



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung

**In Zusammenarbeit mit der Energie-Agentur der Wirtschaft
(EnAW)**

GESAMTENERGIEANALYSE MIT DER PINCH-METHODE

ZEOCHEM AG, UETIKON

Schlussbericht



Ausgearbeitet durch

Benjamin Lauber, Weisskopf Partner GmbH

benjamin.lauber@weisskopf-partner.ch

Urs Flükiger, Weisskopf Partner GmbH

urs.fluekiger@weisskopf-partner.ch

Thomas Weisskopf, Weisskopf Partner GmbH

thomas.weisskopf@weisskopf-partner.ch

Albisriederstrasse 184 b, 8047 Zürich, www.weisskopf-partner.ch

Impressum

Datum: 20. Januar 2011

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Bereich Prozess- und Betriebsoptimierung
Industrie (PBO)

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Projektleiter: Bereichsleiter, Martin Stettler, martin.stettler@bfe.admin.ch

Projektnummer: SI/400276

Bezugsort der Publikation: www.bfe.admin.ch (Rubrik Unternehmen)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	4
2. Ausgangslage	5
3. Zielsetzungen des Projekts	6
4. Lösungsweg	6
4.1 Das Vorgehen im Überblick	6
4.2 Kurze Einführung zur Methode der Pinch-Analyse	6
5. Ergebnisse	7
5.1 Ist-Analyse	7
5.2 Theoretisch durch eine Pinch-Analyse erzielbares Einsparungspotenzial	9
5.3 Beschreibung der gefundenen Massnahmen	11
5.4 Kennzahlen der vorgesehenen Massnahmen	13
5.5 Empfehlungen und weiteres Vorgehen	15
6. Schlussfolgerung.....	16
7. Anhang.....	17
7.1 Übersicht Wärmetauscher	17

Verzeichnis der Grafiken

Grafik 1: Areal Zeochem AG	5
Grafik 2: Ablauf Pinch-Analyse.....	6
Grafik 3: Wärmetauscher für die Wärmerückgewinnung aus Waschwasser	8
Grafik 4: Übersicht Waschwasser- bzw. WRG-System.....	8
Grafik 5: Verbundkurven Zeotan4	9
Grafik 6: Verbundkurven LX1 Chargentrockner	10
Grafik 7: Verbundkurven LX1	10
Grafik 8: Verbundkurven Synthesen Zeotan2-4	11
Grafik 9: Vergleich der Energieeinsparpotenziale der fünf Massnahmen	15

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Resultate zur Massnahme 1	13
Tabelle 2: Auslegungsdaten der Wärmetauscher	13
Tabelle 3: Resultate zur Massnahme 2.....	13
Tabelle 4: Auslegungsdaten der Wärmetauscher	13
Tabelle 5: Resultate zur Massnahme 3.....	13
Tabelle 6: Auslegungsdaten der Wärmetauscher	14
Tabelle 7: Resultate zur Massnahme 4.....	14
Tabelle 8: Auslegungsdaten der Wärmetauscher	14
Tabelle 9: Die fünf Massnahmen im Überblick.....	14

1. Zusammenfassung

Die Pinch-Analyse wurde im Auftrag der Zeochem AG durchgeführt. Das Hauptziel des Projekts bestand darin, energetische Einsparpotenziale zu eruieren.

Die Zeochem AG ist spezialisiert auf die Herstellung von Molekularsieben und Silicagelen. Molekularsiebe sind Zeolithe, die ein grosses Absorptionsvermögen für Gase, Dämpfe und gelöste Stoffe aufweisen. Silicagele werden zur Absorption von Feuchtigkeit eingesetzt.

Die Produktionsanlagen der Zeochem AG sind zwischen zehn und dreissig Jahren alt. Insbesondere für alte Anlagen fehlen nachgeführte Schemata. Die Erarbeitung einer energetisch quantifizierten Verbrauchsübersicht für die verschiedenen Anlagen war daher sehr aufwändig. Die Übersicht stellt jedoch eine wichtige Grundlage für die weitergehenden Arbeiten dar.

Für die energierelevanten Anlagen der Zeochem AG wurden schliesslich fünf Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ausgearbeitet und der Zeochem AG vorgestellt. Vier dieser fünf Massnahmen sehen eine Abwärmenutzung aus der Abluft vor. Die fünfte Massnahme bewirkt eine Optimierung der bestehenden Abwasserwärmerückgewinnung.

Die Amortisationszeiten der fünf Massnahmen liegen zwischen 0.5 und 5.4 Jahren. Das gesamte Einsparpotenzial der fünf Massnahmen wird auf ungefähr 3 GWh/a geschätzt. Die totalen Energiekosteneinsparungen beziffern sich auf insgesamt CHF 230'000.- pro Jahr. Demgegenüber stehen Investitionskosten von CHF 660'000.- für alle fünf Massnahmen. Die über alle fünf Massnahmen berechnete Amortisationszeit liegt somit bei 2.9 Jahren.

Die Umsetzung der Massnahmen wird nun bei der Zeochem intern geprüft. Die Optimierung des Abwasserwärmerückgewinnungssystems soll aufgrund der sehr kurzen Amortisationszeit von 0.5 Jahren möglichst rasch umgesetzt werden.

Aus Gründen der Vertraulichkeit finden sich in diesem Bericht keine Anlagenbeschreibungen oder Schemata jeglicher Art. Der Bericht ist bewusst kurz gehalten.

2. Ausgangslage

Die Zeochem AG weist einen sehr hohen Energieverbrauch auf, der über Erdgas- und Elektrizitätsbezug gedeckt wird. Zum Erzeugen von Prozesswärme wird neben Erdgas auch Strom verwendet.

Es sind bereits verschiedene Massnahmen im Bereich der Wärmerückgewinnung umgesetzt worden. Mit einer Pinch-Analyse soll das thermische Energiekonzept gesamtheitlich betrachtet und optimiert werden.

Die Anlagen sind in verschiedenen Gebäuden untergebracht. Das Fabrikgebäude mit der Energiezentrale ist durch die Kantonsstrasse vom restlichen Areal getrennt (siehe Grafik 1). Die verschiedenen Gebäude sind über eine Rohrbrücke auch wärmetechnisch miteinander verbunden. Die Anlagen sind in die zum Teil sehr alten Gebäude hineingewachsen und daher entsprechend an die Räumlichkeiten angepasst gestaltet. Dies ist der Grund dafür, dass die in der alten Fabrik installierten Anlagen räumlich nicht sauber getrennt sind. Diese Tatsache führt dazu, dass es sehr anspruchsvoll ist, sich über die bestehenden Anlagen und die damit verbundenen Energieflüsse einen Überblick zu verschaffen.

Die einzelnen Anlagen funktionieren autonom und werden in den meisten Fällen im Dreischichtbetrieb gefahren. Eine weitere Rahmenbedingung ist die Tatsache, dass keine bestimmte Gleichzeitigkeit des Betriebs gegeben ist. Daher kann eine erfolgreiche Pinch-Analyse nur durchgeführt werden, wenn die Anlagen nicht in einem zusammengefassten Netzwerk betrachtet werden.

Ein Speicher mit einem Volumen von 100 m³ ist zum Puffer für die Wärmerückgewinnung umgebaut worden. Vor einigen Jahren ist im Winter bei Minustemperaturen das Belüftungsventil zugefroren und bei der Entleerung des Speichers ist er durch den entstandenen Unterdruck eingeknickt. Mit der Beschaffung des Ersatzspeichers wurde anschliessend zugewartet, da es möglich ist, dass die Resultate der Pinch-Analyse Hinweise auf das optimale Speichervolumen liefern.



Grafik 1: Areal Zeochem AG

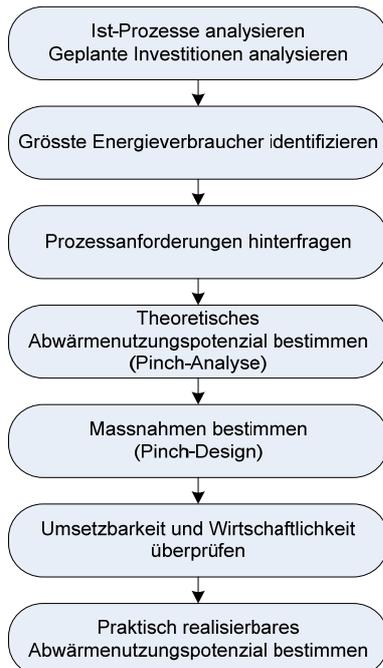
3. Zielsetzungen des Projekts

Im Auftrag sind die folgenden Zielsetzungen festgehalten:

- Erarbeiten der Grundlagen (relevante Energieströme);
- Erstellen eines Wärmetauschernetzwerks unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien;
- Ausarbeiten eines umsetzbaren Massnahmenkatalogs.

4. Lösungsweg

4.1 Das Vorgehen im Überblick



Grafik 2: Ablauf Pinch-Analyse

4.2 Kurze Einführung zur Methodik der Pinch-Analyse

Zahlreiche Erfahrungen zeigen, dass die optimale Verknüpfung von Energieströmen im Gesamtprozess grössere Effizienzsteigerungen mit sich bringt als die Verbesserung von einzelnen Wirkungsgraden. "Energetische Prozessintegration" ist der gebräuchliche Oberbegriff für solch systemorientierte und integrale Methoden. Die Pinch-Analyse ist wiederum ein wichtiges Werkzeug der Prozessintegration.

Im Rahmen einer Pinch-Analyse werden die zur Kühlung und Erwärmung eines Prozesses notwendigen Energieströme bis auf die minimale Temperaturdifferenz zueinander verschoben, so dass die Energie der abzukühlenden Ströme zum Aufheizen der zu erwärmenden Ströme genutzt werden kann. Im Gegensatz zur weit verbreiteten Analyse der Energieströme mittels Energieflussdiagrammen, in denen die Energiemengen dargestellt werden, werden mit einer Pinch-Analyse die warme und die kalte Verbundkurve der Energieströme hergeleitet. Die kalte Verbundkurve spiegelt den Wärmebedarf und die warme Verbundkurve das Wärmeangebot wider. Aus diesen Verbundkurven können die Temperaturniveaus herausgelesen werden, auf denen die Leistungen anfallen.

5. Ergebnisse

5.1 Ist-Analyse

5.1.1 Bestandesaufnahmen der Anlagen

Für externe Fachleute ist es sehr anspruchsvoll, sich einen Überblick über die Fabrik mit ihren über verschiedene Gebäude verteilten Anlagen zu verschaffen. Anhand von Rohrleitungs- und Instrumentenflussbildern (R&I-Schemata) wurden die verschiedenen Anlagen priorisiert. So wurden thermisch irrelevante Bereiche aussortiert und ausgewählte Anlagen wurden auf ihren gleichzeitigen Betrieb geprüft.

Folgende Anlagen und Bereiche wurden als wärmetechnisch relevant beurteilt und für die weitere Analyse genauer untersucht:

- Kalzinierung Zeotan4
- Kalzinierung LX1
- Synthese Zeotan2
- Synthese Zeotan3
- Synthese Zeotan4
- gesamtes Wärmerückgewinnungssystem (bestehend)
- Waschwassersystem

5.1.2 Vorhandene Anlagen zur Wärmeerzeugung

Flüssige Produkte und Wärmeträger werden mit Dampfregistern aufgeheizt. Zum Teil wird der Dampf direkt in das Prozessmedium injiziert. Diese Methode wird vor allem bei der Waschwassererwärmung eingesetzt. Die Erzeugung des notwendigen Dampfes erfolgt mit einem 6.5 MW Öl-/Gasheizkessel.

An verschiedenen Standorten wird zur Aufbereitung der Trocknungsluft mit Gasbrennern direkt in den Luftstrom geheizt. Da im Falle der Kalzinierungsanlage LX1 keine Feuchtigkeit in der Trocknungsluft vorliegen darf, wird die Luft in dieser Anlage rein elektrisch erwärmt.

5.1.3 Bestehende Anlagen für die Wärmerückgewinnung (WRG)

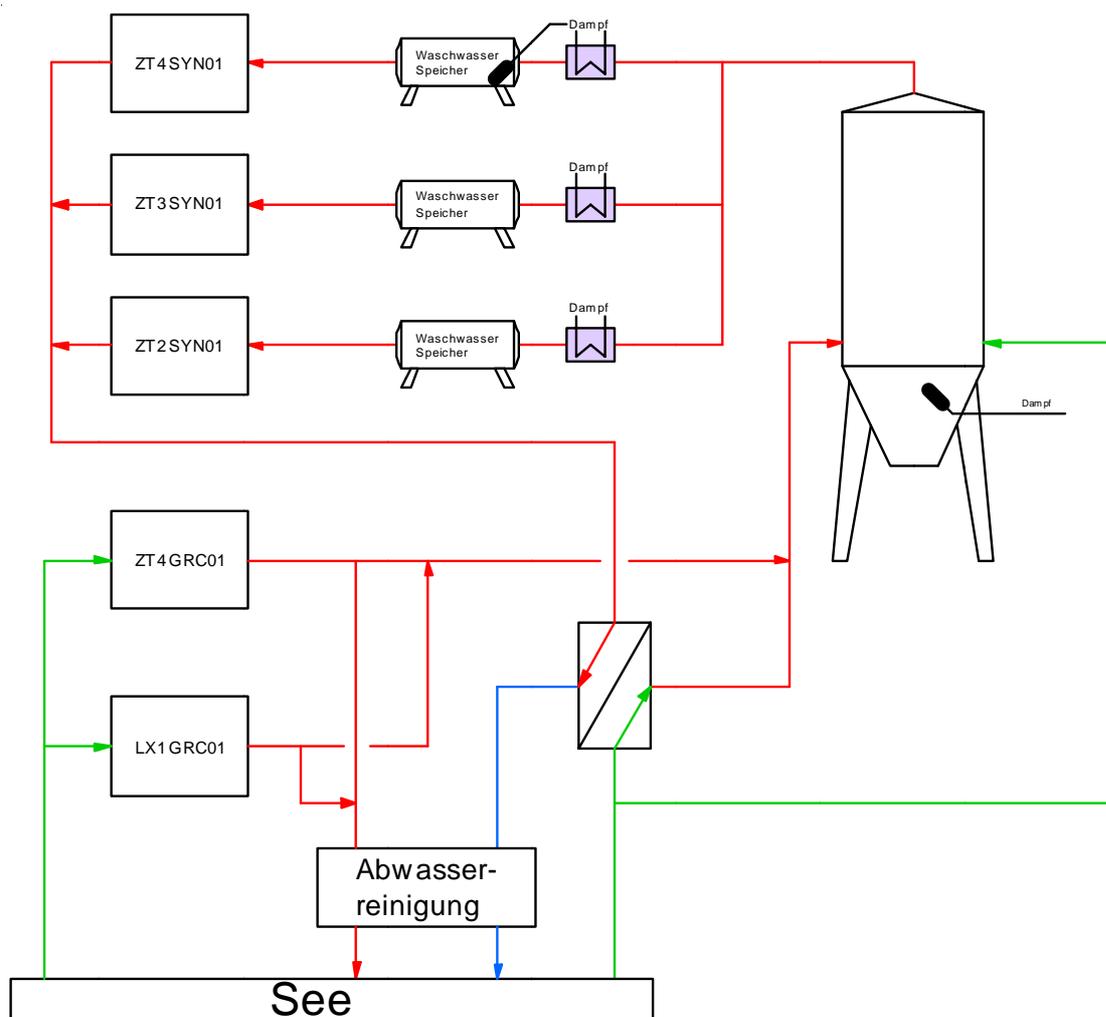
Mit verschiedenen Abwärmequellen wird frisches Seewasser mit einer Temperatur von ca. 7°C erwärmt und in den grossen WRG-Speicher geleitet. Dieses Warmwasser wird als Waschwasser in den drei Synthese-Anlagen verwendet, wobei es auf eine Temperatur von 65°C erwärmt werden muss. Nach dem Waschvorgang wird dem Waschwasser die Restwärme entzogen und dabei frisches Seewasser für neue Waschgänge vorgewärmt. Das gebrauchte und abgekühlte Waschwasser wird gereinigt und danach wieder in den See geleitet.



Grafik 3: Wärmetauscher für die Wärmerückgewinnung aus Washwasser

Das Abwassersystem ist in der Grafik 4 schematisch dargestellt. Das durch diverse Abwärmequellen erwärmte Seewasser wird im grossen Speicher gesammelt und später für die Waschvorgänge in den Synthesen verwendet.

Der Wärmetauscher der Grafik 3 ist im Schema der Grafik 4 in der unteren Mitte dargestellt.



Grafik 4: Übersicht Washwasser- bzw. WRG-System

5.1.4 Bestandesaufnahme der Kühlprozesse

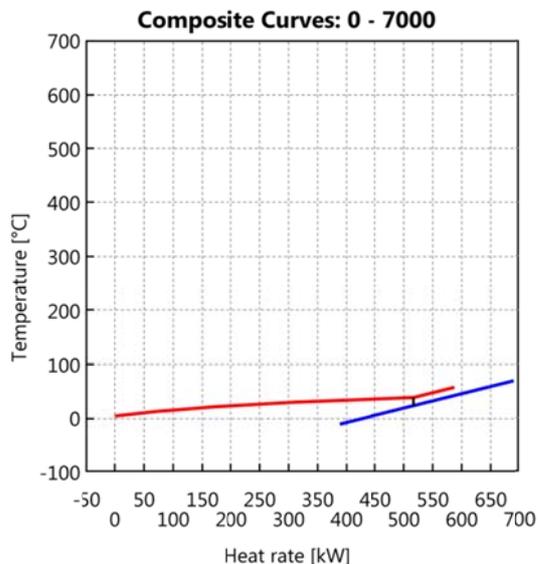
Für diverse Kühlvorgänge wird frisches Seewasser verwendet, welches mit einer Temperatur von 7° C in die Fabrik gepumpt wird. Nach dem Durchlaufen von verschiedenen Kühlvorgängen wird das dadurch erwärmte Seewasser in den WRG-Speicher geleitet. Aus dem WRG-Speicher kann das erwärmte Seewasser anschliessend als Waschwasser in den Synthesanlagen weiter verwendet werden.

Bei einer Anlage wird zur Trocknung der Luft zuerst gekühlt, um die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit zu kondensieren. Für diese Kühlung wird eine Kältemaschine eingesetzt, welche in den nächsten Jahren durch eine effizientere Anlage ersetzt wird. Die Abwärme dieser neu installierten Kältemaschine kann direkt für die nachfolgende Erwärmung der Luft genutzt werden.

5.2 Theoretisch durch eine Pinch-Analyse erzielbares Einsparungspotenzial

5.2.1 Kalzinierung Zeotan4

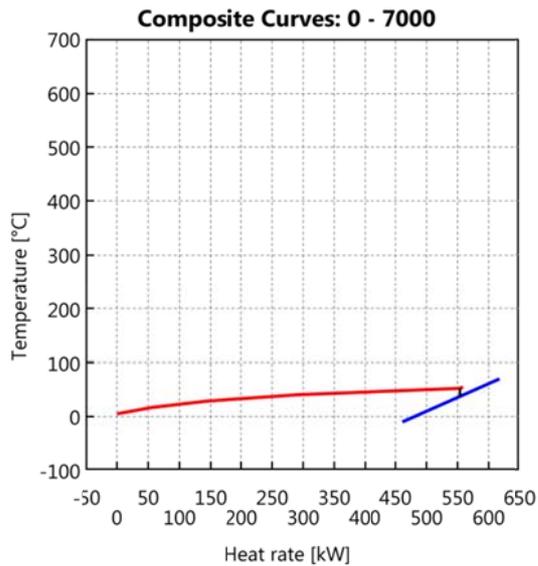
Die Pinchtemperatur liegt bei 32° C. Das theoretisch erzielbare Energieeinsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt 200 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 15 K).



Grafik 5: Verbundkurven Zeotan4

5.2.2 Kalzinierung LX1 Chargentrockner

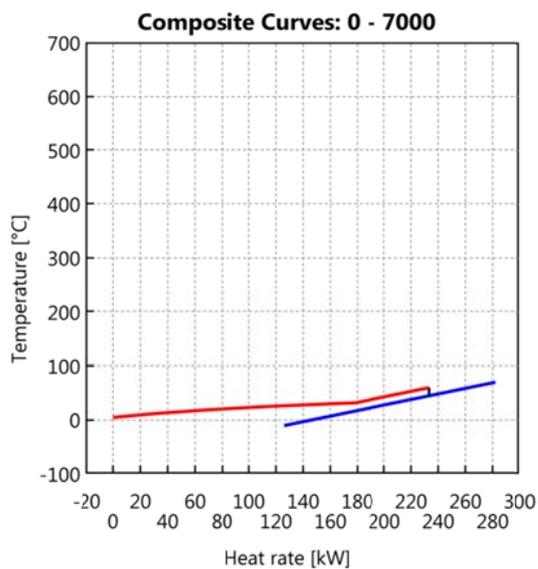
Die Pinchtemperatur liegt bei 45° C. Das theoretisch erzielbare Energieeinsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt 100 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 15 K).



Grafik 6: Verbundkurven LX1 Chargetrockner

5.2.3 Kalzinierung LX1

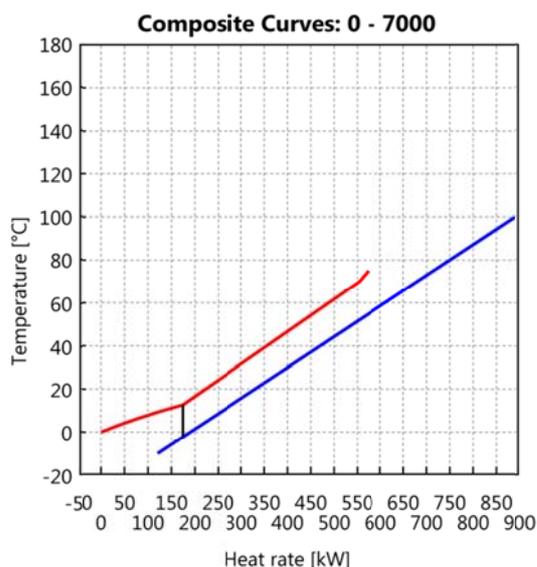
Die Pinchtemperatur liegt bei 53° C. Das theoretisch erzielbare Energieeinsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt rund 105 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 15 K).



Grafik 7: Verbundkurven LX1

5.2.4 Synthesen Zeotan2-4

Die Pinchtemperatur liegt bei 5° C. Das theoretisch erzielbare Einsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt rund 455 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 15 K).



Grafik 8: Verbundkurven Synthesen Zeotan2-4

5.3 Beschreibung der gefundenen Massnahmen

Die Pinch-Analyse für die zwei Kalzinierungen und die drei Synthesen weist auf vier Massnahmen zum Erschliessen des vorhandenen Energiesparpotenzials hin. Im Rahmen dieser vier gefundenen Massnahmen soll die Abwärme zum Senken des Energieverbrauchs genutzt werden, dies betrifft die folgenden vier Abwärmequellen:

- Abluft der Anlage Zeotan4 (Kalzinierung)
- Abluft des Chargetrockners der Anlage LX1
- Abluft der Anlage LX1
- Abluft der Anlagen Zeotan2-4 (Synthese)

Für eine Nutzung dieser Abwärmequellen wurden konkrete Massnahmen ausgearbeitet und fachkundigen Mitarbeiter der Zeochem AG präsentiert. Die Massnahmen wurden nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Vor- bzw. Nachteile bewertet. Die Abwärmeebenutzung des Chargetrockners erwies sich aufgrund der wenigen Betriebsstunden als unwirtschaftliche Massnahme. Die restlichen Wärmerückgewinnungskonzepte werden zur Prüfung an die Geschäftsleitung weitergeleitet.

Als zusätzliche Massnahme wurde der Zeochem AG eine Optimierung der Abwasser-Wärmerückgewinnung empfohlen. Das Unternehmen hat beschlossen, diese Massnahme in jedem Fall umzusetzen, da die Investitionskosten bereits innert Jahresfrist durch die erzielten Energiekosteneinsparungen amortisiert sind.

5.3.1 Massnahme 1: Abwärmeebenutzung Zeotan4 (Kalzinierung)

Die Kalzinierungsanlage trocknet den feuchten Zeolith mit trockener Heissluft in vier Stufen. Der Trocknungsluftstrom läuft gegen das Produkt. Dies bedeutet, dass die Luft über die der Reihe nach vom Produkt durchlaufenen Stufen von Stufe zu Stufe wärmer wird. Im Gegensatz dazu, kühlt sich die Luft aus der Perspektive des Luftstroms von Stufe zu Stufe ab.

Die Trocknungsluft muss vor der Abgabe ins Freie gefiltert werden. Für die Filterung gilt eine maximale Lufttemperatur von ca 65° C als Grenzwert, da bei noch höheren Temperaturen die Filter beschädigt werden. Die dem Filtriervorgang vorgelagerte Luftkühlung erfolgt über einen Wärmetauscher, welcher mit frischem Seewasser betrieben wird. Das

dadurch im Wärmetauscher erwärmte Seewasser wird anschliessend in den WRG-Speicher gepumpt. Nach den Filtern kann die ca. 60° C warme Luft weiter genutzt werden, um den kalten Aussenluftstrom vorzuwärmen, der anschliessend wieder als heisse Trocknungsluft verwendet wird. Nach erfolgter Filterung ist auch eine Unterschreitung der Kondensationstemperatur möglich. Die Wärmerückgewinnung kann anlagenintern erfolgen, wodurch keine Wärmeverluste durch Transport und/ oder Speicherung entstehen.

5.3.2 Massnahme 2: Abwärmenutzung LX1

Analog zur unter 5.3.1 beschriebenen Massnahme 1 kann die warme Abluft nach dem Filtern zum Vorwärmen des kalten Aussenluftstroms verwendet werden.

Im Unterschied zur Massnahme 1 wird die Aussenluft bei dieser Anlage mit einer Kältemaschine gekühlt, um möglichst viel Wasser durch Kondensation auszuscheiden. Anschliessend wird die entfeuchtete Aussenluft mit einem Elektroofen aufgeheizt. Folglich wird durch diese Massnahme durch elektrische Energie erzeugte Wärme und damit Strom eingespart.

5.3.3 Massnahme 3: Abwärmenutzung Zeotan2-4 (Synthese)

Alle drei Syntheseanlagen sind in der oberen Fabrik untergebracht, wobei die drei Anlagen nach dem gleichen Prinzip funktionieren. Das Produkt wird im Mahltrockner mit heisser Luft angeströmt, wodurch die Feuchtigkeit abtransportiert wird. Die feuchte Abluft wird nach erfolgter Filterung ins Freie geblasen. Die Massnahme 3 sieht die Installation eines Wärmetauscherverbunds vor, wodurch der Abluft die Wärme entzogen werden kann. Die entzogene Abwärme erwärmt einen Wasser-Glykol-Kreislauf, zusätzlich wird Wärme an die kalten Zuluftströme abgegeben.

5.3.4 Massnahme 4: Optimierung Abwasser-WRG

Dem verschmutzten Waschwasser wird vor seiner Reinigung und Rückleitung in den See die Wärme entzogen und für die Erwärmung des frischen Seewassers verwendet. Dieser Wärmetauscher ist mit Ausnahme von wenigen Tagen im Jahr dauernd in Betrieb und weist daher eine hohe Anzahl Betriebsstunden auf. Die hohe Anzahl der jährlichen Betriebsstunden führt dazu, dass Optimierungsmassnahmen für diesen Wärmetauscher eine sehr kurze Payback-Zeit aufweisen.

Das verschmutzte Waschwasser hat eine Temperatur von ungefähr 50° C und wird auf ca. 30° C abgekühlt. Dieses Abwasser ist schlecht gefiltert, wodurch der Wärmetauscher rasch verschmutzt und damit der Wärmeübergang rasch verschlechtert wird. Dies führt zu einer schnellen Abnahme des Wirkungsgrads der Wärmerückgewinnung. Durch eine wartungsfreie oder wartungsarme Wärmetauscherreinigung und/ oder einer Filterung des zugeführten Abwassers kann der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung erhöht werden. Durch eine Vergrösserung der Wärmetauscherfläche kann die zurückgewonnene Wärmemenge zusätzlich gesteigert werden.

In diesem Zusammenhang gilt es zu erwähnen, dass auch der Einsatz einer Wärmepumpe geprüft worden ist. Aufgrund des hohen Temperaturhubs, der bereits vom Wärmetauscher erbracht wird, erwies sich jedoch die Installation einer Wärmepumpe als nicht wirtschaftlich.

5.4 Kennzahlen der vorgesehenen Massnahmen

5.4.1 Massnahme 1: Abwärmenutzung Zeotan4 (Kalzinierung)

Da die Kalzinierungsanlage Zeotan4 rund 7'000 Betriebsstunden pro Jahr aufweist, können Investitionen in Energiesparmassnahmen relativ rasch amortisiert werden.

Energieeinsparung [MWh/a]	794
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	52'000
CO ₂ -Einsparung [t/a]	157
Investitionskosten [CHF]	122'000
Payback [a]	2.3

Table 1: Resultate zur Massnahme 1

In der Tabelle 2 sind die Auslegungsdaten für die Wärmetauscher zusammengestellt. Beim rot markierten Wärmetauscher handelt es sich um einen bestehenden Kühler, der die Abluft auf eine für die Filter verträgliche Temperatur kühlt.

Anlage	Medium	Tanfang [°C]	Tende [°C]	mp [kg/h]	mp [kg/s]	c [kJ/(Kg*K)]	Qp [kW]	Medium	TW ein [°C]	TW aus [°C]	mp [kg/h]	cp [kJ/(Kg*K)]
ZT4 GRC01	ABL	108	60	14'000	3.89	1.088	-203	Fabrikwasser	40	46	29'139	4.180
ZT4 GRC01	ABL	58	34	14'000	3.89	2.115	-199	Wasser KL	7	50	3'908	4.180
ZT4 GRC01	Wasser KL	50	7	3'908	1.09	4.180	-199	ZUL	-10	43	13'500	1.003

Table 2: Auslegungsdaten der Wärmetauscher

5.4.2 Massnahme 2: Abwärmenutzung LX1

Energieeinsparung [MWh/a]	245
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	27'000
CO ₂ -Einsparung [t/a]	0
Investitionskosten [CHF]	110'000
Payback [a]	4.1

Table 3: Resultate zur Massnahme 2

In der

Tabelle 4 sind die Auslegungsdaten für die Wärmetauscher aufgelistet. Beim rot markierten Wärmetauscher handelt es sich um einen bestehenden Kühler, der die Abluft auf eine für die Filter verträgliche Temperatur kühlt.

Anlage	Medium	Tanfang [°C]	Tende [°C]	mp [kg/h]	mp [kg/s]	c [kJ/(Kg*K)]	Qp [kW]	Medium	TW ein [°C]	TW aus [°C]	mp [kg/h]	cp [kJ/(Kg*K)]
LX1 GRC01	ABL	115	65	7'200	2.00	1.060	-106	Fabrikwasser	40	56	5'706	4.180
LX1 GRC01	ABL	60	27	7'200	2.00	1.606	-107	Wasser KL	7	53	2'013	4.180
LX1 GRC01	Wasser KL	53	7	2'013	0.56	4.180	-107	ZUL	-10	45	7'000	1.003

Table 4: Auslegungsdaten der Wärmetauscher

5.4.3 Massnahme 3: Abwärmenutzung Zeotan2-4 (Synthese)

Energieeinsparung [MWh/a]	890
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	59'000
CO ₂ -Einsparung [t/a]	176
Investitionskosten [CHF]	299'000
Payback [a]	5.1

Table 5: Resultate zur Massnahme 3

In der

Tabelle 6 sind die Auslegungsdaten für die Wärmetauscher zusammengefasst.

Anlage	Medium	Tanfäng [°C]	Tende [°C]	mp [kg/h]	mp [kg/s]	c [kJ/(Kg*K)]	Qp [kW]	Medium	TW ein [°C]	TW aus [°C]	mp [kg/h]	cp [kJ/(Kg*K)]
ZT2 SYN01	ABL	75	9.2	8'650	2.40	1.067	-169	Wasser KL	7	65	2'486	4.180
ZT2 SYN01	Wasser KL	65	7	2'486	0.69	4.180	-169	ZUL	-10	55	8'650	1.079
ZT3 SYN01	ABL	75	9.3	5'500	1.53	1.062	-107	Wasser KL	7	66	1'551	4.180
ZT3 SYN01	Wasser KL	66	7	1'551	0.43	4.180	-107	ZUL	-10	57	5'500	1.048
ZT4 SYN01	ABL	70	9.4	10'000	2.78	1.059	-178	Wasser KL	7	62	2'779	4.180
ZT4 SYN01	Wasser KL	62	7	2'779	0.77	4.180	-178	ZUL	-10	54	10'000	1.008

Tabelle 6: Auslegungsdaten der Wärmetauscher

5.4.4 Massnahme 4: Optimierung Abwasser-WRG

Energieeinsparung [MWh/a]	890
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	73'000
CO ₂ -Einsparung [t/a]	220
Investitionskosten [CHF]	33'000
Payback [a]	0.5

Tabelle 7: Resultate zur Massnahme 4

In der Tabelle 8 sind die Auslegungsdaten für die Wärmetauscher zusammengestellt. Bei den rot markierten Daten handelt es sich um die aktuellen Werte des Wärmetauscher, die dem gegenwärtigen Betriebszustand entsprechen. Die zweite Zeile enthält die für einen optimierten Wärmetauscher geltenden Werte.

Anlage	Medium	Tanfäng [°C]	Tende [°C]	mp [kg/h]	mp [kg/s]	c [kJ/(Kg*K)]	Qp [kW]	Medium	TW ein [°C]	TW aus [°C]	mp [kg/h]	cp [kJ/(Kg*K)]
AW1	Abwasser	56	33	11'100	3.08	4.180	-296	Fabrikwasser	7	41	7'509	4.180
AW1	Abwasser	56	20	11'100	3.08	4.180	-464	Fabrikwasser	7	53	8'687	4.180

Tabelle 8: Auslegungsdaten der Wärmetauscher

5.4.5 Übersicht über die Kennzahlen der vorgesehenen Massnahmen

In der untenstehenden Tabelle 9 sind die fünf Massnahmen zusammengefasst dargestellt. Die zusammenfassende Tabelle zeigt, dass die fünf Massnahmen sehr unterschiedliche Payback-Zeiten aufweisen. Dieser Sachverhalt lässt sich damit erklären, dass sich die Betriebsstundenanzahlen der jeweiligen Anlagen voneinander unterscheiden.

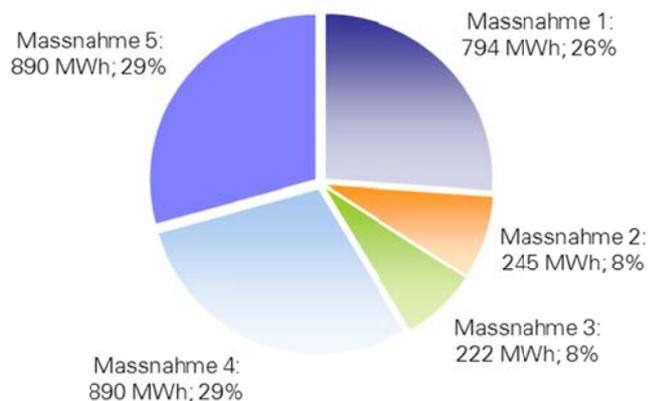
Nr.	Anlage	Apparate	Massnahme	Bemerkung	Betriebs- stunden h/a	Energie Einsparung MWh	Energiekosten Einsparung CHF/a	Investition exkl. MWSt CHF	Payback a
1	ZT4	ZT4GRC01	ABL-ZUL WT	Stufen 1-4	7'000	794	52'000	122'000	2.3
2	LX1	LX1GRC01, 2-4	ABL-ZUL WT	Stufen 2-4	4'000	245	27'000	110'000	4.1
3	LX1	LX1GRC01, 1	ABL-ZUL WT	Stufe 1	4'000	222	18'000	97'000	5.4
4	ZT2-3	ZT2-3SYN01	ABL-ZUL WT	WRG-Verbund	2'500/4'000	890	59'000	299'000	5.1
5	AW1	AW1WWK01	WT01 optimieren	WT01	7'000	890	73'000	33'000	0.5
	total					3'041	229'000	661'000	2.9

Tabelle 9: Die fünf Massnahmen im Überblick

Wenn man die Einsparpotenziale der fünf Massnahmen miteinander vergleicht (siehe untenstehende Grafik 9), wird ersichtlich, dass die für die Anlage LX1 vorgesehene Massnahme eindeutig das kleinste Energieeinsparpotenzial aufweist. Dies ist auf den ersten Blick erstaunlich, da der Luftvolumenstrom der Anlage LX1 mit demjenigen der Kalzinierungsanlage Zeotan4 vergleichbar ist. Das kleine Einsparpotenzial der für die Anlage LX1 vorgesehenen Massnahme lässt sich jedoch erklären: Es kommt einerseits durch die tiefe Betriebsstundenanzahl von ca. 4'000 h/a zustande. Andererseits mindert auch die im Ver-

gleich zur Abluft der Anlage Zeotan4 weniger feuchte Abluftkondition das Einsparpotenzial für die Anlage LX 1.

Weiterhin zeigt die Grafik 9, dass das Umsetzen der Massnahmen 1, 4 und 5 die grössten Energieeinsparungen mit sich bringen wird. Durch die Realisierung der drei Massnahmen sind langfristig betrachtet grosse Einsparungen bei den Energiekosten möglich.



Grafik 9: Vergleich der Energieeinsparpotenziale der fünf Massnahmen

5.5 Empfehlungen und weiteres Vorgehen

Wir empfehlen für das Umsetzen der Massnahmen ein Vorgehen gemäss folgenden Prioritäten:

1. Priorität

Die Massnahme 5, Optimieren des Abwasserwärmetauschers, sollte möglichst bald umgesetzt werden, da die Amortisationszeit für die entsprechenden Investitionskosten kleiner als ein Jahr ist.

2. Priorität

Die Massnahmen 1 und 2 sind sich bezüglich der Umsetzungsart sehr ähnlich. Das Umsetzen der Massnahme 1 ist auf jeden Fall lohnenswert, da die notwendigen Investitionskosten innerhalb von 2.3 Jahren amortisiert sind.

3. Priorität

Die Massnahme 4, die eine Abwärmenutzung der Synthesanlagen vorsieht, weist ein grosses Energieeinsparungspotenzial auf und sollte auf jeden Fall weiterverfolgt werden trotz der vergleichsweise hohen Payback-Zeit von gut fünf Jahren.

4. Priorität

Die Massnahme 3 weist von allen vorgesehenen Massnahmen das geringste Energieeinsparungspotenzial auf. Zudem würden die Investitionskosten erst nach 5.4 Jahren amortisiert. Daher ist das Umsetzen dieser Massnahme nicht mit höchster Priorität weiterzuverfolgen. Im Falle einer Erhöhung der Betriebsstundenanzahl aufgrund von Veränderungen bei der Produktion könnte das Realisieren dieser Massnahme durchaus wirtschaftlicher werden.

Die Pinch-Analyse hat aufgezeigt, dass die Dimension des 100 m³ WRG-Speichers richtig gewählt ist. Es sind keine zusätzlichen Einträge in den Speicher vorgesehen. Es gilt jedoch an dieser Stelle zu erwähnen, dass bei einem Speicherersatz darauf zu achten ist,

dass die Anschlüsse der Zu- und Abläufe sinnvoller angeordnet werden. Damit kann sichergestellt werden, dass die Schichtung nicht durch falsche Einleitungen gestört wird.

6. Schlussfolgerung

Die Massnahmen eins bis drei, die eine Nutzung der Abluft nach der Filterung vorsehen, sind als energetisch und wirtschaftlich sehr sinnvolle Massnahmen zu betrachten. Die aus energetischer Sicht noch optimalere Lösung bestünde darin, auf die heute installierte Wärmerückgewinnung vor der Filterung zu verzichten und die gesamte Wärme nach der Filterung zu entziehen. Dazu müssten die Restriktionen des Filtersystems bezüglich der maximalen Eintrittstemperatur von ca. 65°C durch technische Neuerungen aufgehoben werden können. Gemäss Zeochem bietet ein Anlagenlieferant ein Filtersystem an, welches keine Temperaturanforderungen stellt. Dieses System soll bei einer geplanten Neu-Anlage zum Einsatz kommen und getestet werden. Da die Ersatzfilter dieses neuen Systems günstiger sind als diejenigen des bestehenden Systems, würde beim Realisieren der WRG-Massnahmen auch das Filtersystem ersetzt und somit die Massnahme optimiert umgesetzt.

7. Anhang

7.1 Übersicht Wärmetauscher

Anlage	Medium	Tanfng [°C]	Tende [°C]	mp [kg/h]	mp [kg/s]	c [kJ/(Kg*K)]	Qp [kW]		Medium	TW ein [°C]	TW aus [°C]	mp [kg/h]	cp [kJ/(Kg*K)]
Massn. 1													
ZT4 GRC01	ABL	108	60	14'000	3.89	1.088	-203		Fabrikwasser	40	46	29'139	4.180
ZT4 GRC01	ABL	58	34	14'000	3.89	2.115	-199		Wasser KL	7	50	3'908	4.180
ZT4 GRC01	Wasser KL	50	7	3'908	1.09	4.180	-199		ZUL	-10	43	13'500	1.003
Massn. 2													
LX1 GRC01	ABL	115	65	7'200	2.00	1.060	-106		Fabrikwasser	40	56	5'706	4.180
LX1 GRC01	ABL	60	27	7'200	2.00	1.606	-107		Wasser KL	7	53	2'013	4.180
LX1 GRC01	Wasser KL	53	7	2'013	0.56	4.180	-107		ZUL	-10	45	7'000	1.003
Massn. 4													
ZT2 SYN01	ABL	75	9.2	8'650	2.40	1.067	-169		Wasser KL	7	65	2'486	4.180
ZT2 SYN01	Wasser KL	65	7	2'486	0.69	4.180	-169		ZUL	-10	55	8'650	1.079
ZT3 SYN01	ABL	75	9.3	5'500	1.53	1.062	-107		Wasser KL	7	66	1'551	4.180
ZT3 SYN01	Wasser KL	66	7	1'551	0.43	4.180	-107		ZUL	-10	57	5'500	1.048
ZT4 SYN01	ABL	70	9.4	10'000	2.78	1.059	-178		Wasser KL	7	62	2'779	4.180
ZT4 SYN01	Wasser KL	62	7	2'779	0.77	4.180	-178		ZUL	-10	54	10'000	1.008
Massn. 5													
AW1	Abwasser	56	33	11'100	3.08	4.180	-296		Fabrikwasser	7	41	7'509	4.180
AW1	Abwasser	56	20	11'100	3.08	4.180	-464		Fabrikwasser	7	53	8'687	4.180