

**Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen
Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit**

Luftreinhaltung

Abschlussbericht 70441 – 1/13

Nutzung industrieller Abwärme durch die Stadtwerke Karlsruhe zur Wärmever-
sorgung der Stadt Karlsruhe

von

Dr.-Ing. Manuel Rink

Stadtwerke Karlsruhe GmbH

Geschäftsführer

Dipl. rer. pol. Harald Rosemann

und

Dr.-Ing. Karl Roth

Im Auftrag

des Umweltbundesamtes

Karlsruhe, März 2013

Berichts-Kennblatt

<u>Berichtsnummer</u> 1. 70441 – 1/13	<u>2.Redaktion</u> Dr. Jörg Schneider	<u>3.</u>
<u>4. Titel des Berichts:</u> <u>Nutzung industrieller Abwärme durch die Stadtwerke Karlsruhe zur Wärmeversorgung der Stadt Karlsruhe</u>		
<u>5. Autor: Name, Vorname</u> Rink, Manuel	<u>8. Abschlussdatum:</u> 30.03.2012	
	<u>9. Veröffentlichungsdatum:</u> 30.04.2012	
<u>6. Durchführende Institution: Name, Anschrift</u> Stadtwerke Karlsruhe GmbH, Daxlander Straße 72, 76185 Karlsruhe	<u>10. Vorh.-Nr.:</u> 1/13	
	<u>11. Seitenzahl:</u> 42	
<u>7. Fördernde Institution: Name, Anschrift</u> Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau, Deutschland	<u>12. Literaturangaben:</u> 0	
	<u>13. Tabellen und Diagramme:</u> 3	
	<u>14. Abbildungen:</u> 18	
<u>15. Zusätzliche Angaben</u> 2. Auflage 2013		
<u>16. Kurzfassung:</u> Bericht über das Projekt zur Nutzung der Niedertemperaturprozessabwärme der Mineraloelraffinerie Oberrhein (MiRO) für die Fernwärmeversorgung der Stadtwerke Karlsruhe GmbH (SWK): Durch die Installation von Wärmeüberträgern im Raffinerieprozess wurde bisher nicht weiter nutzbare Niedertemperaturabwärme ausgekoppelt und über eine Transportleitung ins zentrale Fernwärmenetz der Stadtwerke eingespeist.		
<u>17. Schlagwörter:</u> Abwärmenutzung einer Raffinerie für Fernwärme; Reduzierung von CO ₂ -Emissionen; Erhöhung der Versorgungssicherheit; Wärmeverbund; Nutzungsgradverbesserung einer Raffinerie		
18.	19.	20.

Report-Coversheet

UBA		
1. 70441 – 1/13 (653)	<u>2.</u>	<u>3.</u>
4. <u>Report Title:</u> Use of low level temperature process waste heat to support the district heating system in <u>Karlsruhe</u>		
5. <u>Author: Family Name, First Name</u> Rink, Manuel		8. <u>Report Date:</u> 30.03.2012
		9. <u>Publication Date:</u> 30.04.2012
6. <u>Performing Organisation (Name, Adress)</u> Stadtwerke Karlsruhe GmbH, Daxlander Straße 72, 76185 Karlsruhe		10. <u>Report-No.:</u> 1/13
		11. <u>No. Of Pages:</u> 42
7. <u>Sponsoring Agency (Name, Anschrift)</u> Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau, Germany		12. <u>No. Of References:</u> 0
		13. <u>No. Of Tables, Diagr.:</u> 3
		14. <u>No. Of Figures:</u> 18
15. <u>Supplementary Notes</u>		
16. <u>Abstract</u> Use of process waste heat to support the district heating system in Karlsruhe. With the installation of heat exchangers in the refinery-process it ist now possible, to use process waste heat for the heat supply of the district heating system in Karlsruhe		
17. <u>Keywords</u> Usage of process waste heat for the district heating, Reduce of CO ₂ emissions, increasing sustainability and efficiency		
18.	19.	20.

Berichtskennblätter	2
Inhaltsverzeichnis	4
Vorwort	6
Abbildungsverzeichnis	7
Erläuterung der Abkürzungen, Einheiten, Symbole	8
Kurzfassung	9
1 Problemstellung und Zielsetzung	12
2 Überblick der Ausgangssituation	15
2.1 Beteiligte	15
2.1.1 Stadtwerke Karlsruhe GmbH	15
2.1.2 Mineraloelraffinerie Oberrhein GmbH&Co KG	15
2.2 Vorgeschichte	16
2.3 Technische Rahmenbedingungen	16
2.4 Investitionsvolumen	20
2.5 Ökologische Vorteile	20
2.6 Projektrisiken	20
2.6.1 Technische Risiken	20
2.6.2 Wirtschaftliche Risiken	21
2.7 Kooperationsmodell	21
2.8 Zusammenfassung	22

3	Ausführung	23
3.1	Analyse der Ausgangssituation im Jahre 2007	23
3.1.1	Die Datenlage zu Produktion und Wärmebezug 2007 und 2010	23
3.2	Planung und Ablauf des Vorhabens mit aufgetretenen Problemen	24
3.2.1	Projektstand 23.06.2009	24
3.2.2	Projektstand 30.11.2009	27
3.2.3	Projektstand 30.06.2010	30
3.2.4	Projektstand 22.11.2010	34
3.2.5	Erste Wärmelieferung 23.11.2010	38
4	Ergebnisse	38
4.1	Erste Betriebsergebnisse während der Probetriebsphase	38
4.2	Bericht zur terminlichen und kommerziellen Abwicklung	39
4.2.1	Terminplan: Soll-Ist-Vergleich	39
4.2.2	Finanzplan: Soll-Ist-Vergleich	40
5	Schlussfolgerung	42
5.1	Allgemeine Schlussfolgerungen	42
5.2	Schlussfolgerungen für weitere Ausbaustufen	42
6	Literaturverzeichnis	42
7	Anhang, Materialien	42

Vorwort

Der vorliegende Abschlussbericht stellt den vorläufigen Endpunkt eines Projektes dar, das wahrlich als glänzendes Vorbild gelten darf: Zwei Partner aus der Industrie und Versorgungswirtschaft haben ein bisher nicht weiter nutzbares Abwärmepotenzial mit der Unterstützung des Ministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit sowie des Umweltbundesamtes zum Wohle aller gehoben: MiRO profitiert durch eine bessere Primärenergiebilanz und damit ein besseres Ranking im internationalen Vergleich mit anderen Raffinerien; die Stadtwerke Karlsruhe hat für die Versorgung ihrer Fernwärmekunden eine zusätzliche Quelle, die aufgrund ihrer außerordentlich hohen Verfügbarkeit den Einsatz eigener Spitze- und Reserveeinheiten deutlich reduziert; die Karlsruher Bürger profitieren von geringeren Emissionen und damit von besserer Luft; das Land und der Bund haben ein neues Leuchtturm–Projekt, das nicht nur national Beispiel setzend ist.

An dieser Stelle sei all denjenigen gedankt, die mit ihrem Einsatz zum Erfolg dieses Projektes beigetragen haben. Für den sich nun anschließenden operativen Teil sei den Partnern das Glück eines reibungslosen Betriebs beschieden und, falls es doch einmal zu Problemen kommt, das notwendige Knowhow und Durchhaltevermögen, um gute Lösungen zu finden.

Die Basis für eine dauerhafte, erfolgreiche Zusammenarbeit, nämlich Vertrauen und gegenseitiges Verständnis, sind vorhanden und so kann die Fernwärmeverversorgung von Karlsruhe hoffentlich möglichst lange von diesem Projekt profitieren.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Prinzipielle Anordnung der Plattenwärmetauscher im Prozess	12
Abb. 2: Wärmetransportleitung	13
Abb. 3: Schematischer Aufbau der Plattenwärmeüberträger	13
Abb. 4: In den Prozess integrierte PWT	14
Abb. 5: Verlauf der Transportleitung von MiRO zum HKW West	17
Abb. 6: Schematische Darstellung des Wärmeverbunds	19
Abb. 7: Installation der Rohrbrücke bei MiRO	26
Abb. 8: Verrohrungsarbeiten innerhalb der Raffinerie	26
Abb. 9: Blick in den Maschinenhauskeller im HKW West	28
Abb. 10: Einbringung einer Hälfte von drei Übergabewärmetauschern	29
Abb. 11: Blick auf die drei Wärmetauscherpakete	30
Abb. 12: Baustelle im Frauenhäusleweg	31
Abb. 13: Bohrkopf für die Durchpressung	32
Abb. 14: Blick in die Pressgrube	32
Abb. 15: Mit ca. 20 MW größter Wärmetauscher bei MiRO	33
Abb. 16: Montage der stehenden Wärmetauscher für die RKA	35
Abb. 17: Blick ins Rückkühlgebäude auf die Lüftergehäuse mit Jalousien	35
Abb. 18: Betriebsaufschreibungen während der Anfahrphase	39
Tabelle 1: Liste der Wärmequellen in Werkteil 1	18
Tabelle 2: Liste der Wärmequellen in Werkteil 2	18
Tabelle 3: Soll-Ist-Vergleich Finanzplan	40

Abkürzungsverzeichnis

MiRO	Mineraloelraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG
SWK	Stadtwerke Karlsruhe GmbH
FW	Fernwärme
WT	Wärmetauscher
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
RDK	Rheinhafendampfkraftwerk
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
RKA	Rückkühlanlage
PWT	Plattenwärmetauscher
PU	Polyurethan
PE	Polyethylen

Einheiten (abweichend von SI)

kWh	Kilowattstunde = 3600 kJ
MWh	Megawattstunde = 3600 MJ

Symbole

β	Stromverlustkennzahl
---------	----------------------

KURZFASSUNG

Die Kurzfassung enthält in summarischer Form folgende Angaben:

- **Beschreibung/ Description** (*Ausgangssituation und Aufgabenstellung, Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde, Planung und Ablauf des Vorhabens, Ergebnisse aus dem Vorhaben allg. und hinsichtlich Umweltentlastung*)

In überschlägigen Betrachtungen bzgl. Wärmemenge und Temperaturniveau von eventuellen Abwärmequellen bei MiRO, der Machbarkeit einer möglichen Verbindungsleitung, des groben Kostenrahmens usw. kamen MiRO und SWK zur Auffassung, dass die Idee eines Wärmeverbundes zwischen Raffinerie und dem FW-Netz der Stadtwerke näher zu untersuchen sei. Am Ende ihrer Überlegungen stand ein grober Businessplan, der die Geschäftsleitungen beider Unternehmen dazu veranlasst hat, in einer externen Studie die technisch-wirtschaftliche Machbarkeit vertieft darzulegen. Diese Studie wurde gemeinsam von beiden Unternehmen an die Firma arcadis vergeben, die in Zusammenarbeit mit der Firma Lauterbach die Untersuchungen vornahm, und diente einer detaillierten Betrachtung zu den verfügbaren Wärmequellen, zum erreichbaren Temperaturniveau, zur Leitungsführung auf dem Raffineriegelände sowie zwischen der MiRO und dem HKW West der SWK, zum Kostenrahmen und zu den Chancen und Risiken des Projekts (siehe Anlage 1):

arcadis/Lauterbach kam zum Ergebnis, dass in beiden Werkteilen der Raffinerie eine große Wärmemenge mit für die Fernwärmeversorgung ausreichendem Temperaturniveau ausgekoppelt werden kann:

In beiden Teilen steht eine Wärmeleistung von jeweils ca. 40 MW bei einer Vorlauftemperatur von 120 °C zur Verfügung. Sie emp fehlen, in einer ersten Ausbaustufe – das heißt Umsetzung des Projekts vorerst in nur einem Werkteil – den Wärmeverbund zu realisieren, um die Studienergebnisse zu verifizieren, siehe hierzu die Studie im Anhang zu diesem Bericht. Als Investitionsbedarf für diese erste Stufe wurden rund 30 Mio. € ermittelt, mit ihr könnte eine Wärmelieferung von ca. 300.000 MWh pro Jahr erreicht werden und die damit erzielbare CO₂-Reduzierung beläuft sich auf rund **65.000 t/a**.

- **Anwendbarkeit der Technik/ Applicability** (*Stand der Technik, Konstruktionen, Verfahren, Stoffe, Umweltrelevanz, Rahmenbedingungen wie Schutzrechte etc., Übertragbarkeit auf verwandte Bereiche, Zusammenarbeit mit anderen Stellen*)

Der nachträgliche Einbau der Wärmeüberträger in den bestehenden Anlagen und Destillationskolonnen sowie die sicherheitstechnische Integration dieser Abwärmeauskopplung in den Raffinerieprozess waren für alle Beteiligten Neuland. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse mussten Apparate eingesetzt werden, wie sie bis dahin im Raffineriebereich allenfalls in Sonderfällen vorkommen: regelmäßig werden Rohrbündelwärmeüberträger ein-

gesetzt, die bezüglich ihrer Materialeigenschaften, ihrer Druck- und Temperaturfestigkeit im Raffineriebetrieb langjährig erprobt und bewährt sind. Solche Apparate waren aufgrund ihres deutlich höheren Platzbedarfes in den vorhandenen Prozessanlagen nicht integrierbar. Es mussten besondere Plattenwärmeüberträger eingesetzt werden, die nur einen Bruchteil des Raumes von Rohrbündelapparaten mit gleicher Übertragungsleistung haben. Aus Sicherheitsgründen konnten keine gängigen geschraubten oder gelöteten Plattenwärmeüberträger verwendet werden, sondern nur solche mit dicht geschweißten Paketen in so genannter „shell and plate“ – Ausführung. Es gibt nur wenige Erfahrungen mit diesen Sonderapparaten im Raffineriebereich, weshalb eine sehr aufwändige Qualitätssicherung bei der Herstellung stattfinden musste.

- **Wesentliche Vorteile für die Umwelt/ Main environmental benefits, main achieved emission levels** (*Skizzierung der innovativen Lösung mit seinen primären (umweltbezogenen) Aspekten*) **Medienübergreifende Aspekte/ Cross-media aspects** (z.B. zusätzlicher Energiebedarf oder Energieeinsparung, CO₂–Minderung in Tonnen pro Jahr, Einsparung von Material, Entstehung oder Wegfall von Abfall oder Abwasser; einschließlich Quantifizierung, soweit möglich)

Durch den Einsatz der im Raffinerieprozess nicht weiter verwendbaren Niedertemperaturabwärme für die Fernwärmeversorgung wird bis dato fossil erzeugte Wärme verdrängt. Dabei handelt es sich größtenteils um Wärme, die im HKW West, im HW Ahaweg und im HW Waldstadt im wesentlichen aus Erdgas erzeugt wird, aber teilweise auch um Wärme, die im KWK-Prozess bei der Stromerzeugung im Steinkohleblock 7 des Rheinhafendampfkraftwerks anfällt. Da auch im KWK-Prozess zur Wärmegewinnung ein Brennstoffmehrbedarf gegenüber der reinen Stromerzeugung besteht, führt diese KWK-Wärmeverdrängung ebenfalls zu einer Primärenergieeinsparung. Bei einer angenommenen Wärmelieferung von 300.000 MWh aus der Raffinerie ins Fernwärmenetz wird – unter der Annahme die verdrängte Wärme würde mit neuester Erdgasbrennwerttechnik erzeugt– rund 65.000 t CO₂ pro Jahr vermieden.

Daneben ist zu erwähnen, dass ein Teil der im Raffinerieprozess benötigten Energie für die Abführung der Abwärme an die Umgebung entfällt und damit der aufzuwendende Pumpstrom für den Transport der Wärme von MiRO zum HKW West größtenteils kompensiert wird.

- **Kostendaten/ Economics** (*Daten zu Investitions- und Betriebskosten, Kosten-Nutzen-Vergleich (Eckwerte)*)

Der ursprünglich veranschlagte Investitionsrahmen von 29,7 Mio. € wurde nicht komplett ausgeschöpft: Die Installation der Wärmeüberträger bei MiRO lag etwas unter den geschätzten 14,0 Mio. €, bei den Kosten für Transport-

leitung und Einbindung im HKW West sowie für den Regelkühler haben sich leichte Verschiebungen ergeben; in Summe wurden auch hier die angesetzten 15,7 Mio. € nicht komplett ausgegeben.

Die ersten Betriebserfahrungen bestätigen die prognostizierten Kosten für Pumpstrom und Wartung der Anlagenteile. Beim Bedarf an Stickstoff, der zur Druckhaltung im System eingesetzt wird, ergibt sich ein leicht erhöhter Wert.

- **Sonstige Betriebsdaten/ Operational Data** (z.B. *Veränderung des Produktes, notwendige Änderungen an anderen Stellen des Produktionsverfahrens*)

Im Raffineriebetrieb musste genau darauf geachtet werden, dass die zur Verfügung stehenden Reserven für Druckverluste über beispielsweise Kolonnen und Reaktoren durch die nachgeschalteten Wärmetauscher nicht überschritten werden. In einem Fall wurde der Wärmeüberträger direkt in den Produktstrom integriert, was besondere Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machte. Beim nächsten Anlagenstillstand werden noch Nachrüstungen zur Verbesserung vorgenommen.

- **Referenzliteratur/ Reference Literature** (ggf. *Hinweise auf weitere Literatur neben dem Abschlußbericht, in der für das Projekt relevante Hinweise enthalten sind*)

Die bis dato realisierten Wärmeverbunde von Raffinerien mit externen Partnern beruhen nach den Erkenntnissen von MiRO und SWK auf der Nutzung von Abwärme aus KWK-Stromerzeugungsprozessen; die Integration von Wärmeüberträgern in die Raffinerieanlagen zur Nutzung von im Prozess nicht weiter verwendbarer Niedertemperaturwärme ist den Partnern nicht bekannt; insofern liegen dem Autor keine Referenzen vor. Die von arcadis/Lauterbach vorgenommene Studie liegt als Anlage bei.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Die Raffination von Rohöl ist im Wesentlichen ein thermisches Verfahren, bei dem ein Teil der Energie der Einsatzstoffe zur Deckung der benötigten Prozesswärme verwandt wird; die Produkte werden soweit möglich im Rahmen der Wärmerückgewinnung zur Aufheizung der Eduktströme genutzt; prozessbedingt entsteht allerdings eine erhebliche Menge an intern nicht weiter verwendbarer Niedertemperaturprozessabwärme.

In Fernwärmesystemen mit Heizwasser als Trägermedium wird exergetisch niederwertige Energie zur Beheizung von Industrie, Gewerbe und Haushalten eingesetzt.

Ziel des Projektes war durch einen Wärmeverbund zwischen Fernwärmesystem und Raffinerie den Bedarf auf der einen Seite mit dem Überschuss auf der anderen Seite zu decken.

Dabei galt es, die Sicherheitsbedürfnisse und Unternehmensphilosophie der Raffinerie, die kontinuierlich und gleichmäßig Betrieb macht, mit den Erfordernissen eines jahreszeitlich stark schwankenden Lastprofils eines Fernwärmerversorgers in Einklang zu bringen.

Nutzung der Prozesswärme in grafischer Darstellung

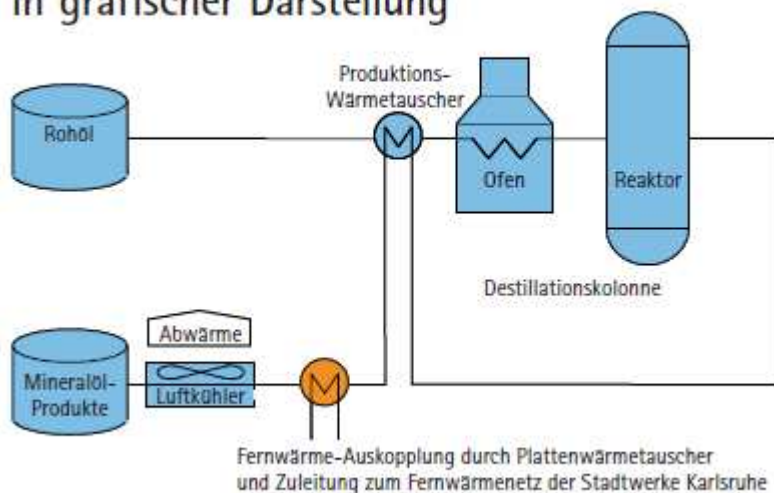


Abbildung 1: Prinzipielle Anordnung der Plattenwärmetauscher im Prozess

Auf dem MiRO-Raffineriegelände wird mit Hilfe von Plattenwärmetauschern hinter den Prozessanlagen die Niedertemperaturabwärme eingesammelt und über eine 5 km lange Fernwärmetransportleitung zum Heizkraftwerk West transportiert. Über dort installierte Wärmetauscher wird die Wärme dann in das Fernwärmenetz der Stadtwerke eingespeist.



Abb. 2: Wärmetransportleitung kurz vor der Raffinerie

Um die Prozessabwärme nutzbar machen zu können, installierte die Raffinerie MiRO in den Jahren 2009 und 2010 zwölf hochmoderne Plattenwärmetauscher. Diese bestehen aus wellenförmig profilierten Platten, die so zusammengesetzt sind, dass jeweils in den aufeinander folgenden Zwischenräumen einmal das Wärme abgebende Medium und danach das Wärme aufnehmende fließt.

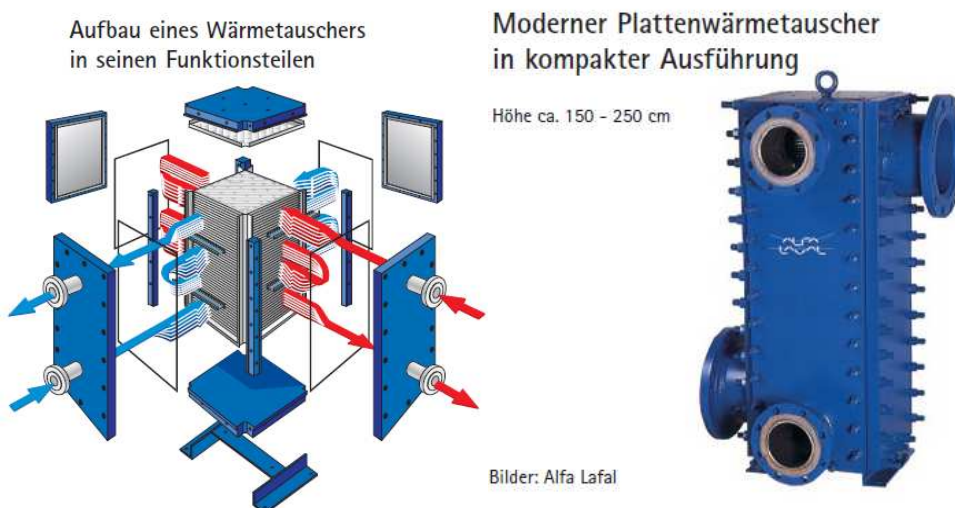


Abb. 3: Schematischer Aufbau einer Plattenwärmeübertragers

Sie erlauben die Übertragung der Wärme zwischen den Anlagen der Raffinerie und dem Fernwärmenetz auf sehr engem Raum. Dies ist Voraussetzung für die

nachträgliche Installation. Zudem sind die Plattenwärmetauscher sehr wartungsfreundlich.



Abb 4: In den Prozess integrierte PWT

Die Stadt und die Raffinerie werden durch einen Heißwasser-Kreislauf miteinander verbunden. Im einen Rohr strömt rund 120 Grad Celsius heißes Wasser unter Druck von der Raffinerie zum Heizkraftwerk. Von hier aus wird die Wärme - nachdem das Wasser aus der MiRO das Fernheizwasser über weitere im HKW West installierte Wärmeüberträger aufgeheizt hat - an rund 23.000 Wohnungen sowie Schulen, Ämter, Geschäfte und Betriebe verteilt, die damit Brauchwarmwasser erzeugen und heizen. Das Wasser kühlt dabei auf 70 Grad Celsius ab und fließt durch das zweite Rohr zur Raffinerie zurück. Die heizt es mit ihrer Abwärme wieder auf.

Die einzelnen Systemteile – PWT, FW-Transportleitungen, Einbindung von Wärmelieferungen in einer Heizzentrale, Regelkühler usw. - gibt es bereits in anderen Anlagen und Anwendungen. Die eigentliche Innovation entsteht erst aus dem Zusammenspiel der Teile in einem funktionierenden Wärmeverbund. Dieser zwischen MiRO und SWK in dieser Form realisierte Verbund kann als bisher einmaliges Beispiel für eine gelungene technische und wirtschaftliche Kooperation zum Nutzen der Umwelt angesehen werden.

2. Überblick der Ausgangssituation

2.1. Beteiligte

2.1.1. Stadtwerke Karlsruhe GmbH (SWK)

- eines der größten kommunalen Stadtwerke in Baden-Württemberg (über 1.000 Mitarbeiter)
- hoher Stellenwert der umweltbewussten Energieversorgung (seit 2006 mehrfache Auszeichnungen durch das Land Baden-Württemberg für besondere Leistungen im Umweltschutz)
- Gesellschafter: 80 % kommunale Holding KVVH, 20 % EnBW AG
- Leistungsspektrum: Versorgung mit den Energien Strom, Gas und Fernwärme sowie mit Trinkwasser, verschiedene Contracting- und Consultingangebote, Telekommunikation
- Versorgung von rd. 23.000 Wohnungen und verschiedenen öffentlichen Einrichtungen, Geschäftshäusern und Unternehmen in Karlsruhe mit Fernwärme
- jährliche Netzabgabe von über 700.000 MWh
- neben der Nutzung von MiRO-Abwärme erfolgt Bezug von Fernwärme aus dem RDK der EnBW, zudem Eigenerzeugung im HKW West, HW Ahaweg und HW Waldstadt

2.1.2 Mineralölraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG (MiRO)

- MiRO ist Deutschlands größte Kraftstoffraffinerie und eine der modernsten und leistungsfähigsten Raffinerien in Europa mit über 1.000 Mitarbeitern
- Zusammenschluss der beiden Raffinerien OMW und Esso
- Gesellschafter 32,25 % Shell Deutschland Oil GmbH, 25 % ESSO Deutschland GmbH, 24 % Ruhr Öl GmbH (BP), 18,75 % CONOCO Philips Continental Holding GmbH
- Verarbeitungskapazitäten ca. 15 Mio. t. Rohöldestillationsanlagen; Erzeugung von 5,2 Mio. t Benzin und 6,7 Mio. t leichtem Heizöl und Dieselkraftstoff in 2006; Größe des Raffineriegeländes 458 ha

2.2. Vorgeschichte

Anfang 2004 wurde bei einem Treffen eines MiRO- und eines Stadtwerke-Mitarbeiters beiläufig die beim Raffinerieprozess entstehende Abwärme angesprochen und spontan entschieden, eine grobe Abschätzung von Menge und Temperaturniveau vorzunehmen:

Im Frühjahr 2006 wurde die Durchführung einer externen Studie zur Realisierbarkeit vergeben mit folgendem Ziel:

„Untersuchung der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit einer Ergänzung der Fernwärmeversorgung der Stadt Karlsruhe durch Nutzung von Prozessabwärmemengen der MiRO zur Heizwassererwärmung“

Die Untersuchung war technisch erforderlich, da in Deutschland bisher keinerlei vergleichbare Anlagen in Betrieb sind.

Außerdem sollte erhärtet werden, dass bei realistischem Verlauf die voraussichtlichen Investitionskosten in endlicher Zeit wieder erwirtschaftet werden können.

2.3. Technische Rahmendaten

Im Rahmen der externen Studie zur Untersuchung der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit der Nutzung von Prozessabwärmemengen der MiRO zur Heizwassererwärmung wurden folgende Randbedingungen identifiziert:

- In beiden Werkteilen liegen Abwärmepotenziale von jeweils rund 40 MW vor
- Gestuftes Vorgehen: Erste Stufe im Werkteil 2 (ehemals Esso); bei Erfolg Ausweitung auf Werkteil 1; Einbindung in den Raffinerieprozess nur während dem „turn-around“ (Großrevision aller Anlagenteile; findet nur alle 4 – 5 Jahre statt) im jeweiligen Werkteil möglich
- Raffinerieprozess hat Primat, das heißt bei Problemen im Betrieb mit der Wärmeauskopplung wird diese zurückgefahren
- Bei SWK muss die Möglichkeit zur Kühlung überschüssiger Wärmelieferungen möglich sein

Es wurde zudem festgelegt, dass die Verbindungsleitung so dimensioniert werden soll, dass die gesamte Abwärmeleistung transportiert werden kann

a) Lage der MiRO und der Fernwärmezentrale im HKW West:

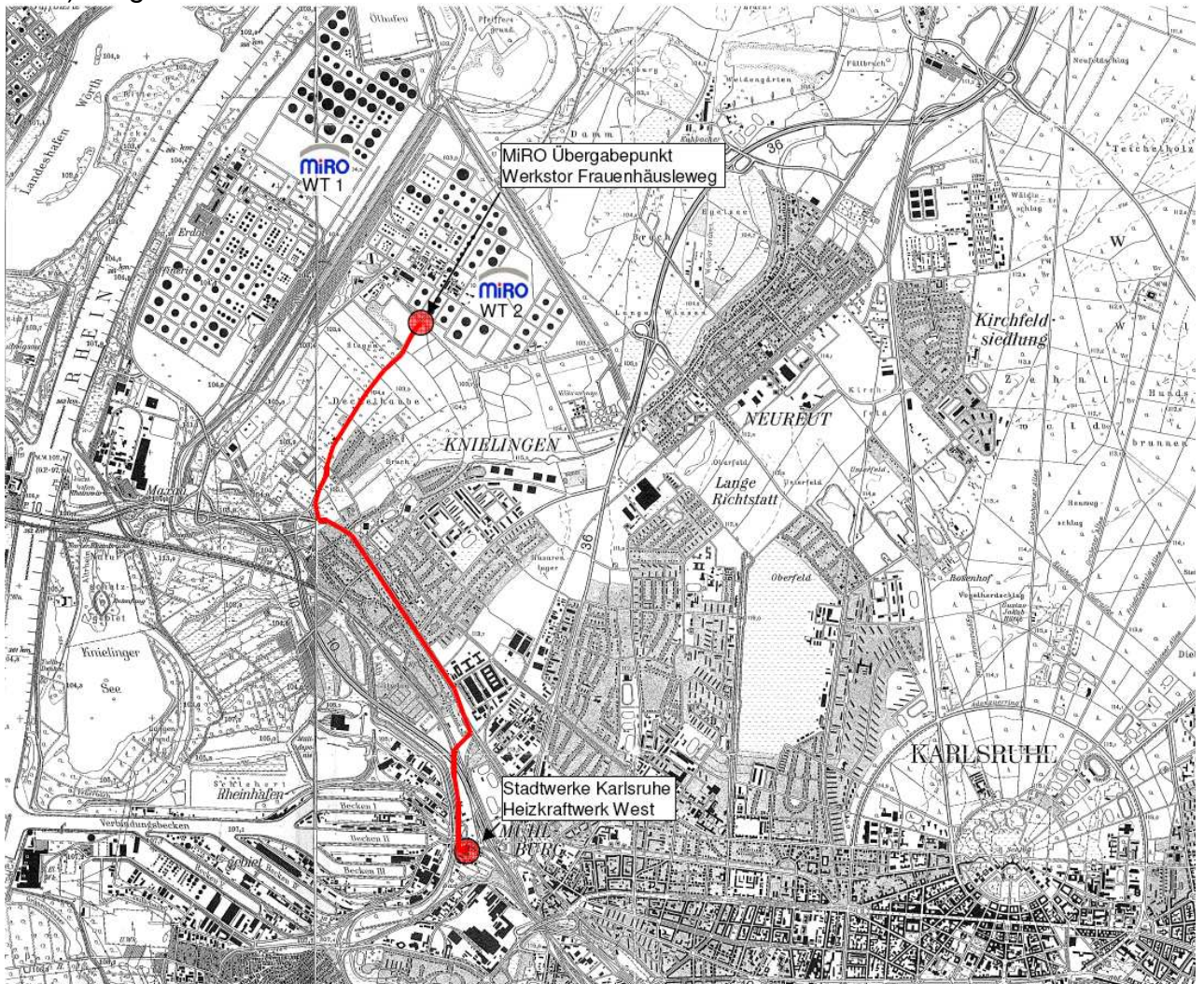


Abbildung 5: Ausschnitt der Stadtkarte von Karlsruhe

Die Raffinerie MiRO, bestehend aus Werkteil 1 und 2, liegt am nordwestlichen Rand der Karlsruher Gemarkung. Das HKW West befindet sich am östlichen Ende des Karlsruher Rheinhafens.

Am rechten unteren Bildrand befindet sich das Karlsruher Schloss, an das sich die Kernstadt in südlicher Richtung anschließt.

Daten zur Transportleitung von der MiRO ins HKW West der SWK;
Länge ca. 5 km; Nennweite DN 600; Druckstufe PN 16;
Material: Kunststoffmantelverbundrohr (Mediumrohr aus Stahl, mit einer PU-Schaumdämmung ummantelt; dieser PU-Schaum wiederum wird von einem PE-Mantel geschützt);
Betriebstemperaturen: Vorlauftemperatur 120 °C, Rücklauftemperatur 70 °C

b) Quellen

Identifizierte Quellen bei MiRO, unterteilt in die beiden Werkteile (WT1 = ehemals OMW, WT2 = ehemals ESSO)

WT2	Pos. Nr.	Benennung	Leistung [MW]
Top3	E-111C	VSO Pumparound	17,6
	E-116 A-D	GO1 Kühler	4,2
CHD5	E-1004	GO1/2 Kühler	3,7
Ref. 4	E 407 C	Effluent-Schlusskühler	6,7
	E-411	Schlusskühler	2,7
NHD4	E-302A/B	NHD4 Schlusskühler	2,6
DESO4	E-1806	T-1802 Kopfkondensator	1,8
CHD7	E-808	Schlusskühler	3,9
Summe WT 2			43,2

Tabelle 2: Liste der Wärmequellen in Werkteil 2

WT1	Pos. Nr.	Benennung	Leistung [MW]
CHD 3	27-006A-D	MD-Rückfluss -LK	4,6
FCC	27-002E-F	OZR -LK	1,7
	27-003A-D	LCGO -LK	6,7
	27-007A-B	S-B-I-Umlauf -LK	5,3
Top 1	27-030-33	Top-ORZ -LK	10,1
Vak1	25-75/76	Umwälzwasser WT	5,6
Top 2	27-050-51	Kerosen-LK	3,6
Vak. 2	25-10A/B	VSD-Reflux	1,6
Summe WT1			39,2

Tabelle 1: Liste der Wärmequellen in Werkteil 1

Aus betrieblichen Gründen wurden die Quellen in drei Kategorien unterteilt:

A-Quellen,

die ständig in Betrieb bleiben sollen.

B-Quellen,

die durch vorhandene Regelung kurzfristig ohne Auswirkungen auf den Prozess variieren können.

C-Quellen,

die zur Anpassung an die Grundlast ab- bzw. zugeschaltet werden können.

c) Gesamtschema

Grundprinzip der Anlagenschaltung:

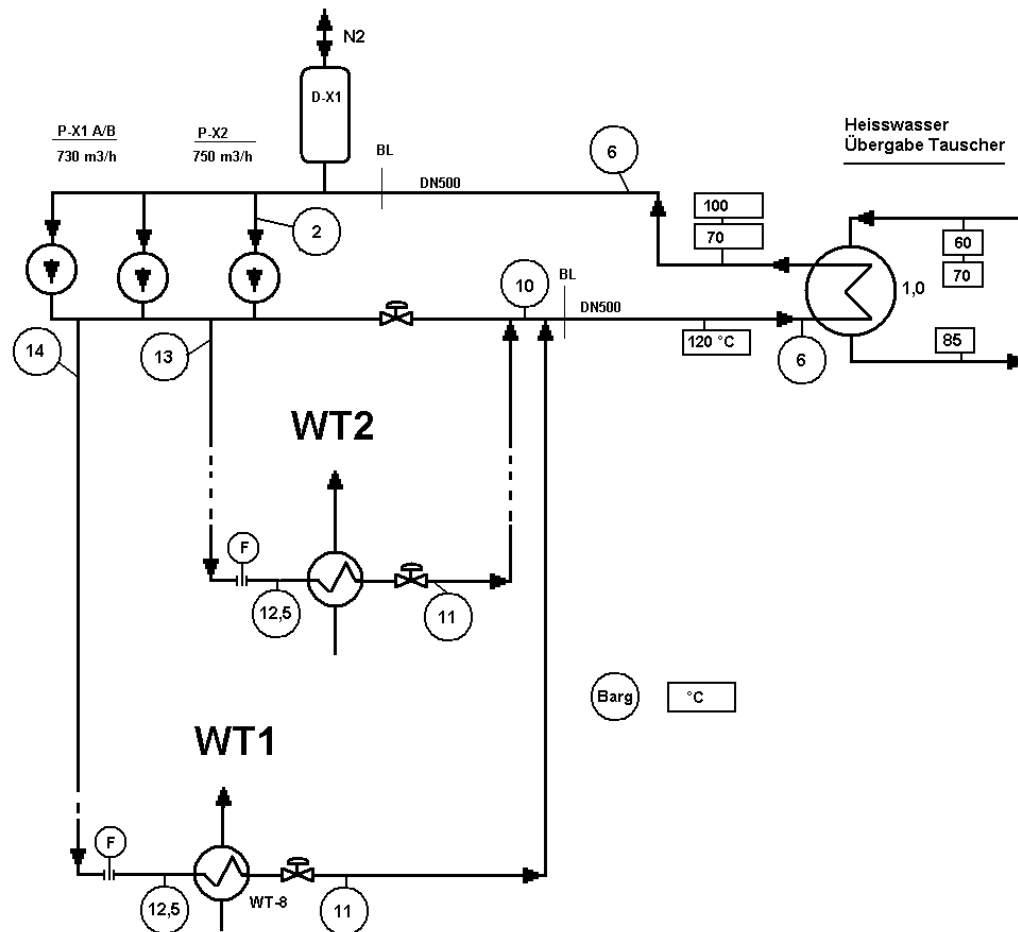


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Wärmeverbunds

2.4. Investitionsvolumen

Gesamtinvestitionsvolumen etwa 29 Mio. €

- auf dem Gelände der MiRO Anbindung der einzelnen Wärmequellen (insbesondere für Wärmeüberträger und Leitungsverlegungen) mit Investitionen von ca. 13,5 Mio. €
- Transportleitung zum HKW West, Investitionen von voraussichtlich 11,5 Mio. €
- 4,2 Mio. € entfallen auf die Einbindung (Wärmeüberträger) und die Rückkühlvorrichtung im HKW West sowie die leittechnische Anbindung
- Investitionsplan(Soll) nach Baufortschritt:

2007	0,2 Mio. €
2008	6,5 Mio. €
2009	15,5 Mio. €
2010	7,0 Mio. €

2.5. Ökologische Vorteile

- erhebliche Reduzierung von Kohlendioxid-Emissionen um etwa **65.000 Tonnen pro Jahr (bei Erdgasreferenzwert von ca. 218 g/kWh)**
- verfügbare Wärmeleistung in der ersten Stufe in Höhe von über 40 MW mit einer nutzbaren Jahreswärmearbeit von rund 300.000 MWh
- Wärmeversorgung von etwa 8.000 Haushalten (bezogen auf Leistung) bzw. ca. 20.000 Haushalten (bezogen auf Arbeit)
- deutliche Verdrängung anderer Primärenergien (Kohle, Öl oder Gas je nach alternativer Wärme-Erzeugung)
- spürbare Verminderung der Schadstoffbelastung in Karlsruhe
- Bei Erfolg Ausweitung auf Wärmeleistung von rund 80 MW mit einer Jahreswärmearbeit von 470.000 MWh

2.6. Projektrisiken

2.6.1. Technische Risiken

- keine Erfahrungswerte in Deutschland hinsichtlich möglicher Auswirkungen der Verknüpfung eines Raffinerieprozesses mit einem städtischen Fernwärmeversorgungsnetz
- Rückkopplungen auf den Produktionsprozess durch die zusätzlichen Wärmeüberträger möglich
- Integration von Wärmequellen prozesstechnisch problematisch aufgrund möglicher Schwankungen oder zu hoher Druckverluste innerhalb der Raffinerieprozesse

- Fernwärmebedarfsschwankungen dürfen keinerlei nachteilige Auswirkungen auf stabilen Raffineriebetrieb haben (deshalb aufwändige Regelungstechnik zur Anpassung des Heißwasserstroms; bestehendes System zur Abwärmeabfuhr weiterhin ständig betriebsbereit; hohe Qualität der Mess- und Regelsysteme; Vorhaltung eines Notrückkühlsystems im HKW West zur Lastregulierung)
- Infiltration möglicher Schadstoffe in die Transportleitung oder das städtische Fernwärmenetz (Risikoreduzierung durch Abschottungsstufen)
- Vorzeitiges Materialversagen bei den Apparaten

2.6.2. Wirtschaftliche Risiken

- Investitionskosten steigen erheblich
- Änderungen im Raffinerieprozess führen zu einer Reduzierung des Abwärmepotenzials
- Die Vorkehrungen zur Vermeidung von Rückkopplungen auf den Produktionsprozess – beispielsweise durch höhere Druckverluste als erwartet – müssen durch zusätzliche Investitionen oder höhere Betriebsaufwendungen (zum Beispiel Leistungssteigerung bei Gebläsen und Pumpen) kompensiert werden
- Wärmeabsatz reduziert sich durch drastische Energiesparmaßnahmen
- Standzeit der Wärmeüberträger im Prozess kürzer als erwartet (Materialprobleme) und folglich höherer Instandhaltungsaufwand

2.7. Kooperationsmodell

Anforderungen:

- Unterschiedliche Unternehmensansätze bei Investitionsentscheidungen müssen zur Deckung gebracht werden
- Chancen und Risiken müssen fair geteilt werden
- Gemeinsame Vertrauensbasis nötig

Lösung:

- Investitionen werden durch SWK vorfinanziert
- Refinanzierung erfolgt aus dem Gegenwert der Wärme
- Gegenwert der Wärme wurde gemeinsam festgelegt
- Risikoabsicherung eines „stranded investments“ durch MiRO wurde vereinbart
- Laufende Aufwendungen der Partner werden ebenfalls aus dem Gegenwert der Wärme bedient
- Eventuelle Benefits bzw. Nachteile werden geteilt

2.8. Zusammenfassung

- Umsetzung eines ökologisch höchst vorteilhaften, technisch sehr anspruchsvollen und volkswirtschaftlich sinnvollen Projektes
- Erstmalige Kombination des Wärmebedarfs eines großstädtischen Fernwärmenetzes mit dem Abwärmepotenzial eines Raffinerieprozess mit den beschriebenen Risiken
- voraussichtliches Investitionsvolumen zur Projektrealisation ca. 30 Mio. €
- Vertrauensvolle partnerschaftliche Kooperation
- Investitionen werden durch SWK vorfinanziert
- Finanzierung von Invest und Betriebsaufwendungen erfolgt aus dem Gegenwert der Wärme
- Bei positivem Verlauf ist dieses Projekt sowohl technisch als auch von der wirtschaftlichen Umsetzung beispielgebend

3. Ausführung

3.1. Analyse der Ausgangssituation im Jahre 2007

- 3.1.1. Die Datenlage zu Produktion und Wärmebezug von 2007 stammen aus den jeweiligen Betriebsdatenerfassungssystemen der Partner

Erste Überlegungen und Abschätzungen bei MiRO:

Abwärmepotenziale

WT 1

- Prozessanlagen (200 – 80 °C)	23,4 MW
- Prozessöfen (2) (360 – 160 °C)	8,2 MW
- Regeneratorabgas (267 – 180 °C)	<u>11,9 MW</u>
	43,5 MW

WT 2

- Prozessanlagen (270 – 80 °C)	21,1 MW
--------------------------------	---------

Gesamtpotenzial nur Prozessanlagen	64,6 MW (44,5 MW)
---------------------------------------	-----------------------------

- Nutzung Regeneratorabgas ist alternativ auch zur Dampferzeugung bei MiRO Gesellschaftern in Diskussion (Encon-Projekt in 2010)

grobe Wirtschaftlichkeit

- Nur Prozesswärme betrachtet 44,5 MW (7000 h)
- Apparate, Pumpen MiRO ca. 10 Mio. €
- Trasse + Infrastruktur SWK ca. 18 Mio. €
ca. **28 Mio. €**

Randbedingungen für erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- 2000 €/m² WT Fläche (Grobkosten ohne Berücksichtigung baulicher Randbedingungen)
- 15 Jahre Abschreibung
- 6 % Zins
- 3 % der Investitionskosten für jährliche Instandhaltung
- Energiebedarf ermitteln und bewerten (Umlaufpumpen)

Unterstellter Wärmegegenwert

Mittelwert 15 - 20 €/MWh
Abhängig von Strompreis und Gaspreis

CO₂ - Vermeidung

ca. 0,22 t CO₂/MWh ca. 65.000 t CO₂

Festgelegter Studienumfang und geschätzte Kosten

- Untersuchung von 14 Abwärmequellen (gewinnbare Abwärme, Ganglinie Fernwärmebedarf, Investitions- und Betriebskosten)
- Gewährleistung der vorhandenen Prozesskühlung (Abnahme un-geregelt)
- Vermeidung Einstock-/ Einfriergefahr in Luft- / Wasserkühlern
- Dimensionierung der Wärmetauscher
- Sicherheitskreisläufe (Vermeidung von Raffinerieprodukten in Fernwärmenetz)
- Druckniveau in der Transferleitung soweit
- Keine Engpässe bei den Prozessanlagen (Druckverlust)
- Zusätzliche Antriebsarbeiten aufgrund Druckverlust ausweisen

Angebote:

- Uhde 1600 h (109 €/h, Aufwand) 175 T€
- Arcadis *) 1400 h (Festpreis) 115 T€

*) Zusammenarbeit mit Fa. Lauterbach (Raffinerietechnik)

Erste Überlegungen und Abschätzungen bei SWK:

Trasse

Untersuchung, ob und wie eine Verbindungstrasse zwischen HKW West und MiRO für zwei DN600-Leitungen machbar ist (Leitungserhebungen im Untergrund und Erkennen bestehender Hindernisse; Verkehrsführung bei Leitungsbau im Straßenbereich)

Untersuchung der Möglichkeiten zur Einbindung der Wärmetauscherstation im HKW West in bestehende Heizzentrale

Weiteres Vorgehen

- Vergabe der Studie an Fa. Arcadis / Fa. Lauterbach
- Studiendauer ca. 20 Wochen
- WT 1 Stillstände 2007 / 2010 (ggf. Einbindepunkte in 2007)
- WT 2 Stillstände 2006 / 2012 (Teilstillstände prüfen)
- Stufenprogramme sinnvoll ?

- Trassengenehmigung mit Behörden vorklären
- Unterquerung der Honsellstraße mit Unterdükerung klären
- Klärung, ob Maschinenhauskeller als Aufstellungsort der Wärmetauscherstation geeignet ist

3.2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Nach Abschluss der Studie wurde der Beschluss der Geschäftsleitungen gefasst, das Projekt weiterzuverfolgen.

Projektvorstellung beim UBA in Berlin erfolgte am 03. April 2007.

Projektantrag an KfW wurde am 20.07.2007 gestellt.

Am 26.05.2008 im Rahmen einer offiziellen Veranstaltung der Spatenstich begangen.

Zuwendungsbescheid ging den Partnern am 21.10.2008 zu.

Die Ausführungsplanungen für die Trasse zur Erlangung der Genehmigung waren zu diesem Zeitpunkt fertiggestellt, das Genehmigungsverfahren im Gange; die Aufstellungsplanungen für die Wärmetauscher bei MiRO waren erfolgt.

3.2.1 Projektstand 23.06.2009

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei SWK

Planung:

- Planungsarbeiten für Einbindung im HKW – West vorangetrieben: Rohrleitungsisometrien erstellt
- Leistungsverzeichnis + Ausschreibung für Wärmetauscher durchgeführt

Beschaffung:

- Wärmetauscher beschafft
- Lose 5, 6 und 7 vergeben

Ausführung:

- Lose 3 und 4 fertig gestellt

Kritische Probleme und Schwierigkeiten:

Vorhandene Wasserleitung, die gekreuzt werden muss, hat andere Höhenlage als in den Plänen (falsch eingemessen)

Maßnahme zur Behebung der Schwierigkeiten

Verlegung der Wasserleitung

Terminsituation:

Wird eingehalten

Verschiebung Endtermins:

Nein

Kostensituation:

Keine Veränderung

Zukünftige Entwicklung:

Bisher alles nach Plan

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei MiRO**Planung:**

- Fortführung der begonnenen Detailplanung für Demontagen und Montagen
- Erstellung der Fertigungsunterlagen der Haupttrassen für den Erd-, Beton und Stahlbau

Beschaffung:

- Ausschreibung und Vergabe der noch offenen Materialpositionen in den Bereichen Mechanik, Rohrbau, und Mess- und Regeltechnik
- Ausschreibung und Vergabe der Montageleistung für:
 - Erd- und Fundamentarbeiten
 - Stahlbau
 - Rohrbau
 - MSR – Technik

Ausführung:

Beginn und Fortführung der diversen Montagearbeiten, insbesondere im Bereich Erd-, Beton-, Stahl- und Rohrbau



Abbildung 7: Installation der Rohrbrücke bei MiRO



Abbildung 8: Verrohrungsarbeiten innerhalb der Raffinerie

Kritische Probleme und Schwierigkeiten:

Angekündigte Lieferverzögerungen für einen Teil der Plattenwärmetauscher konnten durch intensive Terminüberwachungsmaßnahmen und Gespräche mit dem Hersteller reduziert bzw. vermieden werden.

Terminsituation:

Wurde eingehalten

Verschiebung des Endtermins:

Nicht erforderlich

Kostensituation:

Keine Veränderung

Zukünftige Entwicklung:

Es wird weiterhin eine normale Projektabwicklung erwartet.

3.2.2 Projektstand am 30.11.2009**Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei SWK
Ertüchtigung Maschinenhauskeller, Anlieferung Wärmeübertrager und
zugehöriger Rohrleitungsbau und Rückkühlanlage im HKW-West****Ertüchtigung Maschinenhauskeller**

Neben den vorausgegangenen Vorbereitungsmaßnahmen am Aufstellort der Wärmeübertragerstation, dem Maschinenhauskeller, wurden die Abrissarbeiten am 03.09.2009 vom beauftragten Unternehmen begonnen und konnten in der 42. KW 2009 abgeschlossen werden.

Bei den Abrissarbeiten wurden diverse alte Anlagenkomponente, Kabel und Rohrleitungen entsorgt, unterirdische Kabelkanäle frei gemacht und Betonwände eingerissen.

Am 19.10.2009 wurden die Sanierungsarbeiten der Grundwassereinbruchstellen in der Bodenplatte oberhalb der Tiefkeller begonnen und waren am 20.11.2009 abgeschlossen.

Im Anschluss wurden die ehemaligen Kabelkanäle, welche bei der Ertüchtigung frei gemacht wurden, verfüllt; die Lastverteilplatten betoniert und die Fundamentbrücken für die Wärmeübertrager hergestellt.

Diese Arbeiten wurden so terminiert, dass Anfang Januar 2010 die Fundamentbrücken bereit sind für die Aufnahme der Wärmeübertrager.



Abbildung 9: Blick in den Maschinenhauskeller mit Armierung für die Fundamentbrücken

Anlieferung Wärmeübertrager und zugehöriger Rohrleitungsbau

Die Wärmeübertrager werden vom beauftragten Unternehmen ab der 5. KW 2010 angeliefert, eingebracht und aufgestellt.

Das beauftragte Rohrleitungsbauunternehmen beginnt im Januar 2010 mit den Arbeiten.

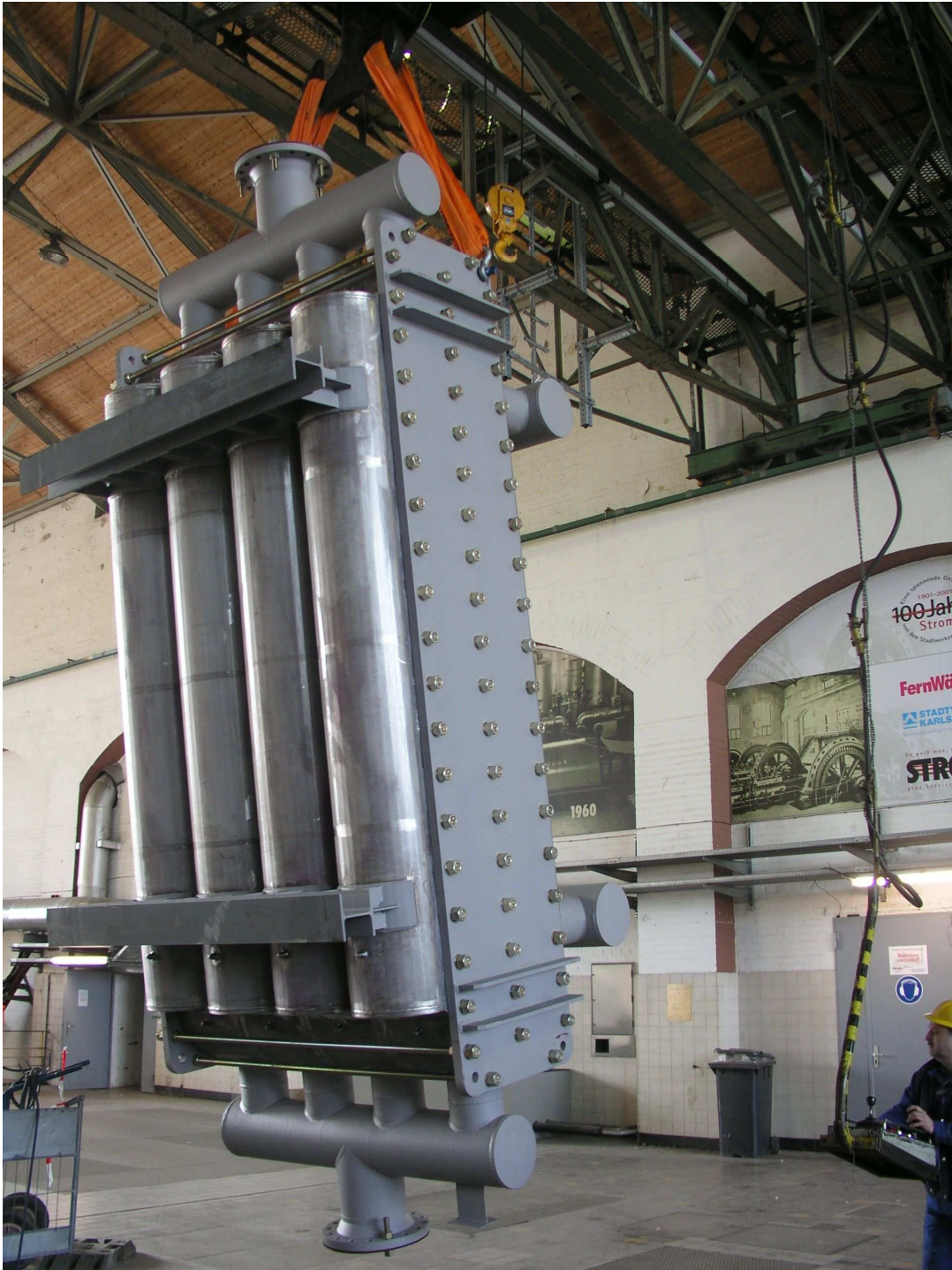


Abbildung 10: Einbringung einer Hälfte von drei Übergabewärmetauschern im HKW West

Regelkühlanlage im HKW-West

Baugenehmigung

Die Baugenehmigung für die Einbringung der Kühler im vorhandenen Gebäude des ehemaligen Kessel 1 liegt seit Oktober 2009 vor.

Die Planungen sind weitgehend abgeschlossen und die Ausschreibungen werden bis Jahresende 2009 erstellt.

3.2.3 Projektstand am 30.06.2010

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei SWK Einbau Wärmeübertragerstation im Maschinenhauskeller, Rohrleitungs- bau, Regelkühlanlage im HKW-West, Trasse

Einbau Wärmeübertragerstation Maschinenhauskeller

Die Wärmeüberträger wurden Anfang 2010 von der Firma GEA angeliefert und auf die vorbereiteten Fundamente gesetzt; der TÜV hat die Bauteile abgenommen; der Anschluss der Wärmeüberträger erfolgt primärseitig an die Transportleitung und sekundärseitig an die bestehende Heizzentrale.



Abbildung 11: Blick auf die drei Wärmetauscherpakete im Maschinenhauskeller

Rohrleitungsbau

Die Firma Rotan wurde mit den Verrohrungsarbeiten beauftragt: der primärseitige Anschluss ist fast fertig gestellt, die Messtrecke zur Erfassung der übertragenen Wärme ist installiert, der sekundärseitige Anschluss ist im Gange. Nach erfolgtem Rohrbau werden das Rohrsystem und die Wärmeüberträger isoliert; Isolierungsarbeiten wurden ausgeschrieben.

Regelkühlanlage im HKW-West

Die Planungen sind abgeschlossen, die Ausschreibung ist erfolgt, der Auftrag an Kühlturm Karlsruhe vergeben; bis August soll das Gebäude bautechnisch vorbereitet werden, damit ab August der Einbau der Rückkühlanlage erfolgen kann. Die Rohranbindung der Rückkühlanlage an die Heizzentrale wird derzeit ausgeschrieben; Vergabe soll nach der Sommerpause erfolgen, damit Arbeiten bis Jahresende abgeschlossen sind.

Trasse

Die Bauarbeiten in Losen 1 bis 7 sowie 9 und 10 sind abgeschlossen. Im Los 8 (Frauenhäusleweg) mit einer geplanten Trassenlänge von 501 m sind 270 m Trasse verlegt. Die Restarbeiten von 231 m sollen am 01.09.2010 abgeschlossen werden.



Abbildung 12: Baustelle im Frauenhäusleweg

- **Durchpressung** ist fertig gestellt



Abbildung 13: Bohrkopf für die Durchpressung



Abbildung 14: Blick in die Pressgrube

- freie Strecke

bis auf das letzte Los 9 sind die Arbeiten abgeschlossen; Fertigstellung dieses Loses ist Ende August/Anfang September.

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei MiRO

die Arbeiten auf dem Raffineriegelände sind im Wesentlichen abgeschlossen



Abbildung 15: Mit ca. 20 MW größter Wärmetauscher bei MiRO

Rohrtrasse

ist montiert und komplett isoliert

Leittechnikopplung

zur leittechnischen Anbindung ist eine Signalaustauschstation auf dem Raffineriegelände nötig. Diese Station wird in ein Fertiggebäude integriert, dessen Fundament gerade errichtet wird; Einbau der Station im Juli/August

Terminsituation

die Terminsituation ist unkritisch; der um 4 Wochen verschobene Einbau der Wärmeüberträger ist aufgeholt

Soll-Termin gemäß Zuwendungsbescheid vom 21.10.2008 i.V.m Änderungsbescheid vom 04.12.2008 und 12.12.2008 wird nach heutiger Kenntnis eingehalten.

Bemerkungen

Leitungsbefüllung und Spülung der Transportleitung sind erst nach Fertigstellung der kompletten Leitung möglich und benötigen voraussichtlich 4 Wochen. Mit der Inbetriebnahme kann dennoch im Oktober begonnen werden. Der anschließende Probetrieb ist bis Jahresende vorgesehen.

3.2.4 Projektstand am 22.11.2010

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei SWK Wärmeüberträgerstation im Maschinenhauskeller, Rohrleitungsbau, Regelkühlanlage im HKW-West, Elektro- und Leittechnikerarbeiten, Trasse

Wärmeüberträgerstation im Maschinenhauskeller

Einbau Wärmeüberträgerstation im Maschinenhauskeller
Alle drei Wärmeüberträger wurden mit einer aufwendigen, abnehmbaren und begehbaren Wärmedämmung isoliert.
Der Stahlbau für Bühnen und Podeste ist abgeschlossen.
Die Wärmeüberträger sind gefüllt und betriebsbereit.

Rohrleitungsbau

Die Rohrleitungsbauarbeiten sind abgeschlossen. Die Isolierarbeiten sind bis auf die Armaturen und Flansche abgeschlossen.

Regelkühlanlage im HKW-West

Bauaktivitäten, Stand der Ausführung
Die bauliche Ertüchtigung des Gebäudekörpers ist bis auf Restarbeiten abgeschlossen.
Der Stahlbau und die Installation der lufttechnischen Komponenten laufen mit Hochdruck.
Die Rohrleitungsbaufirma erstellt die Ausführungsplanung für die Anbindung der Rückkühlanlage an die Wärmeüberträgerstation im Maschinenhauskeller bis Ende November.



Abbildung 16: Montage der stehenden Wärmetauscher für die Regelkühlanlage



Abbildung 17: Blick ins Rückkühlgebäude auf die Lüftergehäuse mit Jalousien

Elektro- und Leittechnikenarbeiten

Die Elektro- und Leittechnikenarbeiten bzgl. der Wärmeüberträgerstation sind abgeschlossen. Im Rahmen der Inbetriebnahme wurden Parametrierungsarbeiten und Kalibrierungsmaßnahmen durchgeführt sowie Abschaltkriterien durchgetestet.

Trasse MiRO – HKW-West

Übergabe der Trasse von Bauabteilung an Betrieb ist erfolgt.

- Befüllung

Die Leitung wurde im September befüllt und entlüftet. Seit dem 05.10.2010 wird mit unterschiedlichen Massenströmen im Kreislauf gefahren.

- Spülung

Es wurden starke Schmutzfrachten festgestellt, die über die Schmutzfänger bei den SWK und der MiRO aus dem Kreislauf „ausgesiebt“ werden müssen. Wegen der Schmutzfrachten wurde bis Ende der 46. KW auf eine Warm-Inbetriebnahme verzichtet, um die Wärmetauscher nicht zu verschlammen.

Erste Wärmeaufnahme

Seit der 45. KW hat sich die Schmutzfracht deutlich reduziert. Am 19.11. wurde daher erstmals durch Einkopplung von Wärme aus der Quelle E 1008 auf MiRO-Gelände die Umwälzmenge in der Transportleitung aufgeheizt. Bis zum 22.11. war eine Temperatur von 70 °C in der gesamten Leitung erreicht.

Kurzbericht über durchgeführte Arbeiten bei MiRO

Die Arbeiten auf dem Raffineriegelände sind im Wesentlichen abgeschlossen. Die Wärmequellen werden im Rahmen der Inbetriebnahmephase sukzessive durchgefahren und zur Wärmeabgabe eingesetzt.

Rohrleitungstrasse

ist montiert und komplett isoliert

Wärmequellen

Alle Wärmequellen sind aufgestellt und in den Wasserkreislauf betriebsbereit eingebunden. Die Verbindung auf der Seite des Heizmediums (Raffinerieprodukt) ist vor Inbetriebnahme der Quelltauscher mittels bereit gestellten Passstücken hergestellt.

Derzeit befinden wir uns in der Inbetriebnahmephase. Der Kreislauf wurde ab Freitag, den 19.11.2010 über die Quelle E 1008 kontinuierlich bis auf 70 °C hochgefahren. Im Weiteren werden dann die übrigen Quellen dazugestellt, um

den Kreislauf auf 120°C zu bringen. Läuft die Lieferung an Wärme stabil, wird die letzte und größte Quelle E- 127 in Betrieb genommen.

Leittechnikkopplung

Zur leittechnischen Anbindung wurde eine Signalaustauschstation auf dem Raffineriegelände gebaut. Diese Station ist in einem Fertiggebäude integriert und fertig installiert. Die Kopplung zur Leittechnik der SWK wird sukzessive durchgeführt.

Kritische Probleme und Schwierigkeiten

Nach der ersten Schmutzfracht finden sich bei MiRO schlammige, sedimentartige Partikel sowie größere Rostpartikel und Schlacken in den Stecksieben der Pumpen.

Dadurch ist die Reinigung der Siebe notwendig. Dies führt zu einer hohen Arbeitsbelastung sowie zu einer Reduzierung des Kreislaufes über den Zeitraum der Reinigung (Abschaltung der jeweiligen Pumpe).

Vorgesehene Maßnahmen zur Behebung der Schwierigkeiten

Zur „Reinigung“ des Heißwassers von schlammigen, sedimentartigen Partikeln sowie größeren Rostpartikel wird der Zyklonabscheider („Spirovent“) der SWK bei MiRO installiert.

Der Abscheider wird über eine provisorische Leitung anstelle des Pumpenstecksiebes eingebaut, um den hälftigen Kreislaufstrom permanent zu reinigen und betriebsunabhängig abschlämmen zu können.

Wird eine Verschiebung des Endtermins erforderlich?

Die Inbetriebnahme hat ca. 4 Wochen Verzug. Die geregelte Wärmelieferung zum Ende des Jahres 2010 ist aus heutiger Sicht nicht gefährdet.

Kostensituation

In der Tabelle ist die vorläufige Kostensituation zum 23.11.2010 dargestellt.

	Projektanteil MiRO	Projektanteil SWK	Summe
Budget	14,0 Mio. €	15,7 Mio. €	29,7 Mio. €
Neueste Schätzung	13,8 Mio. €	15,3 Mio. €	29,1 Mio. €
	(inkl. 0,1 Mio. € UV)	(inkl. 0,3 Mio. € UV)	
Bestellt (aktuell)	*13,7 Mio. €	14,0 Mio. €	27,7 Mio. €
Istkosten (aktuell)	12,8 Mio. €	11,7 Mio. €	24,5 Mio. €

* inkl. Commitment von 400 T€ für Stahlbau und Fundamente Trasse X4, inkl. Prüfkosten; 100 T€ Kosten zur Inbetriebnahme; 300 T€ Vorausschau endgültiger Status der Aufmaße; 100 T€ Aktionspunkte der Mängelliste 2. (MiRO-Projekte; PJTE)

Kostenverschiebung

Durch die verspätete Fertigstellung der RKA werden die Schlussrechnungen erst in 2011 gestellt

3.2.5. Erste Wärmelieferung am 23.11.2011

Damit erfolgt die erste Wärmelieferung ca. 4 Wochen nach dem ursprünglich beabsichtigten Termin; Hintergrund ist der vierwöchige Verzug bei den Inbetriebnahmearbeiten durch die Schmutzfracht (das Hochheizen über E- 1008 war ursprünglich zum 25.10.2010 geplant).

Bei den Ausführungsplanungen der RKA kam es zu erheblichen Terminverschiebungen, die den Fertigstellungstermin dieses Teilprojektes betreffen. Hintergrund sind während der Ausschreibung mit den Bietern eingegangene Nebenangebote, die zu einer Änderung des Design geführt haben: statt des horizontalen Einbaus der Wärmetauscherflächen hinter den Lüftern wurde der senkrechte Einbau in den ehemaligen Fensteröffnungen vorgeschlagen; damit sinkt die Wärmebelastung im Gebäude, die Regelbarkeit steigt und der Druckverlust nimmt drastisch ab. Die dadurch erzielbaren Betriebskosteneinsparungen (geringerer Druckverlust, damit geringerer Strombedarf) rechtfertigen die leichte Kostensteigerung gegenüber dem Planwert dieses Teilprojektes und führen zu keiner Erhöhung des Gesamtbudgets. Die Änderungen führen dazu, dass das Montageende inkl. Elektro- und Leittechnikinstallation auf März 2011 fällt. Die Inbetriebnahme dieses Teilprojektes ist nun auf den April 2011 terminiert. Für die Zahlung der Schlussrechnung gegenüber dem Lieferanten der RKA (Kühlturm Karlsruhe) ist der Funktionsnachweis Voraussetzung; dieser kann erst im April/Mai 2011 erbracht werden. Somit ist das Gesamtprojekt erst im Sommer 2011 beendet.

Die Wärmelieferung aus MiRO während der Heizperiode bleibt von der Terminverzögerung unberührt. Der Einsatz der RKA zur Ausregelung überschüssiger Wärmelieferungen wird erst in den Sommermonaten notwendig.

Der Termin für die Inbetriebnahme der Rückkühlanlage verschiebt sich in den Sommer 2011.

Zukünftige Entwicklung

Der Probetrieb ohne Einsatz des Regelkühlers ist bis Jahresende 2010 vorgesehen. Dabei sollen alle Betriebszustände durchgeföhren werden. Im Jahr 2011 soll dann auch der Regelkühler getestet werden.

4. Ergebnisse

4.1 Erste Betriebsergebnisse während der Probetriebsphase

Die ersten Betriebsaufzeichnungen für den November 2011 zeigen die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Wärmeverbunds. Die Vorlauftemperatur erreicht allerdings erst nach Anpassungen des Raffineriebetriebs die geforderten 120 °C. Durch die Entkopplung der Wasserumlaufmenge in der Transportlei-

tung und der FW-Umwälzmenge über die Wärmetauscherstation im HKW West kann die Vorlauftemperatur ins Netz sowie in gewissem Umfang auch die Rücklauftemperatur zur MiRO beeinflusst werden, siehe hierzu Abbildung. In einem ausführlichen Messbericht wird der Zeitraum vom 01.10.2011 bis zum 30.09.2012 dargestellt; in diesen Zeitraum fällt eine Störung an einem Wärmetauscher bei MiRO, die zu einem Eintrag von Kohlenwasserstoffen und Wasserstoff in die Transportleitung geführt hat; die genaue Analyse dieser Störung ist noch im Gange und wird im Messbericht dargestellt. Auch der turn-around im Werkteil 2, der nach vierjähriger durchgehender Raffineriebetriebszeit (seit Frühjahr 2008 als erste Einbindepunkte für den Wärmeverbund konzipiert wurden) im Zeitraum von 1.3.2012 bis 31.03.2012 notwendig war, sowie sich die daran anschließende Wiederinbetriebnahme werden im Messbericht dargestellt. Dieser Messbericht geht dem UBA im Oktober 2012 zu.

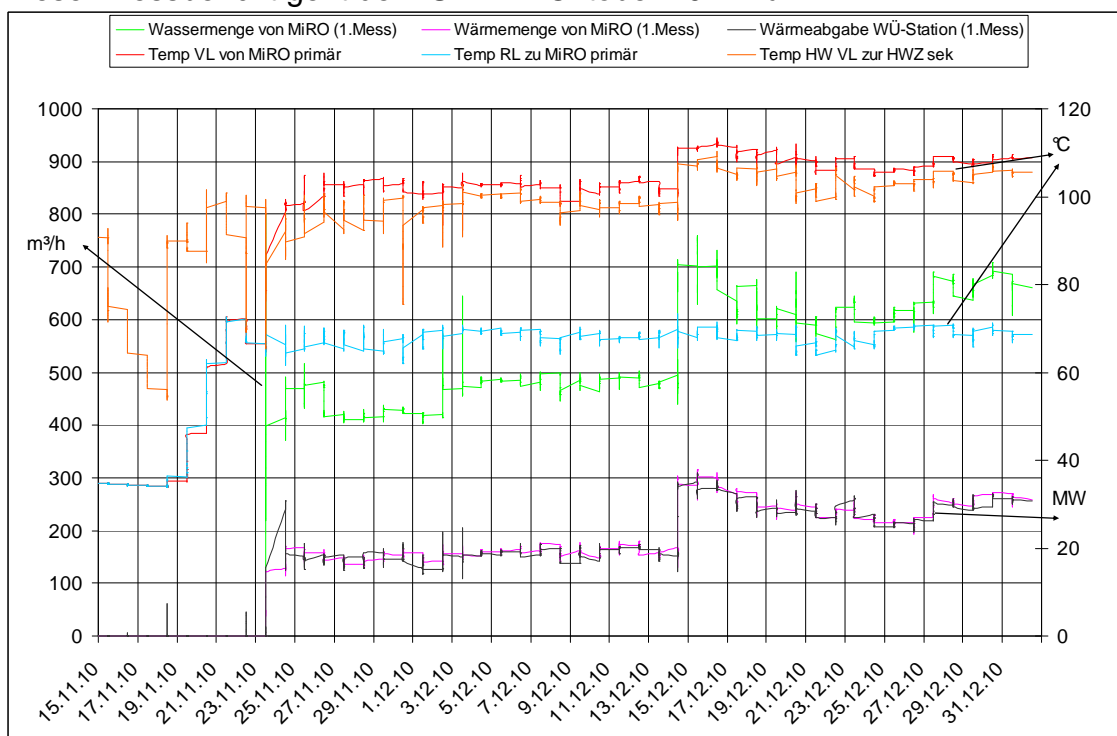


Abb. 18: Betriebsaufschreibungen während der Anfahrphase

4.2 Bericht zur terminlichen und kommerziellen Abwicklung

4.2.1 Terminplan: Soll-Ist-Vergleich

Das Projekt war von den Partnern gut vorbereitet. Verzögerungen, die sich innerhalb des Projektes ergeben haben, konnten fast vollständig wieder aufgeholt werden. Die gegenüber der Ursprungsplanung angestrebte Inbetriebnahme der Wärmelieferung für Mitte Oktober 2010 hat sich insbesondere durch die hohen Schmutzfrachten in der Transportleitung um ca. 4 Wochen verzögert; bzgl. der Inbetriebnahme der RKA war bereits zum Projektbeginn der Sommer 2011 anvisiert, da im Winter der Wärmebedarf im FW-Netz zu jeder Zeit größer ist als die Lieferung aus der 1. Ausbaustufe bei MiRO.

Mit dem Sommer 2012 steht dann erstmals ein vollständiger Sommer für den Einsatz der RKA im Regelbetrieb zur Verfügung.

Im Spätjahr 2012 wird im Rahmen des Messberichts über den Zeitraum vom 1.10.2011 bis 30.09.2012 berichtet.

4.2.2 Finanzplan Soll-Ist-Vergleich

Bei Gegenüberstellung der Gesamt-Vorkalkulation des Investitionsplans zum vorläufigen Ist ergibt sich folgendes Bild:

	Vorkalkulation	Vorläufiges Ist	+/-
Transportleitung	12.605.850,00	9.047.670,04	-3.558.179,96
Auskopplungsanlagen bei MiRO inkl. Sammelleitungen	13.147.795,00	13.894.774,57	+746.979,57
Durchpressung Honsellstr./Einführung HKW West	603.698,00	1.070.938,09	+467.240,09
Wärmeüberträger und Kühler im HKW West	3.296.952,00	4.660.839,78	+1.363.887,78
Sonstiges	0,00	118.878,85	+118.878,85
Gesamtsumme	29.654.295,00	28.793.101,33	-861.193,67

Tabelle 3: Soll-Ist-Vergleich Finanzplan

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Gesamtrahmen von 29,7 Mio. € eingehalten wurde. Das Istkosten sind insofern noch vorläufig, da momentan noch 127 T€ Mängleinbehalte zurückgehalten werden, welche erst nach vollständiger Beseitigung der letzten Mängel ausbezahlt werden. Die Mängleinbehalte sind in den o. g. Istkosten nicht enthalten. Unter Berücksichtigung dieser käme man auf Istkosten von 28,9 Mio. € und damit auf einen Minderbedarf von 0,7 Mio. €.

Mittelverschiebungen ergaben sich innerhalb des Gesamtprojektes, da sich Kostensteigerungen bei der Durchpressung der Honsellstraße und insbesondere bei den Wärmetauschern, die einerseits für die „Einsammlung“ der Wärme bei der MiRO und andererseits für die entsprechende Wärmeeinbindung im HKW-West eingesetzt werden. Diese Kostensteigerungen konnten in vollem Umfang durch Minderkosten bei der Transportleitung ausgeglichen werden.

Außerdem entstanden noch Sonstige Kosten, welche nicht auf einen speziellen Teil des Gesamtvorhabens zugeordnet werden konnten und hinsichtlich der Förderbedingungen der KfW als „nicht zuwendungsfähig“ definiert wurden. Insgesamt waren 341 T€ des Gesamtvorhabens nicht zuwendungsfähig.

Die Entwicklung des Mittelabflusses (Investitionen) in der zeitlichen Abfolge gestaltete sich wie folgt:

2008:	4.771.264,25 €
2009:	11.792.115,01 €
2010:	8.942.764,11 €
2011:	3.229.628,66 €
2012:	57.329,30 €

Gesamt: 28.793.101,33 €

Der Abruf der Fördermittel erfolgte entsprechend der Entwicklung des Mittelabflusses:

Datum	Förderbetrag
31.12.2008	1.141.700,00 €
14.09.2009	827.000,00 €
09.12.2009	861.700,00 €
09.07.2010	710.000,00 €
17.11.2010	450.000,00 €
10.01.2011	410.000,00 €
08.08.2011	440.000,00 €
Gesamt	4.840.400,00 €

Anhand des Mittelabflusses und des entsprechenden Abrufs der Fördermittel ist erkennbar, dass der ursprüngliche Zeitplan durch verschiedene Verzögerungen, welche in den Anträgen auf Mittelübertragung und Laufzeitverlängerung im Einzelnen dargestellt wurden, nicht exakt eingehalten werden konnte. Entsprechende Mittelübertragungen und die Verlängerung der Projektlaufzeit wurden den SWK antragsgemäß in den entsprechenden Änderungsbescheiden bewilligt.

Der Verwendungsnachweis zum offiziellen kaufmännischen Abschluss dieses Projektes steht montan noch aus. Es werden, wie bereits erwähnt, noch Mängel einbehalte in Höhe von 127 T€ zurückbehalten, wobei bisher leider noch nicht die komplette Beseitigung dieser Mängel erreicht werden konnte. Die Einbehalte wurden absichtlich relativ hoch bemessen, um gegenüber den Leistungserbringern ein adäquates Druckmittel zur Verfügung zu haben, damit auch kleinere Nachbesserungen noch erledigt werden. Fördertechnisch ergibt sich daraus aber ein gewisses „Problem“; einerseits möchte man die volle Förderung für die erstellten Anlagen erhalten, andererseits verbietet die kaufmännische Vorsicht eine vorschnelle Auszahlung wegen noch nicht zu vollster Zufriedenheit erbrachter Leistungen. Wir werden diesbezüglich nochmals auf die KfW zugehen.

5. Schlussfolgerung

5.1 Allgemeine Schlussfolgerungen

Aufgrund der Komplexität eines solchen Projektes ist es erforderlich, dass bei beiden Partnern jeweils Gesamtprojektleiter installiert werden, um jederzeit den Status zu überblicken. Da die Bauphase regelmäßig von anderen Personen betreut wird als die Betriebsphase, sind ein Übergang mit definierter Übergabe der Hardware an den Betrieb sowie der Nachweis über die vollständige Funktionsprüfung aller Regelbausteine erforderlich, um eine reibungslose Inbetriebnahme zu gewährleisten. Dabei zeigt es sich, dass die Betriebspersonale Verständnis für die jeweiligen spezifischen Belange des Partners brauchen, um zu vermeiden, dass Abweichungen von Planvorgaben zu technischen oder menschlichen Problemen führen:

Für das Betriebspersonal in der Messwarte der Raffinerie ist ein „Geradeausbetrieb“ anzustreben; die Anlagen werden regelmäßig auf maximalen Output gefahren.

Für das Personal in der Kraftwerkswarte, die das FW-Netz mit seinen stark schwankenden, aber gut prognostizierbaren Lasten betreiben, sind permanente Änderungen der Normalfall. Das ständige Nachregulieren der Wassermenge bzw. Vorlauftemperatur nach telefonischer Anforderung von SWK bei der MiRO-Warte hat anfangs zu kleineren Problemen geführt. Umgekehrt wurden planbare prozessuale Veränderungen in der Raffinerie, beispielsweise durch Umschalten auf andere Rohölqualitäten, im Vorfeld nicht an SWK mitgeteilt, was dort zu größeren Schwankungen der Wassermenge geführt hat.

Nach gegenseitigen Betriebsbesuchen in der Mess- bzw. Kraftwerkswarte hat sich das Verständnis der Beteiligten über die spezifischen Notwendigkeiten des Partners deutlich verbessert.

5.2 Schlussfolgerung für die zweite Ausbaustufe

Die zweite Ausbaustufe betrifft vorrangig den Raffineriebetrieb, da die Infrastruktur im HKW West bereits auf den Endausbau ausgelegt ist. Insofern wird nur bei MiRO neue Infrastruktur errichtet, und der wesentliche Augenmerk für die Partner wird sein, bei der Inbetriebnahme der zweiten Stufe das sukzessive Zuschalten der einzelnen Quellen so vorzunehmen, dass Netzschwankungen vermieden werden.

Die internen Erkenntnisse für die Projektabwicklung bei MiRO sind nicht Bestandteil dieses Berichts.

6. Literaturverzeichnis

Dem Autor liegt keine Literatur vor, auf die er sich hätte beziehen können.

7. Anhang, Materialien

Als Anlage 1 ist dem Bericht die Studie der Firma arcadis/Lauterbach vom 28. Juli 2006 beigefügt.