



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

KRONOSPAN SCHWEIZ AG, MENZNAU

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: 17. Oktober 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 in die Methodik der Pinch-Analyse	7
5. Ergebnisse	7
5.1 Ist-Analyse	7
5.2 Theoretisches Einsparungspotenzial	9
5.3 Beschreibung der gefundenen Massnahmen	11
5.4 Kennzahlen der gefundenen Massnahmen	14
5.5 Empfehlungen und weiteres Vorgehen.....	17
6. Schlussfolgerung.....	17

Verzeichnis der Grafiken

Grafik 1: Zentrale Thermoölpumpstation im MDF-Werk.....	5
Grafik 2: Der Ablauf einer Pinch-Analyse	6
Grafik 3: Holzfeuerung Kablitz im MDF-Werk	8
Grafik 4: Kaltwasserspeichertank im MDF-Werk.....	9
Grafik 5: Verbundkurven für das MDF-Werk.....	10
Grafik 6: Verbundkurven für das Spanplattenwerk.....	10
Grafik 7: Prinzipschema für die Massnahme 1	12
Grafik 8: Prinzipschema für die Massnahme 5	14
Grafik 9: Kostenzusammenstellung für die fünf gefundenen Massnahmen.....	16

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Eckdaten zu Massnahmen 1 bis 3	14
Tabelle 2: Auslegungsdaten der Wärmetauscher Massnahmen 1 bis 3.....	15
Tabelle 3: Eckdaten zur Massnahme 4.....	15
Tabelle 4: Auslegungsdaten der Massnahme 4.....	15
Tabelle 5: Eckdaten zu Massnahme 5.....	15
Tabelle 6: Auslegungsdaten des Wärmetauschers 5.1 (Massnahme 5)	16

1. Zusammenfassung

Das Hauptziel des im vorliegenden Bericht dokumentierten Projekts bestand darin, bestehende energetische Einsparpotenziale in den beiden Kronospan-Werken in Menznau zu eruieren. Das Projekt wurde auf Wunsch der Kronospan Schweiz AG durchgeführt und beinhaltet die Analyse der beiden Werke mittels der Methodik der Prozessintegration.

Die Kronospan Schweiz AG betreibt am Standort Menznau zwei Werke. Im Spanplattenwerk (Inbetriebnahme 1969), werden Spanplatten im MDF-Werk (Inbetriebnahme 1999) mitteldichte Holzfaserverplatten (MDF-Platten) gefertigt. Die beiden Werke sind räumlich voneinander getrennt und verfügen je über eine autonome Energieversorgung. Dadurch müssen die beiden Werke in Bezug auf das Energieeinsparpotenzial unabhängig voneinander analysiert werden. Die Produktionsstrasse des MDF-Werkes ist grösstenteils moderner als die Produktionsstrasse des Spanplattenwerks. Es werden jedoch auch im Spanplattenwerk immer wieder Teilbereiche erneuert. Das aktuellste Beispiel für eine solche Teilerneuerung ist der Einbau einer neuen, hochmodernen Schleifstrasse. Die im MDF-Werk gefertigten mittel- und hochdichten Faserplatten werden zum Grossteil in Menznau weiter veredelt und zu Halbfabrikaten für den Möbel- und Innenausbau bzw. zu Fertigfabrikaten im Fussbodenbereich (Laminatfussboden) verarbeitet. Auch die Spanplatten werden grösstenteils als melaminbeschichtete dekorative Platten hergestellt und in unterschiedlichen Dicken dem Möbel- und Innenausbau angeboten. Auch wenn der Standort Menznau über sehr grosse Lagerkapazitäten verfügt, muss die Produktion in beiden Werken stark auf die aktuelle Nachfrage abgestimmt werden. Dies führt zu Schwankungen im Leistungsbedarf bei wärme- und kälteorientierten Prozessen.

Die Kronospan Schweiz AG hat im Jahr 1998 ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 eingeführt. Auf deren Grundlage folgte im Jahr 2000 ein CO₂- und Energiemanagement mit dem Ziel, erstens die Energieeffizienz zu steigern und zweitens die CO₂-Intensität zu senken.

Auf der Grundlage der für die beiden Werke durchgeführten zwei Pinch-Analysen wurden fünf Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs ausgearbeitet. Drei dieser fünf Massnahmen sehen eine Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgas der Feststofffeuerung vor. Diese drei Massnahmen waren zwar bereits im hausinternen Energiemanagement detektiert, jedoch nicht mit Wirtschaftlichkeitszahlen hinterlegt. Diese Lücke schloss die Pinch-Analyse. Eine vierte Massnahme besteht darin, mit der Abwärme der Kältemaschinen die Hallenzuluft für das Spanplattenwerk vorzuwärmen. Die fünfte Massnahme sieht schliesslich eine Optimierung der Hallenbelüftung im MDF-Werk vor.

Die Amortisationszeiten der fünf auf der Grundlage der Pinch-Analysen ausgearbeiteten Massnahmen liegen zwischen 5 und 15 Monaten. Das gesamte Einsparpotenzial der fünf Massnahmen wird auf ungefähr 15 GWh/a geschätzt. Die totalen Energiekosteneinsparungen beziffern sich auf insgesamt CHF 830'000.- pro Jahr, demgegenüber stehen totale Investitionskosten von CHF 500'000.-. Die über alle fünf Massnahmen berechnete Amortisationszeit liegt somit bei etwas mehr als 7 Monaten.

Die aus den Resultaten der Pinch-Analysen abgeleiteten Massnahmen wurden zusammen mit der Kronospan Schweiz AG im Hinblick auf ihre Umsetzbarkeit gründlich geprüft. Diese Prüfung zeigte, dass die fünf Massnahmen prozessverträglich sind und daher erfolgreich umgesetzt werden können. Die Kronospan Schweiz AG plant daher die Realisierung aller fünf Massnahmen, wobei mit dem Umsetzen der Massnahmen 1 und 2 bereits begonnen wurde.

Aus Gründen der Vertraulichkeit sind im vorliegenden Bericht keine Anlagenbeschreibungen oder detaillierte Schemata abgebildet. Der Bericht ist bewusst kurz gehalten. Wir danken dem Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung der Pinch-Analysen.

2. Ausgangslage

Das Fabrikgelände der Kronospan Schweiz AG gehört zur Gemeinde Menznau, liegt jedoch etwas ausserhalb des Dorfes. Das grosse Firmenareal wird durch die Kantonsstrasse getrennt. Auf der einen Seite der Kantonsstrasse befindet sich der Holzplatz, auf der anderen Seite das übrige Fabrikareal. Das Holz wird auf dem Holzplatz angeliefert und dort gehackt. Das Rohmaterial wird in Form von Hackschnitzeln mit Förderanlagen auf die andere Strassenseite in die Fabrik transportiert, wo es zur Herstellung von mitteldichten Holzfaserplatten (MDF-Platten) und Spanplatten verwendet wird.

Die Wärmeerzeugung erfolgt im MDF-Werk und im Spanplattenwerk in je einer Feststofffeuerungsanlage. Die beiden Holzfeuerungen werden intern als "Kablitz" (Anlage im MDF-Werk) und als "Wiesloch" (Anlage im Spanplattenwerk) bezeichnet. In beiden Werken sind als Redundanzlösungen für den Fall einer Störung der Feststofffeuerungen Erdgasfeuerungen installiert.

Die Wärmeverteilung erfolgt über das Thermoölnetz, welches alle Anlagen beider Werke mit Wärme versorgt. Dabei wird das Thermoöl ausgehend von jeweils einer zentralen Pumpstation im MDF-Werk (Grafik 1) bzw. im Spanplattenwerk verteilt.

Die Kronospan Schweiz AG hat in den letzten Jahren im Rahmen ihres CO₂- und Energiemanagements erfolgreich verschiedene Massnahmen zum Absenken des Energieverbrauchs und der CO₂-Intensität umgesetzt (22 definierte Massnahmen, die in einem Monitoringsystem überwacht werden). So konnte zum Beispiel der Erdgasverbrauch bereits wesentlich reduziert werden. Dies ist auf eine Vielzahl gut koordinierter, aufeinander abgestimmter Massnahmen zurückzuführen, wovon die 55 MW-Feststofffeuerung (Holzfeuerung Kablitz) beim MDF-Werk einen grossen Teil daran leistet (Energiesubstitution).



Grafik 1: Zentrale Thermoölpumpstation im MDF-Werk

In beiden Werken der Kronospan Schweiz AG wird während 24 Stunden produziert. Diese Tatsache führt dazu, dass aufgrund der hohen Anlagebetriebszeiten die Investitionen in Energiesparmassnahmen durch die eingesparten Energiekosten nach relativ kurzer Zeit amortisiert sind. Die Kronospan Schweiz AG ist sich des grossen Energiekosteneinsparpotenzials bewusst und hat daher ein grosses Interesse an einer effizienten Wärmeerzeugung, an der Vermeidung von Wärmeverlusten sowie an einer optimalen Abwärmenutzung. So achtet das Unternehmen beispielsweise darauf, dass neue Anlagen gut ins bestehende Energieanlagen-Netzwerk integriert werden.

Trotz des intensiv gelebten CO₂-/Energiemanagements gibt es bei der Kronospan Schweiz AG auch Bereiche, in denen noch ein gewisses Restpotenzial für Energieeinsparungen besteht, beispielsweise beim Vorwärmen des Kesselspeisewassers und der Trocknerluft, der Optimierung der Hallenluft MDF-Werk oder der Abwärmenutzung bei Kältemaschinen im Spanplattenwerk. Die betrieblich und wirtschaftlich sinnvollen Massnahmen wurden in der Pinch-Analyse zusammengetragen und empfohlen.

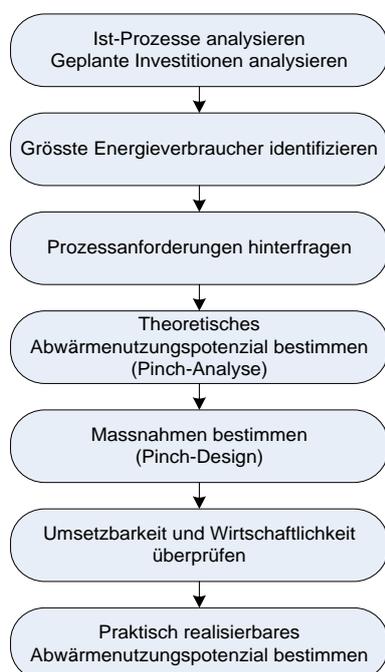
3. Zielsetzungen des Projekts

Im Auftrag sind die folgenden Zielsetzungen festgehalten:

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

4. Lösungsweg

4.1 Das Vorgehen im Überblick



Grafik 2: Der Ablauf einer Pinch-Analyse

4.2 Kurze Einführung in die Methodik der Pinch-Analyse

Zahlreiche Erfahrungen aus dem Bereich der energetischen Prozessoptimierung 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 solche systemorientierte und integrale Methoden. Die Pinch-Analyse ist wiederum ein wichtiges Werkzeug, das im Rahmen der Prozessintegration eingesetzt wird.

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 eines bestimmten Prozesses wider. Aus diesen Verbundkurven können die Temperaturniveaus herausgelesen werden, auf denen die Leistungen anfallen. Mittels einer Pinch-Analyse werden nun die kalte und die warme Verbundkurve modellhaft bis auf die minimale Temperaturdifferenz zueinander verschoben. Auf dem Niveau der minimalen Temperaturdifferenz kann die Energie der abzukühlenden Ströme optimal zum Aufheizen der zu erwärmenden Ströme genutzt werden.

5. Ergebnisse

5.1 Ist-Analyse

Die beiden Werke Spanplattenwerk und MDF-Werk werden unabhängig voneinander mit Energie versorgt und es werden mit einer Ausnahme keine Energieströme zwischen den beiden Werken ausgetauscht. Bei der Ausnahme handelt es sich um die Wärmezufuhr aus dem MDF-Werk ins Spanplattenwerk, welche über eine Thermoölleitung erfolgt. Aufgrund dieser Gegebenheiten werden die beiden Werke unabhängig voneinander analysiert. Eine getrennte Analyse der beiden Werke bringt zudem den Vorteil mit sich, dass das zu eruiierende Wärmetauschernetzwerk übersichtlicher bleibt. Weiterhin können durch eine getrennte werkweise Umsetzung von Massnahmen beide Werke unabhängig voneinander betrieben werden.

5.1.1 Vorhandene Anlagen zur Wärmeerzeugung im MDF-Werk

Die Wärmeerzeugung im MDF-Werk erfolgt durch die Holzfeuerung Kablitz (Grafik 3). Als Redundanzlösung sind verschiedene Gasbrenner installiert, welche sich im Normalbetrieb im Standby-Modus befinden und beim Ausfall der Holzfeuerung die Wärmeerzeugung übernehmen können. Die mit der Feststofffeuerungsanlage erzeugte Wärme wird über ein grosses Wärmetauscherregister vom heissen Rauchgas an den Thermoölkreislauf abgegeben. Das Thermoöl wird im gesamten Fabrikareal als Hauptwärmeträger eingesetzt, wobei auch zur Dampferzeugung Thermoöl eingesetzt wird.



Grafik 3: Holzfeuerung Kablitz im MDF-Werk

5.1.2 Vorhandene Anlagen zur Wärmeerzeugung Spanplattenwerk

Auch im Spanplattenwerk ist eine grosse Feststofffeuerungsanlage mit der Bezeichnung Wiesloch installiert. Als Redundanzlösung sind ebenfalls Gasbrenner installiert, die bei einem Ausfall der Holzfeuerung die Wärmeerzeugung übernehmen können. Die Wärmeverteilung im Spanplattenwerk erfolgt wie im MDF-Werk auch über ein Thermoölnetz. Zusätzlich bringt eine Thermoöffernleitung Wärme vom MDF-Werk ins Spanplattenwerk. Die Wärme wird über einen grossen Wärmetauscher vom Thermoölkreislauf des MDF-Werks auf den Thermoölkreislauf des Spanplattenwerks übertragen.

Eine Ausnahme von der Wärmeversorgung über den Thermoölkreislauf im Spanplattenwerk ist die Erwärmung der Trocknungsluft einiger Imprägnierungsanlagen. Diese Trocknungsluft wird mit Gasbrennern direkt beheizt. Der Frischluftanteil wird direkt aus dem Raum angesogen, wobei verschiedene Öffnungen im Gebäude die notwendige Luftzufuhr ermöglichen.

5.1.3 Vorhandene Anlagen zur Kälteerzeugung im MDF-Werk

Im MDF-Werk wird ein offener Kaltwasserkreislauf betrieben. Das Kaltwasser wird in einem grossen Tank (Grafik 4) gespeichert. Im Tank sind Vor- und Rücklaufwasser durch eine in der Mitte des Tanks eingebrachte Trennplatte getrennt. Die Trennplatte reicht nicht bis in den untersten Bereich des Tanks, wodurch ein Ausgleich der Temperaturniveaus von Vor- und Rücklaufwasser gewährleistet bleibt.

Die abzuführende Wärme wird grösstenteils über die Rückkühlwerke an die Aussenluft abgegeben. Im Winter kann die anfallende Abwärme besser genutzt werden, indem die Hallenzuluft über das abzukühlende Wasser vorgewärmt wird.



Grafik 4: Kaltwasserspeichertank im MDF-Werk

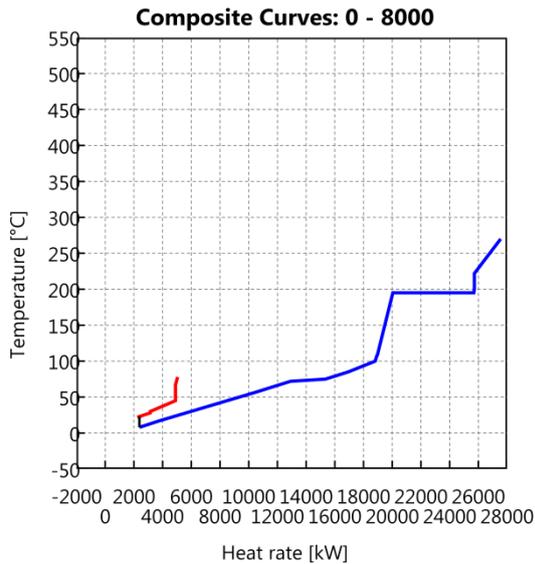
5.1.4 Vorhandene Anlagen zur Kälteerzeugung Spanplattenwerk

Ähnlich wie beim MDF-Werk wird auch hier ein offener Kaltwasserkreislauf mit einem getrennten Speicherbecken betrieben. Das Wasser gibt die abzuführende Wärme über Rückkühler an die Aussenluft ab. Im Spanplattenwerk wird eine grosse Kältemaschine (die grösser ist als diejenige im MDF-Werk) mit sechs Verdichtern betrieben. Die Kältemaschine im Spanplattenwerk kühlt das Wasser auf der Verdampferseite von 13°C auf 6°C ab. Der geschlossene Kaltwasserkreislauf auf der Verdampferseite wird mit einem 200 m³ grossen Speicher gepuffert. Dadurch kann die nötige Kälteleistung für die Harzkühlung bereitgestellt werden.

5.2 Theoretisches Einsparungspotenzial

5.2.1 Theoretisches Einsparungspotenzial im MDF-Werk

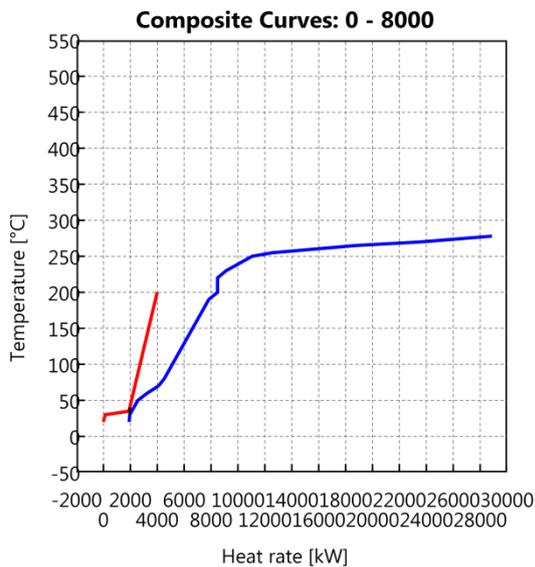
Zum Durchführen der Pinch-Analyse für das MDF-Werk wurde der im Rauchgasstrom enthaltene Wärmestrom durch das über die Rauchgaseinleitung erwärmte Wasser im Venturi-Becken abgebildet. Dies vor dem Hintergrund, dass dem Wasser im Venturi-Becken physisch Wärme entzogen werden kann, die Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgasstrom aber nicht praktikierbar ist. Die Pinchtemperatur liegt bei 16°C. Das theoretisch erzielbare Energieeinsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt 2'665 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 15 K). Die Verbundkurve in Grafik 5 zeigt, dass der Wärmebedarf deutlich grösser ist als der Kältebedarf.



Grafik 5: Verbundkurven für das MDF-Werk

5.2.2 Theoretisches Einsparungspotenzial im Spanplattenwerk

Die Pinchtemperatur im Spanplattenwerk liegt bei 35°C. Das theoretisch erzielbare Energieeinsparpotenzial der Wärmerückgewinnung beträgt 2'085 kW (bei einem wirtschaftlich optimalen dT von 10 K). Auch für das Spanplattenwerk zeigen die Resultate der Pinch-Analyse, dass der Wärmebedarf den Kältebedarf um ein Vielfaches übersteigt (siehe dazu auch Grafik 6).



Grafik 6: Verbundkurven für das Spanplattenwerk

5.3 Beschreibung der gefundenen Massnahmen

In beiden Werken wurden verschiedene Massnahmen zum Erschliessen der noch vorhandenen Energiesparpotenziale gefunden. Die gefundenen Massnahmenvorschläge wurden der Kronospan Schweiz AG detailliert vorgestellt und bezüglich ihrer Umsetzung diskutiert. Die in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen fünf Massnahmen können unter Einhalten der Prozessanforderungen sowie auch konstruktionstechnisch umgesetzt werden.

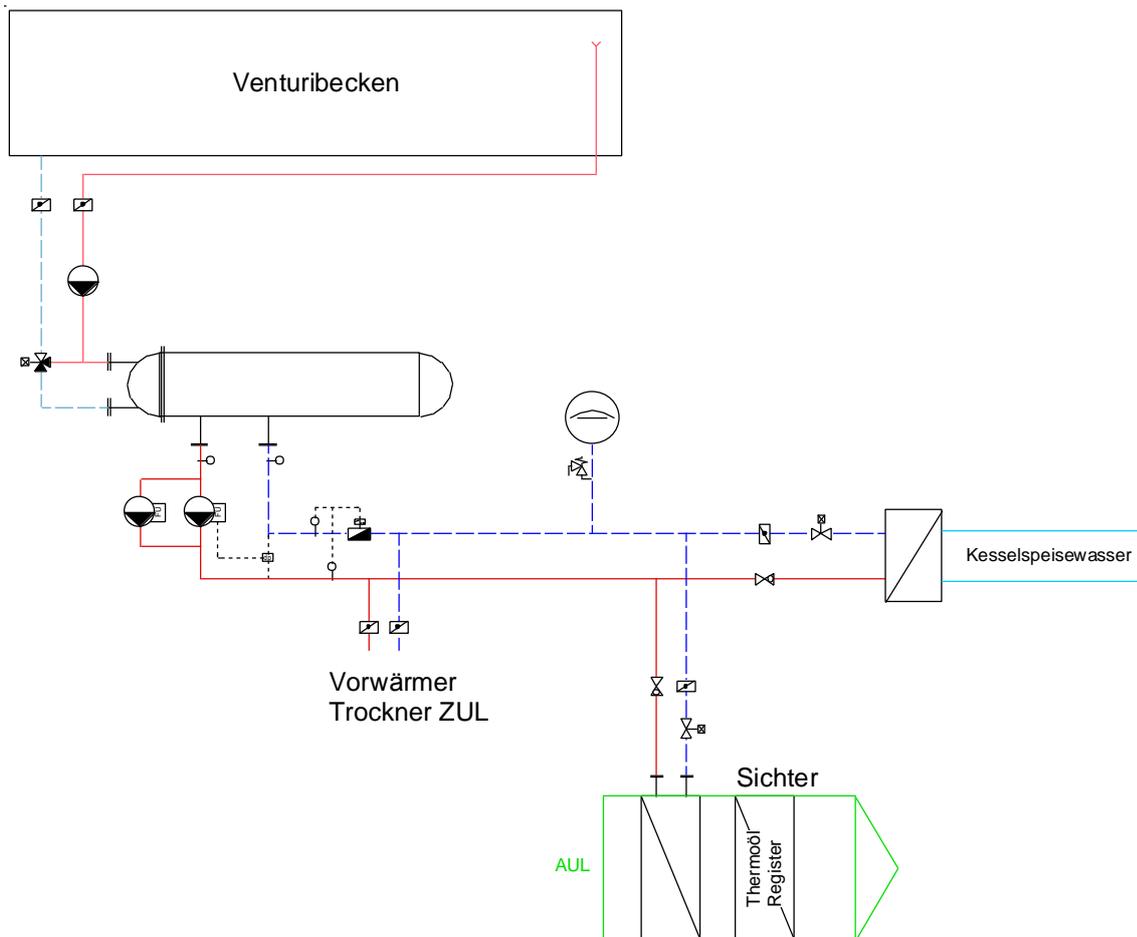
Die Massnahmen 1 bis 3 erhöhen die Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgas im MDF-Werk.

Die Massnahme 4 dient der Optimierung der Hallenbelüftung im MDF-Werk.

Die Massnahme 5 ermöglicht die Abwärmenutzung der Kältemaschine im Spanplattenwerk.

Gegenwärtig durchläuft das Rauchgas den folgenden Prozess. Dem Rauchgas aus der Kablitz-Holzfeuerung wird Frischluft beigemischt, um ein gewisses Temperaturniveau zu erreichen. Dieser Luftstrom wird zusammen mit den feuchten Holzfasern in den Trockner geleitet. Die heisse Luft nimmt die Feuchtigkeit der Fasern auf und kühlt sich gleichzeitig ab. Das feuchte Rauchgas hat nun eine Temperatur um 42°C. Das Rauchgas wird nach einer gründlichen Reinigung im Bio-Filter über den Kamin an die Aussenluft abgegeben. Bei der Reinigung im Bio-Filter strömt das Rauchgas über das sogenannte Venturi-Becken (Grafik 7). Im Venturi-Becken wird das Rauchgas durch das Besprühen mit Wasser leicht abgekühlt. Durch die Abkühlung wird zusätzliches Wasser aus dem Rauchgas auskondensiert.

Das Massnahmenpaket 1 sieht nun vor, einen Teil der im Wasser des Venturi-Beckens enthaltenen Wärme zu entziehen und zu nutzen. Die Möglichkeit der Abwärmenutzung aus dem Venturi-Becken wurde von der technischen Leitung der Kronospan Schweiz AG bereits erkannt. Der Wärmeentzug im Venturi-Becken führt dazu, dass aus dem Venturi-Becken kälteres Wasser ins Rauchgas gesprüht wird. Damit wird die Kondensation verstärkt und die grosse Menge an latenter Wärme kann dem Rauchgas entzogen werden. Die Abkühlung des Wassers wird durch die Kondensatmenge beschränkt, die mit zunehmender Abkühlung stark ansteigt. Die Beschränkung ist darauf zurückzuführen, dass die Abwasserreinigungsanlage eine beschränkte Aufnahmekapazität für das Kondensat aufweist. Eine Kapazitätserhöhung der ARA würde eine Steigerung der Wärmerückgewinnung aus dem Rauchgas ermöglichen. Dieses Problem ist der Kronospan Schweiz AG bekannt und es wird von den Verantwortlichen eine Lösung gesucht.



Grafik 7: Prinzipschema für die Massnahme 1

Massnahme 1: Vorwärmen des Kesselspeisewassers

Das Umsetzen der Massnahme 1 führt zu einer verstärkten Wärmerückgewinnung aus dem Venturi-Becken. Dabei wird die Wärme an das Kesselspeisewasser abgegeben, welches danach zur Dampferzeugung verwendet wird. Durch die Tatsache, dass das Kesselspeisewasser bereits vorgeheizt ist, muss weniger Thermoöl zur Dampferzeugung eingesetzt werden. Das Kesselspeisewasser hat eine durchschnittliche Temperatur von ca. 15°C und kann über die Wärmerückgewinnung bis auf 38°C vorgewärmt werden.

Massnahme 2: Vorwärmen der Sichter-Zuluft

Das Umsetzen der Massnahme 2 erlaubt die Vorwärmung der Aussenluft, welche als Zuluft für den Sichter verwendet wird. Da die Aussenluft im Winter Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts aufweisen kann, muss das Kreislaufsystemwasser mit Frostschutzmittel angereichert werden. Die Luft kann über eine Wärmerückgewinnung aus dem warmen Wasser des Venturi-Beckens bis auf eine Temperatur von ca. 37°C vorgewärmt werden. Je nach Aussentemperatur ändert sich die Leistung der Wärmerückgewinnung. Wie bereits Massnahme 1 führt auch die Massnahme 2 zu einer Reduktion des Thermoölverbrauchs.

Massnahme 3: Vorwärmen der Trocknerluft

Das Rauchgas wird mit Aussenluft gemischt, damit die optimale Temperatur für das Trocknen eingestellt werden kann. Die Massnahme 3 sieht nun eine Vorwärmung dieser Aussenluft über einen Wärmeentzug aus dem Venturi-Becken vor. Auch in diesem Fall ist

die Leistung der Wärmerückgewinnung von der Aussentemperatur abhängig und deshalb im Winter am höchsten.

5.3.1 Massnahme 4: Optimierung Hallenbelüftung im MDF-Werk

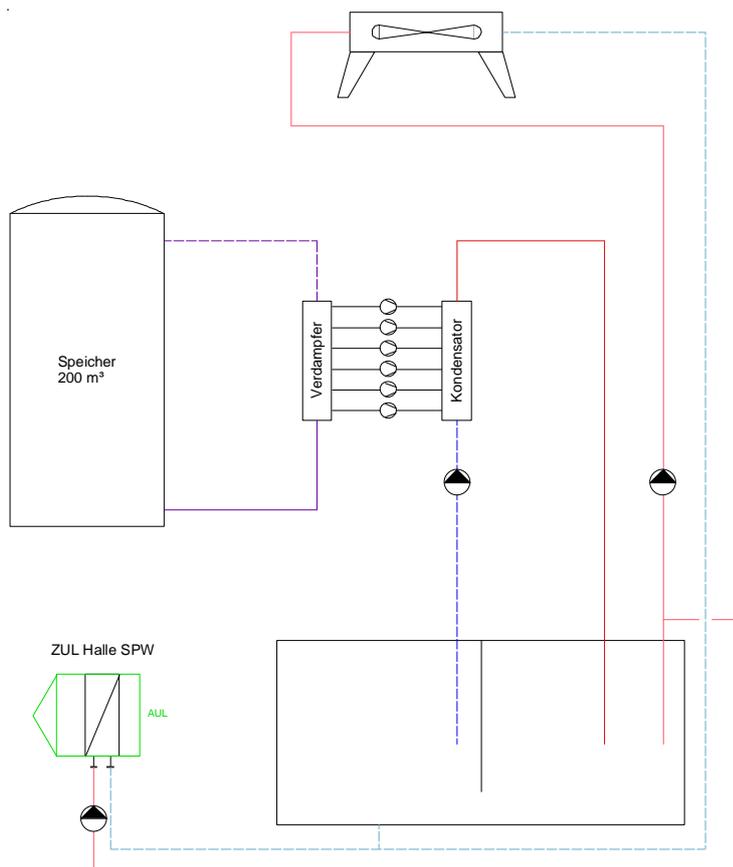
Die Halle des MDF-Werkes steht unter Unterdruck, um die Dämpfe der grossen Contipresse abzusaugen. Die Frischluft strömt über Dachluken in die Halle. Gleichzeitig wird die Abluft mit einem leistungsstarken Ventilator abgesogen und der Abluftreinigungsanlage zugeführt. Die Leistung des Ventilators soll nun im Rahmen der Massnahme 4 mit einem Frequenzumformer reduziert werden, um den Luftwechsel zu verringern. Damit der Unterdruck gewährleistet bleibt, können Teile der Dachluken geschlossen werden.

5.3.2 Massnahme 5: Abwärmenutzung Kältemaschine im Spanplattenwerk

Im Spanplattenwerk wird Harz für die Plattenbeschichtung unter speziellen thermischen Bedingungen aufbereitet (Harzimprägnierung von Decorpapieren). Das Harz wird dazu in kurzer Zeit stark erwärmt und später wieder rasch abgekühlt.

Das Aufheizen des Harzes erfolgt in grossen Wärmetauschern mit Thermoöl als Wärmequelle. Das Harz wird über einen Kaltwasserkreislauf gekühlt, wobei die erforderliche Kühlleistung mit einer Kältemaschine erzeugt wird. Ein grosser Kaltwasserspeicher mit einem Volumen von 200 m³ erlaubt es, dass innerhalb einer sehr kurzen Zeit eine sehr grosse Kühlleistung zur Verfügung gestellt werden kann. Der gesamte Prozess des Abkühlens und Aufheizens muss genau nach einer bestimmten Zeit-Temperatur Kurve verlaufen. Aus diesem Grund wird mit grossen Leistungsreserven und auf hohem Temperaturniveau geheizt bzw. auf tiefem Temperaturniveau gekühlt.

Obwohl das Aufheizen und Abkühlen ein sehr heikler Prozess ist, kann die aus dem Kühlprozess anfallende Wärme durch das Umsetzen der Massnahme 5 besser genutzt werden. Dazu kann das warme Wasser auf der Kondensatorseite der Kältemaschine zur Wärmerückgewinnung genutzt werden. Heute wird dieses warme Wasser über die Rückkühlanlage geleitet, die die Wärme ungenutzt an die Umgebungsluft abgibt. Die Zuluft der Werkhalle strömt unkontrolliert in die Fabrikhalle des Spanplattenwerks. Um eine Wärmeübergabe aus dem warmen Wasser an die Zuluft zu ermöglichen, muss die Zuluft geführt in einen Wärmetauscher geleitet werden. Die Grafik 8 zeigt das Prinzip der Massnahme 5.



Grafik 8: Prinzipschema für die Massnahme 5

5.4 Kennzahlen der gefundenen Massnahmen

5.4.1 Massnahmen 1 bis 3: Abwärmenutzung Rauchgas im MDF-Werk

Die hohe Betriebsstundenzahl von 8'000 h/a ermöglicht eine hohe Einsparung bei den Energiekosten innerhalb von kurzer Zeit. Diese Tatsache führt dazu, dass die an und für sich teure Umsetzung der Massnahmen 1 bis 3 wirtschaftlich ist (siehe Tabelle 1).

Die Massnahmen 1 und 2 werden bereits umgesetzt. Die aus dem Rauchgas anfallende Kondensatmenge, welche die Abwärmenutzung aus dem Rauchgas beschränkt, ist zurzeit schwierig abzuschätzen. Die Resultate aus der Umsetzung der Massnahmen 1 und 2 werden bezüglich der anfallenden Kondensatmenge die nötigen Erfahrungswerte bringen. Anschliessend kann aufgrund dieser Erfahrungswerte die Massnahme 3 optimal auf die Massnahmen 1 und 2 abgestimmt und umgesetzt werden.

Energieeinsparung [MWh/a]	10'307
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	566'900
Investitionskosten [CHF]	250'000
Payback [a]	0.45

Tabelle 1: Eckdaten zu Massnahmen 1 bis 3, theoretische Zahlen bei optimalem Betrieb

In der Tabelle 2 sind die Auslegungsdaten für die Wärmetauscher zusammengestellt. Je nach Resultat der ausgewerteten Erfahrungswerte bezüglich der anfallenden Kondensatmenge kann die Massnahme 3 mit dem Wärmetauscher WT4 erweitert und die Leistung der Wärmerückgewinnung voll ausgeschöpft werden.

Massnahme	Medium	Tein [°C]	Taus [°C]	m [kg/s]	cp [kJ/kg/K]	Q [kW]
WT 0.1	Sumpfwasser	42	35	69	4.18	-2'032
	Wasser/Glykol	30	40	53	3.85	2'032
WT 1.1	Wasser/Glykol	40	30	9	3.85	-336
Massnahme 1	Kesselspeisewasser	15	38	4	4.18	336
WT 2.1	Wasser/Glykol	40	30	11	3.85	-432
Massnahme 2	Aussenluft	-8	37	10	1.01	432
WT 3.1	Wasser/Glykol	40	30	24	3.85	-929
Massnahme 3	Aussenluft	-8	38	20	1.01	929

Tabelle 2: Auslegungsdaten der Wärmetauscher Massnahmen 1 bis 3, theoretische Zahlen bei optimalem Betrieb

5.4.2 Massnahme 4: Optimierung Hallenlüftung im MDF-Werk

Auch die Massnahme 4 erweist sich aufgrund des Dauerbetriebs der Lüftung als wirtschaftlich. Die Höhe der Investitionskosten hängt vor allem von den baulichen Massnahmen bei den Öffnungen im Dachbereich ab und ist schwierig abschätzbar. Um die Amortisationszeit der Massnahme 4 konservativ abzuschätzen, wurde in Tabelle 3 für die Investitionskosten bewusst der obere Wert der abgeschätzten Kostengrenzen eingesetzt.

Energieeinsparung [MWh/a]	1'851
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	101'800
Investitionskosten [CHF]	50'000
Payback [a]	0.5

Tabelle 3: Eckdaten zur Massnahme 4

In der Tabelle 4 sind die Auslegungsdaten für die Massnahme 4 aufgeführt. Aufgrund der Kenntnis des Abluftvolumenstroms und des Hallenvolumens wurde der Luftwechsel berechnet. Aus der Luftwechselreduktion wurde schliesslich die Abwärmeleistung bzw. die Energieeinsparung ermittelt.

Massnahme 4	V [m³]	L [h ⁻¹]	V[m³/h]	m [kg/s]	cp[kJ/kg/K]	Tein [°C]	Taus [°C]	Q [kW]
Hallenluft	16'000	2	32'000	1	1.01	-8	25	296

Tabelle 4: Auslegungsdaten der Massnahme 4

5.4.3 Massnahme 5: Abwärmenutzung Kältemaschine Spanplattenwerk

Bei der Massnahme 5 trägt die hohe Betriebszeit der Kältemaschine auch wesentlich dazu bei, dass die Amortisationszeit weniger als zwei Jahre beträgt. Trotz der an sich mit 1.2 Jahren tiefen Amortisationszeit handelt es sich bei der Massnahme 5 um die Massnahme mit der höchsten Amortisationszeit unter den empfohlenen Massnahmen. Die hohen Investitionskosten kommen dadurch zustande, dass sowohl in einen Wärmetauscher als auch in eine Anlage zur Führung der Zuluft investiert werden muss.

Energieeinsparung [MWh/a]	3'022
Energiekosteneinsparung [CHF/a]	166'200
Investitionskosten [CHF]	200'000
Payback [a]	1.2

Tabelle 5: Eckdaten zu Massnahme 5, theoretische Zahlen bei optimalem Betrieb

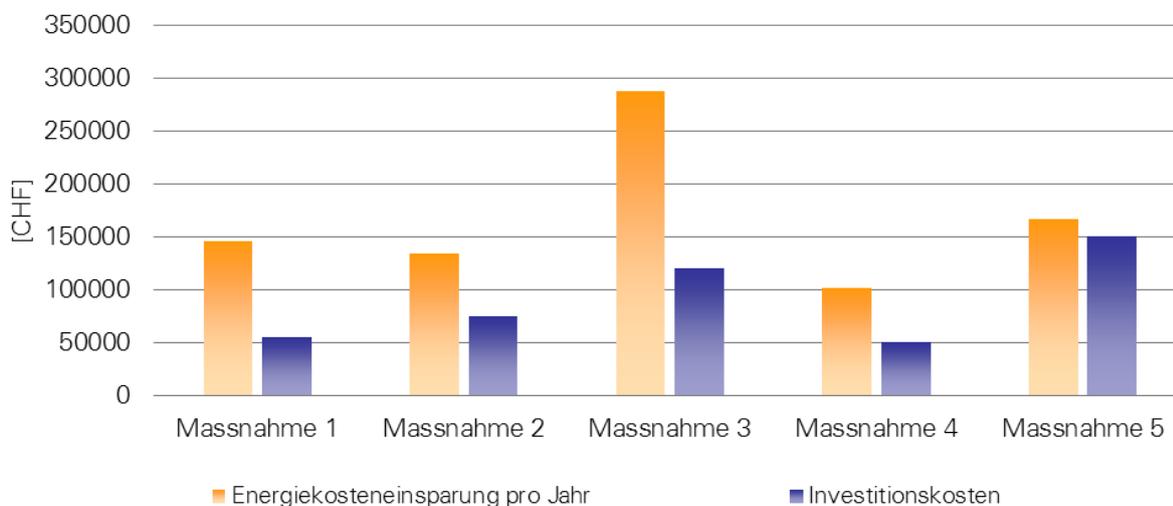
In der Tabelle 6 sind die Auslegungsdaten des zu installierenden Wärmetauschers zusammengefasst.

Massnahme 5	Medium	Tein [°C]	Taus [°C]	m [kg/s]	cp[kJ/kg/K]	Q [kW]
WT 5.1	Beckenwasser	35	25	13	4.18	-537
	Aussenluft	-8	30	14	1.01	537

Tabelle 6: Auslegungsdaten des Wärmetauschers 5.1 (Massnahme 5)

5.4.4 Übersicht Kennzahlen der vorgesehenen Massnahmen

Die Massnahme 3 führt im Vergleich mit den anderen 4 empfohlenen Massnahmen zu den grössten Kosten- und Energieeinsparungen. Wie bereits erwähnt, weist die Massnahme 5 die höchste Amortisationszeit auf, welche jedoch mit 1.2 Jahren immer noch tief liegt.



Grafik 9: Kostenzusammenstellung für die fünf gefundenen Massnahmen

5.5 Empfehlungen und weiteres Vorgehen

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

1. Priorität

Mit der Umsetzung der Massnahmen 1 und 2 aus dem Massnahmenpaket 1 sollte weiterhin rasch fortgefahren werden. Wie bereits erwähnt, befinden sich diese beiden Massnahmen zum Zeitpunkt des Verfassens des vorliegenden Berichts bereits in der Umsetzungsphase. Aufgrund der kurzen Amortisationszeit können innerhalb von nur einem Jahr bereits beachtliche Kosten- und Energieeinsparungen erzielt werden.

Ebenfalls mit hoher Priorität empfehlen wir die Umsetzung von Massnahme 4. Bei raschem Handeln kann der Hallen-Wärmeverlust noch vor Beginn der kalten Jahreszeit reduziert werden. Die Investitionskosten sind relativ tief. Zudem ist der erste Schritt zur Umsetzung, die Installation eines Frequenzumformers, mit sehr wenig Aufwand verbunden.

2. Priorität

Bezüglich der Massnahme 5 lohnt es sich, deren Realisierung gründlich zu planen. Die erzielbaren Energieeinsparungen sind auch für diese Massnahme beträchtlich und die Investitionskosten sind innerhalb von etwas mehr als einem Jahr amortisiert.

3. Priorität

Das Realisieren der Massnahme 3 erfordert als Ausgangslage die Analyse der Erfahrungswerte aus der Umsetzung der Massnahmen 1 und 2. Es ist wichtig, dass diese aufbereiteten Erfahrungen in die Planung für die konkrete Umsetzung der Massnahme 3 einfließen und damit die optimale Umsetzung der Massnahme 3 erlauben.

6. Schlussfolgerung

Die gute Zusammenarbeit mit der Kronospan Schweiz AG erlaubte es dem Projektteam, auf der Basis der vorhandenen Energiedaten mittels der Methodik der Prozessintegration fünf prozessverträgliche und damit auch umsetzbare Massnahmenvorschläge auszuarbeiten. Drei Massnahmen waren der Kronospan bereits in groben Zügen bekannt. Hier half die Methodik der Kosten/Nutzenanalyse des Pinch-Modells zur Entscheidungsfindung für eine priorisierte Umsetzung. Die fünf Massnahmenvorschläge können aus energetischer und aus wirtschaftlicher Sicht zur Umsetzung empfohlen werden.

Die Pinch-Analyse hat sich einmal mehr als sehr taugliches Instrument zur Identifikation von wirtschaftlichen Energiesparpotenzialen in Industrieprozessen bewährt.

Wir danken dem Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung der Pinch-Analysen.