beitrag zur Stärkung der deutschen Wirtschaft leisten und hiesige Arbeitsplätze nachhaltig sichern.

Einer Ausschöpfung dieses großen Potenzials steht heute die Ungleichbehandlung von industrieller Abwärme entgegen; dies wird nachfolgend anhand eines exemplarisch dargestellten Wärmenetzes verdeutlicht. Derzeit muss die (ungeförderte) Nutzung industrieller Abwärme mit der geförderten Kraft-Wärme-Kopplung konkurrieren bzw. kann somit auf dem Markt nicht zu ähnlichen Konditionen angeboten werden. Im Sinne der Gleichbehandlung und zur Schaffung gerechter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen für die Nutzung industrieller Abwärme sollte eine entsprechende Förderung geschaffen werden. Diese könnte sich an den Bedingungen des KWK-Bonus orientieren, der für die Kraft-Wärme-Kopplung bei Biomasse-Anlagen bezahlt wird.

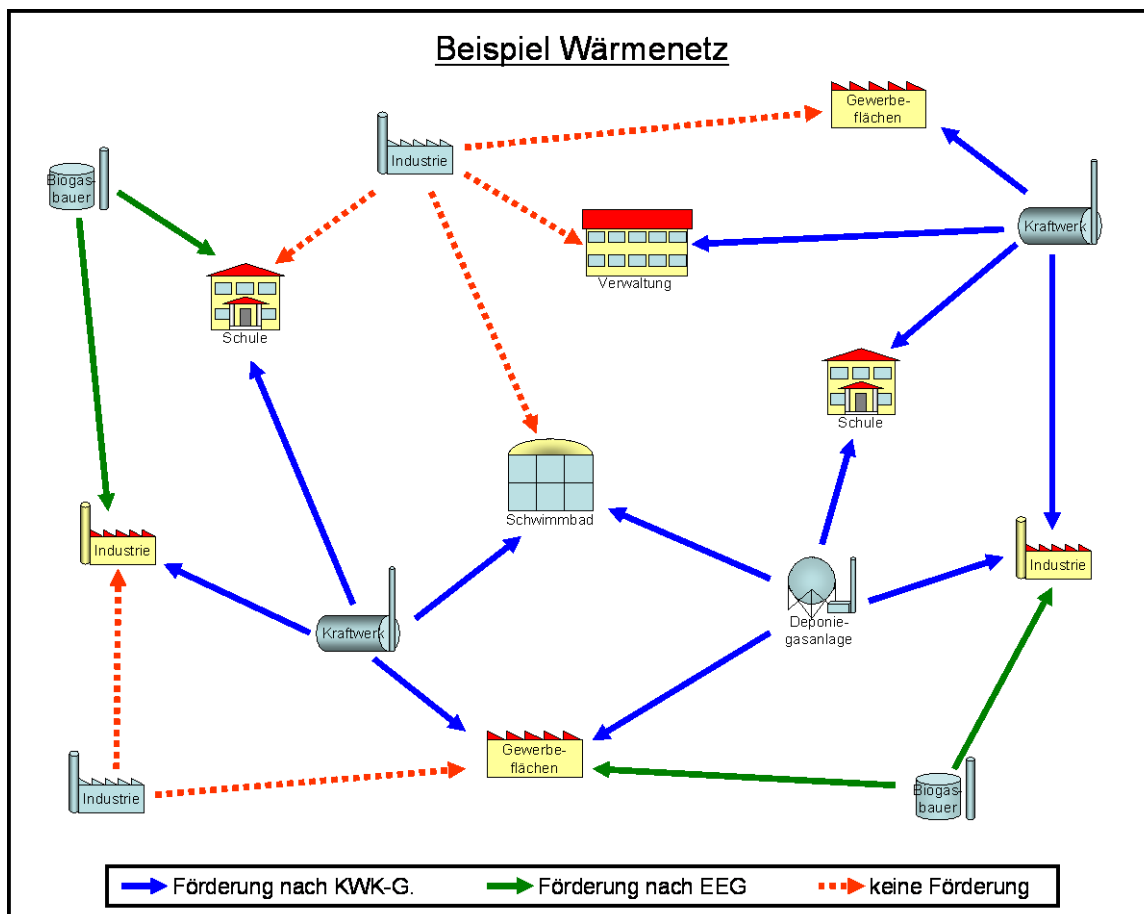
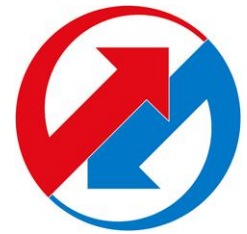
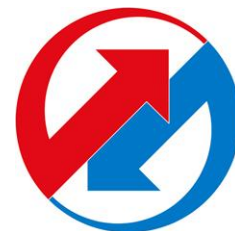


Abb. 31 - Schematische Darstellung der Förderungen innerhalb eines Wärmenetzes

Dies bedeutet, dass die Nutzung von Abfallwärme eines Industriebetriebes von dessen Stromnetzbetreiber (oder einer anderen Einrichtung) mit einem Bonus in Höhe von 3 Cent/kWh vergütet wird. Die Ermittlung der genutzten Abwärmemenge kann dabei durch installierte Wärmemengenzähler bei der Wärmequelle und bei der Wärmesenke erfolgen. So kann sichergestellt werden, dass die abgegebene Wärme auch bei den förderungsberechtigten Wärmesenken (nach Positivliste des EEG) ankommt. Die sonstigen Regelungen des EEG (Degression, Dauer, Abnahme etc.) sollten entsprechend gelten.



10 Danksagungen

Beteiligte Firmen

Im Folgenden werden Firmen aufgeführt, die in der Erprobungsphase mit LaTherm zusammengearbeitet haben und somit auch an der Entwicklung des LaTherm-Systems beteiligt waren, wofür wir uns herzlich bedanken.

10.1 Alfred Schneider GmbH

Die Alfred Schneider GmbH ist ein alteingesessener Fachbetrieb aus dem Bereich Heizung – Lüftung – Klimatechnik in Lahr/Schwarzwald. Sie hat aufbauend auf den Forschungsergebnissen der DLR den Latentwärmespeicher mit Natriumacetat weiterentwickelt. In den letzten 25 Jahren hat die Firma ca. 80 stationäre 1 m³-Latentwärmespeicher in der Region verkauft. Das Patent für den wassergeführten Latentwärmespeicher hat Herr Alfred Schneider an die LaTherm GmbH verkauft, die seine Vorüberlegungen für einen großen mobilen Speicher umsetzte.

10.2 Gebr. Bruns GmbH

Die Firma Bruns, Saterland, ist ein OEM-Behälterhersteller im Heizungsbereich mit ca. 200 Mitarbeitern. Das Wissen in der Metallverarbeitung, die notwendige Manpower für die aufzutretenden Unwägbarkeiten in der Entwicklung, wie auch der klein gehaltene Aufwand für formale Prozesse waren die Gründe für diese Partnerwahl als Komplettanbieter der Container.

10.3 CABB GmbH

Die CABB Gruppe ist ein Hersteller von Chemikalien für die Grundstoffchemie. Die Herstellung von chlororganischen Grundstoffen im Werk Gersthofen führt zu den Nebenprodukten Natronlauge und Essigsäure. Mit einem zeitlichen Vorlauf kann die Befüllung mit flüssigem Natriumacetat in großen Mengen vor Ort erfolgen.

10.4 Vogt Logistik GmbH & Co. KG

Die VOGT Logistik ist eine Spedition aus Dortmund, die ihr Kerngeschäft mit Aufträgen im deutschsprachigen Raum ausfüllt. Eine ausreichende Anzahl von Sattelzugmaschinen und die kurzfristige Verfügbarkeit der Fahrer waren die Gründe, die Containerwechsel durch die Firma Vogt ausführen zu lassen.



10.5 Wilhelm Steinhaus GmbH

Das mittelständische Heizungsbauunternehmen in Dortmund hat Erfahrungen mit großen Heizungsanlagen und arbeitet häufig im Auftrag der Stadtwerke Dortmund (DEW21). Für die Installation der Containerbeladung an der Deponie Nordost wurde die Fa. Steinhaus durch die DEW21 beauftragt. Durch den hergestellten Kontakt über die verschiedenen abzustimmenden Punkte erhielt die Firma auch von LaTherm den Auftrag der Installation an der Wärmesenke.

10.6 DEW 21, Dortmunder Energie- und Wasser-Versorgung GmbH

Die DEW21 ist sowohl der Lieferant der Wärme, als auch der Abnehmer der Wärme. In dem Bearbeitungszeitraum hat sich eine sehr gute Zusammenarbeit über die Einbindung des LaTherm-Systems am Hallenbad entwickelt.

10.7 EDG, Entsorgung Dortmund GmbH

Die EDG ist die Betreiberin der Deponie Nordost. Die gute Zusammenarbeit zeigte sich auch bei den auftretenden Winterproblemen, die sehr gut gelöst wurden.



11 Zusammenfassung

Die LaTherm GmbH (LT) brachte ihren neuentwickelten Latentwärmespeicher auf den Markt, mit dem große Wärmemengen transportierbar gemacht werden können. Das bedeutet, damit kann Abfallwärme aus Industrieprozessen (z. B. Chemiewerken, Aluminiumhütten, oder Müllverbrennungsanlagen) aber auch von Blockheizkraftwerken gespeichert werden und an einem anderen Ort verwertet werden. Auch für Biogasanlagenbetreiber mit einem fehlenden Abwärmekonzept ist die Möglichkeit der transportierbaren Wärme in der ländlichen Region interessant.

Bisher wird die Abwärme am Ende von Produktionsprozessen von der Industrie oft kostenträchtig entsorgt – sei es über einen Kühlturm oder über teure Kühlanlagen und Aggregate. Im Pilotvorhaben wird sie nun im Schwimmbad Dortmund-Brackel zur Beckenbeheizung genutzt.

Wegen der zeitlichen und räumlichen Entkoppelung von Erzeugung und Nutzung dieser Wärme wird eine hohe Flexibilität erreicht. Durch diese Flexibilität, auch in der Be- und Entladung des Latentwärmespeichers, wird eine optimale Anpassung an den Wärmebedarf ohne die für Fernwärmenetze typischen Wärmeverluste erreicht.

Im Rahmen des Pilotvorhabens ist die Technik erprobt und partiell verändert worden, so dass sie für den großtechnischen Einsatz zur Verfügung steht. Die zugrundeliegende Latentwärmespeicher-Technologie ist nun nachweislich in der Lage, eine technisch tragfähige, versorgungssichere, CO₂-arme Wärmebereitstellung zu gewährleisten.

Da das LaTherm-System nicht von Öl- oder Gaspreisentwicklungen abhängig ist, können die Preise auch langfristig, kalkulierbar gestaltet werden. LaTherm bietet für eine Vertragslaufzeit von bis zu 15 Jahren Preise, die nur mit der Inflationsrate ansteigen. Wenn der Kunde kürzere Vertragslaufzeiten wünscht, ist LaTherm gern bereit auch diese zu erfüllen.