

# Abwärmennutzung eines Kupolofens



UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM  
DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Vorhabenummer 20119  
UBA-FB AP 20119

## **Abwärmenutzung eines Kupolofens**

von

**Florian Bruch**  
Georg Fischer Automobilguss GmbH Singen, Singen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4133.html>  
verfügbar.

Durchführung  
Des Vorhabens: Georg Fischer Automobilguss GmbH Singen  
Julius-Bührer-Straße 12  
78224 Singen

Abschlussdatum: Juni 2009

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103-0  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>  
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet III 2.2, Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und  
Metallindustrie  
Fabian Jäger

Dessau-Roßlau, Juni 2011

**Berichts-Kennblatt**

<b>Berichtsnummer</b> Demo - 001569		
<b>Titel des Berichts</b> Abwärmenutzung eines Kupolofens		
<b>Autor</b> Florian Bruch	<b>Abschlußdatum</b> Juni 2009	
	<b>Veröffentlichungsdatum</b> Juni 2009	
<b>Durchführende Institution</b> Georg Fischer Automobilguss GmbH Singen Julius-Bührer-Straße 12 78224 Singen	<b>Vorh.-Nr</b> Demo - 001569	
	<b>Seitenzahl</b> 31	
<b>Fördernde Institution</b> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 11055 Berlin		
	<b>Tabellen u. Diagramme</b> s. Anhang	
	<b>Abbildungen</b> s. Anhang	
<b>Zusätzliche Angaben</b> Anteilsfinanzierung durch KfW-Bankengruppe 53170 Bonn		
<b>Kurzfassung</b>  Der für den Schmelzbetrieb eines Heißwind-Kupolofens notwendige Rekuperator wurde erneuert und verbessert. Der Großteil der Abwärme des Kupolofens wird nach dem Umbau des Rekuperators einem benachbarten Unternehmen zur Verfügung gestellt. Die Wärme wird über einen Thermoölkreislauf in das benachbarte Unternehmen transportiert und dort in einem Dampfkessel zur Sattdampferzeugung verwendet. Durch die Wärmelieferung wird vom benachbarten Unternehmen weniger Erdgas zur Sattdampferzeugung benötigt und der CO <sub>2</sub> - Ausstoß sinkt um ca. 11.000 Tonnen CO <sub>2</sub> pro Jahr.		
<b>Schlagwörter</b> Kupolofen, Rekuperator, Abwärmenutzung, Thermoöl, Dampferzeugung		



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. PROJEKTDESCHEIBUNG</b>	<b>4</b>
<b>2. VORAUSSETZUNGEN</b>	<b>5</b>
2.1 Wirtschaftliche Überlegungen	5
2.2 Vertrag über die Wärmeabnahme	6
2.3 Amortisation	6
2.5 Betriebssicherheit	7
2.6 Abstimmung der Prozesse	8
<b>3. PLANUNG DER ABWÄRMENUTZUNG</b>	<b>9</b>
3.1 Aufgabenstellung	9
3.3 Förderung	10
3.4 Auftragsvergabe an die Würz GmbH	10
3.5 Wissenschaftlicher Stand	11
3.6 Schutzrechte	11
3.7 Angewandte Normen und Gesetze	11
3.8 Zeitlicher Projektablauf	12
<b>4. EINGEHENDE DARSTELLUNG DES PROJEKTES</b>	<b>13</b>
4.1 Transport der Wärme	13
4.2 Betrieb des Kupolofens	14
4.3 Betrieb Thermoölsystem	14
4.4 Sicherheit der Systeme mit Thermoöl	15
4.4.1 Sicherheit im Umgang mit Thermoöl	15

4.4.2	Überprüfung durch den TÜV SÜD	16
4.4.3	Sicherheit bei Anlagenbetrieb	17
4.4.4	Sicherheit bei Stillstand der Anlage	18
4.5	Dampferzeugung Nestlé Deutschland AG	19
<b>5.</b>	<b>ERFASSUNG DER BETRIEBSDATEN</b>	<b>20</b>
5.1	Betriebsdaten Kupolofen Georg Fischer Automobilguss GmbH	20
5.1.1	Vor dem Umbau	20
5.1.2	Nach dem Umbau	20
5.1.3	Vergleich Vorher / Nachher	20
5.2	Betriebsdaten Nestlé Deutschland AG	21
5.3	Abschätzung der Betriebskosten der Abwärmenutzung	21
<b>6.</b>	<b>ERFOLGSKONTROLLBERICHT</b>	<b>23</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>25</b>
1.	Thermoölkreiskauf Georg Fischer Automobilguss GmbH	25
2.	Thermoölkreislauf Nestlé Deutschland AG	26
3.	Anlagenschema neuer Anlagenteil	27
5.	Schematische Darstellung altes Abgassystem	29
6.	Schematische Darstellung neues Abgassystem	29
7.	Vereinfachtes R&I Schema Georg Fischer Automobilguss GmbH	30
8.	R & I Schema Nestlé Deutschland AG	31

## **Vorwort**

Das Unternehmen Georg Fischer Automobilguss GmbH ist Teil des in der Schweiz (Schaffhausen) ansässigen Georg Fischer Konzerns. Die Georg Fischer Automobilguss GmbH ist im globalen Markt ein technologisch wegweisender Entwicklungspartner und Hersteller hoch beanspruchbarer gegossener Komponenten und Systemen aus Eisen für die Fahrzeugindustrie. Die Georg Fischer Automobilguss GmbH hat ihren Sitz im Baden Württembergischen Singen und produziert dort mit mehr als 1200 Mitarbeitern über 200.000 Tonnen Gussteile für die Automobilindustrie. Am Standort Singen erfolgt die Erzeugung von Eisen im Sphärogussverfahren mit einem Heißwind-Kupolofen.

## Abwärmenutzung eines Kupolofen

### 1. Projektbeschreibung

Die Georg Fischer Automobilguss GmbH Singen verwendet eine Heißwind-Kupolofenanlage mit Koks als Brennstoff zum Schmelzen und Aufkohlen von Metall. Ein Rekuperator erzeugt den nötigen Heißwind von 600°C, der dann mehrere Schichten Metall und Koks mit Hilfe von eingeblasener Luft im Kupolofen bei rund 2000°C zum Schmelzen bringt.

Die im Abgas vorhandenen Schadstoffe werden anschließend verbrannt. Die Abgastemperatur steigt auf bis zu 1200°C an. Dadurch fällt eine erhebliche Wärmemenge im Abgas an, die bislang nur in der Heizperiode und auch dann nur zu einem geringen Teil im Unternehmen genutzt wurde. Mit dem bisherigen Rekuperaturkonzept konnten bis zu 13 MW zurückgewonnen werden. Für den Heißwind wurden ca. 7 MW und für eigene Heizzwecke ca. 6 MW benötigt.

Durch den Umbau auf ein neues Rekuperaturkonzept wird es möglich, bis zu 14 MW zusätzlich zum alten Konzept zurückzugewinnen. Die benötigte Leistung für den Heißwind des Rekuperators bleibt erhalten. Im benachbarten Maggi Werk Singen wurden bisher große Mengen Erdgas zur Satteldampfherstellung benötigt. Im Rahmen eines partnerschaftlichen Projekts der Georg Fischer Automobilguss GmbH und der Nestlé Deutschland AG Maggi Werk Singen (im folgenden nur noch Nestlé Deutschland AG genannt) planen die Unternehmen, die Abwärmeenergie der Schmelzerei zukünftig ganzjährig zur Erzeugung von Satteldampf in der benachbarten Nestlé Deutschland AG einzusetzen.

Damit der zur Satteldampfproduktion nutzbare Temperaturbereich und Dampfdruck zur Verfügung steht, muss vor dem Rekuperator, im sogenannten Hochtemperaturbereich, durch ein Schockbündel die Wärme abgeführt werden. Die Wärme wird über ein Thermoölkreislauf zu einem 200m

entfernten Sicherheitswärmetauscher auf dem Gelände der Nestlé Deutschland AG transportiert. Die Produktion von Satttdampf mit bis zu 9,2 bar Überdruck findet in einem Dampfkessel statt. Über das Kesselspeisewasser mit einem natürlichem Umlauf ist der Dampfkessel mit dem Sicherheitswärmetauscher verbunden. Zusätzlich kann der Dampfkessel mit Erdgas beheizt werden. Der Satttdampf wird zur Sterilisation von Nassfertiggerichten, der Trocknungsprozesse bei der Herstellung von Trockensuppen und Soßen sowie für thermische Prozesse bei der Würzproduktion der Nestlé Deutschland AG benötigt.

Anlagenschema siehe Anhang Nr. 3

## **2. Voraussetzungen**

### **2.1 Wirtschaftliche Überlegungen**

Damit der neue Rekuperator wirtschaftlich im Unternehmen eingesetzt und die zusätzliche Abwärme sinnvoll genutzt werden konnte, wurde eine Machbarkeitsstudie erstellt. Diese Studie beinhaltete die Wirtschaftlichkeit der Anschaffung bei Umwandlung der Abwärmeenergie in elektrische Energie. Aufgrund des geringen Wirkungsgrads der Stromerzeugung aus Dampf wurde die Studie in diese Richtung eingestellt. Weitere Überlegungen führten zur direkten Nutzung der überschüssigen Wärmeenergie, der Abwärme des Kupolofens. Als Abnehmer der großen Wärmemenge bot sich die angrenzende Nestlé Deutschland AG an.

Die Abwärmenutzung zur Satttdampfherstellung durch die Nestlé Deutschland AG stellte sich als die wirtschaftlichste Lösung heraus. Durch die Verringerung des Erdgasverbrauchs der Nestlé Deutschland AG hatte diese Lösung auch im Hinblick zum Thema Umweltbelastung ihre Vorzüge.

## **2.2 Vertrag über die Wärmeabnahme**

Damit das Projekt Abwärmenutzung eines Kupolofens umgesetzt werden konnte, wurde mit der Nestlé Deutschland AG ein Vertrag zur Abnahme der Wärmeenergie ausgearbeitet. Die Nestlé Deutschland AG stellte die Bedingung, dass kein Thermoöl in den Sattdampf eintreten darf. Dieses Risiko wurde durch entsprechende Sicherheitseinrichtungen auf ein Minimum reduziert. Ein Sicherheitswärmetauscher wurde auf dem Betriebsgelände der Nestlé Deutschland AG errichtet. Dieser doppelwandige Wärmetauscher vermindert das Risiko eines Eintrittes von Thermoöl erheblich. Dadurch und auch im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion und Kostenersparnis kam ein Vertrag zwischen beiden Firmen zustande. Die Laufzeit des Vertrages wurde auf fünf Jahre festgelegt.

## **2.3 Amortisation**

Das Projekt ist aus Eigenfinanzierung mit Zuschuss der KfW-Bankengruppe finanziert, unter Berücksichtigung der Einnahmen durch den Verkauf der Abwärme ergibt sich eine Amortisationszeit von rund drei Jahren. Eine Aufnahme von Krediten für solche Investitionen ist im Konzern Georg Fischer nicht vorgesehen. Zu einer wirtschaftlicheren Umsetzung der Abwärmenutzung wurde für das Vorhaben ein Zuschuss der KfW-Bankengruppe verwendet. Zusätzlich kommen noch weitere Vorteile hinzu, die die Amortisation positiv beeinflussen, aber für die Amortisationszeitberechnung nicht zahlenmäßig erfasst werden konnten. Nach dem Umbau herrscht im Abgassystem ein geringerer Differenzdruck, was sich durch eine höhere Absaugleistung und einen geringeren Strombedarf der Ventilatoren bemerkbar macht.

## **2.4 CO<sub>2</sub> - Einsparung**

Die Abwärmenutzung erfolgt auf dem Gelände der Nestlé Deutschland AG. Die Verringerung des Gasverbrauchs zur Herstellung von Prozessdampf durch Nutzung der Abwärme des Kupolofens der Georg Fischer Automobilguss GmbH trägt dazu bei, dass im Schnitt 11.000 t weniger CO<sub>2</sub> produziert werden. Eine Erdgasmenge in der Größenordnung von 1.100 m<sup>3</sup>/h wird eingespart. Die Nestlé Deutschland AG benötigt jährlich 75.000 MWh zur Sattdampferzeugung. Durch die Abwärmenutzung der Georg Fischer Automobilguss GmbH werden bis zu zwei Drittel der benötigten 75.000 MWh von der Abwärme des Kupolofens bereitgestellt. Das Einsparungspotenzial an CO<sub>2</sub> ist erheblich und steht in einem sehr günstigen Verhältnis zur Investition.

## **2.5 Betriebssicherheit**

Mit der neuen Abwärmenutzung wurden zwei unabhängige und autark arbeitende Systeme miteinander verbunden. Die Kopplung wurde so ausgelegt, dass die Funktion und die Betriebssicherheit des Schmelzprozesses bei der Georg Fischer Automobilguss GmbH und der Lebensmittelproduktion der Nestlé Deutschland AG gewährleistet ist. Zudem musste ausgeschlossen werden, dass Thermoöl in den Dampf eindringen kann. Der Eintritt von Thermoöl in den Dampf kann zur Schädigung der Endprodukte bei der Nestlé Deutschland AG führen. Dies hätte Fehlchargen, Rückrufaktionen und einen erheblichen Imageverlust der Nestlé Deutschland AG zur Folge.

Um den möglichen Eintritt des Thermoöls in den Dampf zu verhindern, wurde zur Wärmeübertragung ein Sicherheitswärmetauscher verwendet. Es darf auch umgekehrt kein Dampf in das Thermoöl eintreten, denn das könnte schwerwiegende Folgen für den Rekuperator und somit für die gesamte Kupolofenanlage der Georg Fischer Automobilguss GmbH haben.

Die Dampferzeugung wurde auf dem Betriebsgelände der Nestlé Deutschland AG angesiedelt. Die Technik wurde dadurch optimal in das Kesselhaus und die Anlagensteuerung integriert. Die für den Lebensmittelbetrieb wichtige Dampfqualität liegt dadurch in der Verantwortung der Nestlé Deutschland AG. Zur Dampferzeugung wird das aufbereitete Kesselspeisewasser der Nestlé Deutschland AG verwendet.

Mehr zu „Sicherheit der Systeme mit Thermoöl“ siehe Punkt 4.4

## **2.6 Abstimmung der Prozesse**

Um das Potenzial auszuschöpfen müssen der Schmelzprozess der Georg Fischer Automobilguss GmbH und der dadurch entstehende nutzbare heiße Abgasstrom mit dem Prozess der Dampfproduktion der Nestlé Deutschland AG abgestimmt werden. Hierzu wurden beide Anlagen regelungstechnisch aufeinander abgestimmt. Die Betriebszeiten des Kupolofens sind berücksichtigt worden, d.h. falls eine von beiden Anlagen Ausfallzeiten oder Ruhephasen hat, können die beiden Prozesse wieder unabhängig voneinander arbeiten. Die Wärme des Kupolofens der Georg Fischer Automobilguss GmbH wird dann über einen Kühlturm abgeführt oder für die betriebseigenen Heizzwecke verwendet und der Sattdampf für das Nestlé Deutschland AG wird von den bereits bestehenden Erdgasheizkesseln erzeugt.

### **3. Planung der Abwärmenutzung**

#### **3.1 Aufgabenstellung**

Ziel des Vorhabens war es den alten Rekuperator, der bisher zur Erzeugung des Heißwindes verwendet wurde, durch ein neues Rekuperatorkonzept zu ersetzen. Das neue Rekuperatorkonzept ermöglicht eine effizientere Abwärmenutzung. Nur durch die Erneuerung des Rekuperators wurde eine Nutzung der Abwärme von bis zu 14 MW zusätzlich möglich. Durch den Umbau des Rekuperators ergaben sich weitere Möglichkeiten der Abwärmenutzung. Mit dem neuen Rekuperatorkonzept kann mehr Wärme als bisher zurückgewonnen werden. Diese zusätzliche Wärme kann auf zwei verschiedene Arten weiterverwendet werden. Eine Umwandlung der zusätzlichen Abwärme in elektrische Energie oder eine direkte Wärmenutzung ist technisch machbar. Eine direkte Wärmenutzung innerhalb der Georg Fischer Automobilguss GmbH z.B. für eigene Heizzwecke, war aufgrund der großen zusätzlichen Wärmemenge nicht möglich. Nach Erstellung einer Machbarkeitsstudie über die Erzeugung von Strom aus der Abwärme ergaben sich weitere Überlegungen die geprüft wurden. Das Ergebnis dieser Überlegungen war, dass eine direkte Wärmenutzung durch die benachbarte Nestlé Deutschland AG möglich wäre und im Vergleich zur Stromerzeugung mehr Vorteile bietet. Die direkte Abwärmenutzung besitzt einen höheren Wirkungsgrad als die Stromerzeugung aus der Abwärme und ist somit auch umweltpolitisch effizienter. Zudem war für die Stromerzeugung bedingt durch höhere Kosten die Amortisation von längerer Dauer. Durch diese umweltpolitischen und wirtschaftlichen Vorteile wurde eine Abwärmenutzung durch die Nestlé Deutschland AG bevorzugt. Die Nestlé Deutschland AG zeigte Interesse an dem Vorhaben und es wurden erste Entwürfe des Vorhabens angefertigt.

### **3.2 Kostenanalyse durch VALEA Unternehmensberatung BDU**

Die wirtschaftliche Berechnung und Beratung erfolgte durch die VALEA Unternehmensberatung. Diese schätzte aufgrund der Projektdaten und des zur Verfügung stehenden Kapitals der Georg Fischer Automobilguss GmbH die Risiken ab. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der VALEA ergab erhebliche Einsparpotenziale durch eine kurze Amortisationszeit.

### **3.3 Förderung**

Da durch die Abwärmenutzung der CO<sub>2</sub> Ausstoß verringert wird, konnte mit einer Förderung gerechnet werden. Durch die Erteilung einer Fördermittelrecherche an Wabeco (Marke von VALEA Unternehmensberatung) konnten einige mögliche Förderprogramme gefunden werden. Ausgewählt wurde das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit angebotene Förderprogramm „BMU-Demovorhaben Umweltschutz“. Darin werden Vorhaben im großtechnischen Ausmaß gefördert, die aufzeigen, in welcher Weise fortschrittliche technologische Verfahren zur Verminderung von Umweltbelastungen beitragen. Die Amortisationszeit der Abwärmenutzung konnte mit der Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durch die KfW– Bankengruppe auf ein wirtschaftlich notwendiges Maß verkürzt werden.

### **3.4 Auftragsvergabe an die Würz GmbH**

Das Projekt baut auf den bisherigen Erfahrungen der Würz GmbH hinsichtlich des Einsatzes von Schockbündeln vor Rekuperatoren auf. Die Würz GmbH stellte ein neues Rekuperatorkonzept vor, das mehr Wärme als bisher aus der Abwärme des Kupolofens nutzbar macht.

Zwei Abwärmenutzungen standen zur Auswahl. Darunter die Erzeugung von Strom oder der Verkauf der Wärme an die Nestlé Deutschland AG. Aufgrund der Kostenanalyse, Amortisationsrechnung und der

Einsparung von CO<sub>2</sub> wurde ein Konzept der Erneuerung des Rekuperators bevorzugt. Dieses wirtschaftlich und umweltpolitisch bessere Konzept ist die Dampferzeugung für die benachbarte Nestlé Deutschland AG. Nachdem ein Vertrag mit der Nestlé Deutschland AG ausgearbeitet war, begann die Würz GmbH mit den Planungen der neuen Abwärmenutzung. Die Firma Würz GmbH betreute das Projekt mit ihren Planungen und Erfahrungen bis zur Fertigstellung und Inbetriebnahme der Anlage.

Eine zusätzliche Bedingung an die Würz GmbH war, dass der neue Rekuperator die derzeitige TA-Luft weiterhin erfüllt.

### **3.5 Wissenschaftlicher Stand**

Das Projekt zur Abwärmenutzung ist ein Vorhaben, bei dem es keine eigenen Entwicklungsarbeiten gegeben hat. Der Bau im großtechnischen Maßstab bietet sowohl technisch, als auch organisatorisch, zahlreiche Ansätze hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Effekte für ähnliche Ausgangssituationen von Unternehmen, die eine sehr hohe Abwärme produzieren.

### **3.6 Schutzrechte**

Die zum Bau des Rekuperators und Umbau der Anlage verwendeten Schutzrechte/ Patente und benötigten Lizenzen stellte die Firma Würz GmbH. Georg Fischer Automobilguss GmbH als Betreiber der Anlagen benötigt keine Patente oder Lizenzen.

### **3.7 Angewandte Normen und Gesetze**

Das gesamte Thermoöl-System, inklusive aller Wärmetauscher, Behälter, Armaturen und Sicherheitseinrichtungen, wurde unter Berücksichtigung der folgenden Vorschriften, Richtlinien und Gesetzen berechnet, konstruiert und gefertigt:

**1. Normen:**

- DIN 4754 „Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern“
- VDI 3033 „Betreiben, Warten und Instandsetzen Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern“

**2. Vorschriften:**

- VBG 64 „Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern“ (Unfallverhütungsvorschrift der gewerblichen Berufsgenossenschaften)
- Druckgeräterichtlinie (DGRL)
- ATV-DVWK-A 780
- WHG
- VAwS Baden-Württemberg

**3. Vorschriften für das TÜV SÜD Gutachten:**

- BGV D3, Wärmeübertragungsanlagen mit organischen Wärmeträgern
- BGV D3, Durchführungsanweisungen zur BGV D3
- TRR 100, Bauvorschriften, Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen
- TRB 600, Aufstellung von Druckbehältern (Ziffer 5.4.1 bis 5.4.4)
- TRwS 780, Oberirdische Rohrleitungen aus metallischen Werkstoffen
- WasBauPVO, Verordnung des Wirtschaftsministeriums zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach der Landesbauordnung für Baden-Württemberg

**3.8 Zeitlicher Projektablauf**

siehe Anhang Nr.4

## **4. Eingehende Darstellung des Projektes**

### **4.1 Transport der Wärme**

Durch ein etwa 400m langes Rohrleitungssystem wird heißes Thermoöl mit einer Vorlauftemperatur von 260-280°C vom Rekuperator der Georg Fischer Automobilguss GmbH in das etwa 200m entfernte Kesselhaus der Nestlé Deutschland AG transportiert. Beide Betriebsgelände liegen Zaun an Zaun, somit sind die Wärmeverluste beim Transport äußerst gering. Die Nestlé Deutschland AG führt stündlich bis zu 300m<sup>3</sup> Thermoöl durch einen Sicherheitswärmetauscher, der die Wärme an das Speisewasser eines Dampfkessels abgibt. Der dort erzeugte Dampf wird zur Sterilisation von Nassfertiggerichten wie z.B. Ravioli, für Trocknungsprozesse bei der Herstellung von Trockensuppen und Soßen sowie für thermische Prozesse bei der Würzproduktion benötigt.

Die Dampferzeugung wurde bewusst bei Nestlé Deutschland AG angesiedelt. Die Technik wurde dadurch optimal in das Kesselhaus und die Anlagensteuerung integriert. Die für den Lebensmittelbetrieb wichtige Dampfqualität liegt in der Verantwortung der Nestlé Deutschland AG. Zur Dampferzeugung wird das vorbehandelte Kesselspeisewasser der Nestlé Deutschland AG verwendet.

Sollte die Georg Fischer Automobilguss GmbH aus produktionstechnischen Gründen keine Wärme liefern können, kann die Nestlé Deutschland AG den Dampfkessel auch mit Erdgas befeuern. Die Georg Fischer Automobilguss GmbH hat die Anlage so ausgelegt, dass bei einem Ausfall der Nestlé Deutschland AG als Wärmeabnehmer die Abwärme kontrolliert über einen Kühlturm an die Umgebung abgegeben wird.

#### **4.2 Betrieb des Kupolofens**

Je nach Auftragslage läuft der Kupolofen im Mehrschichtbetrieb. Ab dem Einsetzen des Schmelzbetriebes steht die Abwärme in Form von heißem Thermoöl an. Bei Störungen innerhalb des Schmelzbetriebes bzw. bei Nichtabnahme der Eisenproduktion, können Schmelzpausen entstehen. Schmelzpausen, die kleiner als 20 Minuten sind, werden von der großen Masse des Thermoölkreislaufes aufgefangen. Bei größeren Schmelzunterbrechungen wird die nutzbare Abwärmemenge innerhalb von weiteren 20 Minuten auf ca. 10-20% der möglichen Leistung, die an die Nestlé Deutschland AG abgegeben werden kann, absinken.

#### **4.3 Betrieb Thermoölsystem**

Zweck der Thermoölanlage ist die Abkühlung des Rauchgases bis auf die vorgeschriebene Filtereintrittstemperatur und die Wärmeauskoppung für die Heizungsanlage. Der Thermoölkreislauf der Georg Fischer Automobilguss GmbH wird mit einer konstanten Umlaufmenge von 300m<sup>3</sup>/h betrieben. Die Vorlauftemperatur ist zwischen 260-280°C eingestellt. Die Rücklauftemperatur in der Ringleitung der Georg Fischer Automobilguss GmbH beträgt 200-210°C.

Der Thermoölkreislauf auf dem Gebiet der Georg Fischer Automobilguss GmbH beinhaltet eine Ringleitung, in der die Wärmeträgerflüssigkeit über eine Pumpe zirkuliert. In einem Abhitzekeessel auf der Seite der Georg Fischer Automobilguss GmbH wird das Thermoöl erhitzt und bei Nichtabnahme der Wärme in einem Thermoöl-Luftwärmetauscher zwangsgekühlt.

Zur Abnahme der Wärme auf Seite der Nestlé Deutschland AG ist der Vorlauf der Zirkulationsleitung an der Werksgrenze Georg Fischer Automobilguss GmbH und Nestlé Deutschland AG verlegt und mit einer Stichleitung für Vor- und Rücklauf versehen.

Auf dem Gelände der Nestlé Deutschland AG ist ebenfalls eine Ringleitung verlegt. Diese Ringleitung verbindet den „heißen Vorlauf“ von der Georg Fischer Automobilguss GmbH mit dem Kesselhaus der Nestlé Deutschland AG. Sie schließt den Ring, in dem vom Kesselhaus der Rücklauf an die Ringleitung der Georg Fischer Automobilguss GmbH angeschlossen wird.

Zur Überbrückung des Rohrleitungswiderstandes und des Widerstandes vom Sicherheitswärmetauscher ist eine Ringleitungspumpe mit Reservepumpe installiert. Für die Ringleitung der Georg Fischer Automobilguss GmbH ist ebenfalls eine redundante Pumpengruppe installiert.

Temperaturen und Druck siehe Anhang Nr. 1. und 2.

#### **4.4 Sicherheit der Systeme mit Thermoöl**

##### **4.4.1 Sicherheit im Umgang mit Thermoöl**

Als Wärmeträgeröl ist das Thermoöl mit der Bezeichnung „Transcal N“ der Firma BP eingesetzt. Das Thermoöl ist in der Wassergefährdungsklasse WGK 1 und somit schwach wassergefährdend.

Durch geeignete stoffdichte Materialien, ausreichend große Auffangwannen mit Überwachungsarmaturen und zusätzliche selbsttätige Sicherheitsarmaturen, ist die Anforderung nach der „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Fachbetriebe“ (VAwS) erfüllt.

Schon während der Planungsphase beurteilte ein Gutachter das Projekt auf mögliche Mängel und Risiken des Umgangs mit Thermoöl und dessen möglichen Eintritt in den Dampf zur Lebensmittelkonservierung. Die Empfehlungen des Gutachters für zusätzliche Sicherheit wurden in den Planungen berücksichtigt.

Die Bauüberwachung erfolgte durch den TÜV SÜD.

#### **4.4.2 Überprüfung durch den TÜV SÜD**

Bei der Thermoölleitung handelt es sich um eine einwandige, oberirdische Rohrleitung mit Vor- und Rücklauf, welche über die beiden Betriebsgelände der Nestlé Deutschland AG und Georg Fischer Automobilguss GmbH verlaufen. Die beiden Rohrleitungen verlaufen hierbei über nicht flüssigkeitsdichtes Gelände. Die beiden Betriebsgelände liegen im Wasserschutzgebiet Zone III. Demgemäß war die Forderung der VAWS, dass die Rohrleitungen doppelwandig und lecküberwacht ausgeführt werden müssen. Dies war aber nicht möglich, da es für diesen Temperaturbereich keine zugelassenen doppelwandigen Rohrleitungen gibt. Eine doppelwandige Rohrleitung kann wegen der starken Ausdehnung auf Grund der hohen Temperatur (300°C) und der damit verbundenen unterschiedlichen Ausdehnung zwischen Innen- und Außenrohr nicht gebaut werden. Es musste deshalb eine alternative Ausführung gewählt werden, welche den gleichen Schutz gewährleistet.

Die beiden Rohrleitungen wurden deshalb mit zwei Leckageerkennungssystemen ausgerüstet:

1. Durch eine Plausibilitätsabfrage bezüglich des Flüssigkeitsstandes im Ausdehnungsgefäß in Abhängigkeit von der Temperatur kann eine undichte Stelle in der Anlage ermittelt werden.

Bei einer auftretenden Leckage im Bereich der Anlage würde das Niveau im Überlaufgefäß absinken.

Aufgrund der maximal möglichen Wärmeeinbringung und der maximal möglichen Abstellung der Beheizung ergibt sich ei-

ne Geschwindigkeit, mit der das Niveau im Überlaufgefäß abnehmen kann.

In der Niveaumessung wird ein Plausibilitätswert hinterlegt. Der Wert gibt an in welcher Zeiteinheit sich das Niveau verändern darf. Wird dieser Wert überschritten erfolgt eine Warnmeldung an das Bedienungspersonal, den Anlagenbereich sofort zu inspizieren.

2. Als weitere Leckageerkennung wurde ein Leckageerkennungs- und Ortungssystem eingebaut. Das System sendet Niederspannungsimpulse in das Sensorkabel und wertet die Reflexionen, die sich beim Berühren einer Flüssigkeit verändern, aus.

Zusätzlich ist mit der zuständigen Behörde ein Alarm- und Maßnahmenplan im Sinne der I2-Maßnahme nach VAwS erstellt. Hierbei werden die Maßnahmen im Havariefall festgelegt. Für den Bau der Rohrleitung wurde eine Sondergenehmigung der zuständigen Behörden erteilt, da es verboten ist werksübergreifende Rohrleitungen mit wassergefährdenden Stoffen zu bauen und zu betreiben.

#### **4.4.3 Sicherheit bei Anlagenbetrieb**

Der maximal auftretende Druck der Thermoölanlage ist auf der Druckseite der Betriebspumpe. Die Pumpe erzeugt einen Druck von acht bar. Im Betrieb beträgt der Druck ca. sieben bar. Aufgrund des Druckverlustes im Thermalölerhitzer beträgt der Druck auf der Thermoölseite im Bereich des Sicherheitswärmetauschers ca. vier bar am Eintritt und drei bar am Austritt.

		<b>Thermoöl</b>	<b>Wasser-Dampf</b>
<b>Betriebsüberdruck</b> <b>Wärmetauscher</b>	bar	4-3	10-12

Aus der Tabelle lässt sich erkennen, dass bei einer Leckage die Wasser- / Dampfseite in das Thermoöl eintreten würde und somit eine Kontaminierung des Wasser-Dampfbereiches im Betrieb nicht erfolgen kann.

Im Thermoölbereich würde ein Eintreten von Wasser / Dampf sofort eine Unterbrechung der Thermoöl-Umwälzmenge auslösen, wodurch die Beheizung der Thermoölanlage sofort unterbrochen wird.

#### **4.4.4 Sicherheit bei Stillstand der Anlage**

Beim Stillstand der Anlage ergeben sich folgende Drücke:

		<b>Thermoöl</b>	<b>Wasser-Dampf</b>
<b>Druck bei Stillstand</b> <b>Wärmetauscher</b>	bar	2	0

Sollte im Stillstand der Dampferzeuger undicht sein, so ist das Eintreten des Thermoöls in den Wasserraum des Dampferzeugers möglich.

Bei einem größeren Leck das über 1 m<sup>3</sup> Thermoöl hinausgeht, würde das Ausdehnungsgefäß im Thermoölkreislauf den Verlust detektieren.

Bei einem kleineren Leck würde der Verlust zunächst nicht bemerkt, jedoch beim Start der Abhitzedampferzeugung, würde wie unter 4.4.3 „Sicherheit bei Anlagenbetrieb“ beschrieben das Leck bemerkt.

Im Bereich der Sensorkabel an den Thermoölrohrleitungen wird eine Leckage sofort erkannt.

#### **4.5 Dampferzeugung Nestlé Deutschland AG**

Die Sattedampferzeugung der Nestlé Deutschland AG erfolgt durch einen Dampfkessel. Der Kessel wird im Naturumlauf mit dem Sicherheitswärmetauscher betrieben. Heißes Wasser steigt von dem Sicherheitswärmetauscher durch den Dichteunterschied in den Dampfkessel und kälteres Wasser sinkt vom Kessel in den Wärmetauscher ab. Im Dampfkessel entsteht durch den vorgegebenen Druck Sattedampf, der zur Lebensmittelkonservierung benötigt wird.

Zur Sattedampferzeugung wird aufbereitetes Kesselspeisewasser in Lebensmittelqualität verwendet. Damit die Dampfqualität nicht beeinträchtigt werden kann, wurde ein doppelwandiger Sicherheitswärmetauscher verwendet, der zusätzlichen Schutz vor dem möglichem Eintreten von Thermoöl in den Dampf bietet. Der Dampfkessel kann zusätzlich mit Erdgas befeuert werden, falls die von der Georg Fischer Automobilguss GmbH gelieferte Wärmemenge zur Sattedampfproduktion nicht ausreichend ist.

## 5. Erfassung der Betriebsdaten

Die Betriebsdaten beider Unternehmen unterliegen je nach deren Produktionsauslastung Schwankungen.

### 5.1 Betriebsdaten Kupolofen Georg Fischer Automobilguss GmbH

#### 5.1.1 Vor dem Umbau

Vergleich nutzbare mit damals genutzter Leistung:

<b>maximale Energie für Abwärmenutzung</b>	[MW]	<b>25</b>
<b>bereits genutzte Energie</b>		
Heißwind	[MW]	7
Heißwassererzeugung	[MW]	6
	[MW]	
<b>Summe der genutzten Energie</b>	[MW]	<b>13</b>

#### 5.1.2 Nach dem Umbau

Vergleich nutzbare mit bereits genutzter Leistung:

<b>maximale Energie für Abwärmenutzung</b>	[MW]	<b>25-30</b>
<b>bereits genutzte Energie</b>		
Heißwind	[MW]	7
Heißwassererzeugung	[MW]	6
Dampferzeugung Nestlé Deutschland AG	[MW]	12
<b>Summe der genutzten Energie</b>	[MW]	<b>25</b>

#### 5.1.3 Vergleich Vorher / Nachher

Durch das neue Rekuperatorkonzept lässt sich mehr Wärme aus dem Rauchgas entziehen als vor dem Umbau. Diese zusätzliche Wärme wird der Nestlé Deutschland AG zur Verfügung gestellt.

Es können ca. 10 -14 MW zusätzlich im Vergleich zum alten Konzept zurückgewonnen werden. Die benötigten Leistungen zur Erzeugung des Heißwindes für den Kupolofen und des Heiß-

wassers der Georg Fischer Automobilguss GmbH sind konstant geblieben.

## **5.2 Betriebsdaten Nestlé Deutschland AG**

Die Nestlé Deutschland AG benötigt ca. 75.000 MWh/a in Form von Satttdampf. Durch die Abwärmenutzung des Kupolofens können bis zu zwei Drittel des Erdgasverbrauchs der Nestlé Deutschland AG abgedeckt werden. Dadurch, dass weniger Erdgas zur Dampferzeugung benötigt wird, entstehen 11.000 t CO<sub>2</sub> weniger.

Energiebedarf zur Satttdampferzeugung der Nestlé Deutschland AG ohne Abwärmenutzung	[MWh/a]	75.000
Durch die Abwärmenutzung von Georg Fischer Automobilguss GmbH jährlich zur Verfügung gestellte Energiemenge	[MWh/a]	50.000
Energiebedarf Nestlé Deutschland AG zur Satttdampferzeugung mit Abwärmenutzung	[MWh/a]	25.000
CO <sub>2</sub> Minderung durch die Abwärmenutzung des Kupolofen	[t/a]	11.000

### Anmerkung:

Tabellenwerte sind abhängig von der Wirtschaftslage beider Unternehmen

## **5.3 Abschätzung der Betriebskosten der Abwärmenutzung**

Auf die Betriebskosten entfallen schätzungsweise jährlich 4% der Investitionssumme von 3,5 Millionen Euro für die neuen Anlagenteile der Georg Fischer Automobilguss GmbH.

Für den neuen Anlagenteil der Nestlé Deutschland AG fallen, gemessen an der Investitionssumme von 1,5 Millionen Euro, 3-4% Betriebskosten jährlich an. In den Betriebskosten sind Reparatur-, Sicherheits-, Wartungsleistungen inbegriffen. In Betrachtung der gesamten Anlage sind die Mehrkosten für den reibungslosen Betrieb beider Anlagenteile

geringfügig angestiegen. Die Betriebskosten im Vergleich zur CO<sub>2</sub> Einsparung bekräftigen einen wirtschaftlichen und umweltschonenderen Betrieb.

## 6. Erfolgskontrollbericht

Abwärmenutzung eines Kupolofens: Demo 001569

Das Umweltprogramm „Demovorhaben Umweltschutz“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat das Ziel, modellhafte Anlagen und/oder Verfahren zur Verminderung von Umweltbelastungen zu fördern.

Die neue Rekuperatoranlage der Georg Fischer Automobilguss GmbH, die es ermöglicht durch ein neues Konzept der Wärmerückgewinnung bis zu 14 MW Abwärme wirtschaftlich nutzbar zu machen, ist ganz im Sinne dieses förderpolitischen Zieles des Bundesministeriums. Durch die neue Abwärmenutzung des Kupolofens können bis zu 14.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das Demonstrationsvorhaben zeigt auf, in welcher Weise eine großtechnische Anlage zur Verminderung von Umweltbelastungen angepasst wurde.

Für Unternehmen in denen, wie bei der Georg Fischer Automobilguss GmbH, eine sehr hohe Abwärme anfällt ist diese Demonstrationsanlage ein gutes Beispiel dafür, dass der Stand der Technik bereits soweit fortgeschritten ist und neue innovative Ideen ohne viel Kapitaleinsatz im Verhältnis zur Senkung von Umweltbelastungen umgesetzt werden können. Klimaschutz und Kosteneinsparung müssen also kein Widerspruch sein.

Die Nutzung der Abwärmeanlage führt zeitgleich bei der Nestlé Deutschland AG zu einer Minderung des Rohstoffverbrauchs. Die Ressourcenschonung und Senkung der CO<sub>2</sub> Emissionen zeigen den modellhaften Charakter der Anlage und das Potenzial der Reproduzierbarkeit.

Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zeigt sich bereits wenige Wochen nach Fertigstellung der Anlage dadurch, dass Anfragen anderer Unternehmen, die Interesse an einer Nachahmung dieser Abwärmenutzung haben, eingegangen sind.

**6.1 Angabe der eingesparten Energiemenge**

<b>Monat</b>	<b>Gelieferte Energiemenge</b>
Dezember 2008	1.470 MWh
Januar 2009	1.560 MWh
Februar 2009	1.850 MWh
März 2009	1.880 MWh
April 2009	1.490 MWh
<b>Summe</b>	<b>8.250 MWh</b>

<b>Eingesparte Erdgasmenge *</b>	<b>900.000 m<sup>3</sup></b>
<b>CO<sub>2</sub>-Minderung</b>	<b>1.800 t</b>

\*feuerungstechnischer Wirkungsgrad von 90% und Heizwert 11,1 KWh/m<sup>3</sup>

**Anmerkung :**

Durch die derzeitige Wirtschaftslage wurde der Kupolofen und somit die Abwärmenutzung mit weniger als 50% der normalen Nutzungsdauer betrieben.

## Anhang

### 1. Thermoölkreislauf Georg Fischer Automobilguss GmbH

Die Thermoölpumpe drückt das Thermoöl zum Abhitzekegel.

Technische Daten:

Thermoölfördertemperatur 180-200°C

Pumpendruck 8 bar

Vom Abhitzekegel strömt das Thermoöl zur Werksgrenze Nestlé Deutschland AG

Technische Daten:

Thermoöltemperatur 260-280°C

Leitungsdruck 3 bar

Von der Werksgrenze Nestlé Deutschland AG strömt das Thermoöl zum Rückkühler

Technische Daten:

Thermoöltemperatur 200-280°C

Leitungsdruck 3 bar

Vom Rückkühler strömt das Thermoöl den Umwälzpumpen zu.

Der Kreislauf beginnt von vorne.

Technische Daten:

Thermoöltemperatur 180-200°C

Leitungsdruck 2 bar

**2. Thermoölkreislauf Nestlè Deutschland AG**

An der Werksgrenze Georg Fischer Automobilguss GmbH wird das Öl übernommen:

Technische Daten:

Thermoöltemperatur            260-280°C

Leitungsdruck                    3 bar

Über eine Ringleitungspumpe wird das Thermoöl dem Dampferzeuger zugeführt.

Technische Daten:

Thermoöltemperatur            260-280°C

Leitungsdruck Druckseite    5 bar

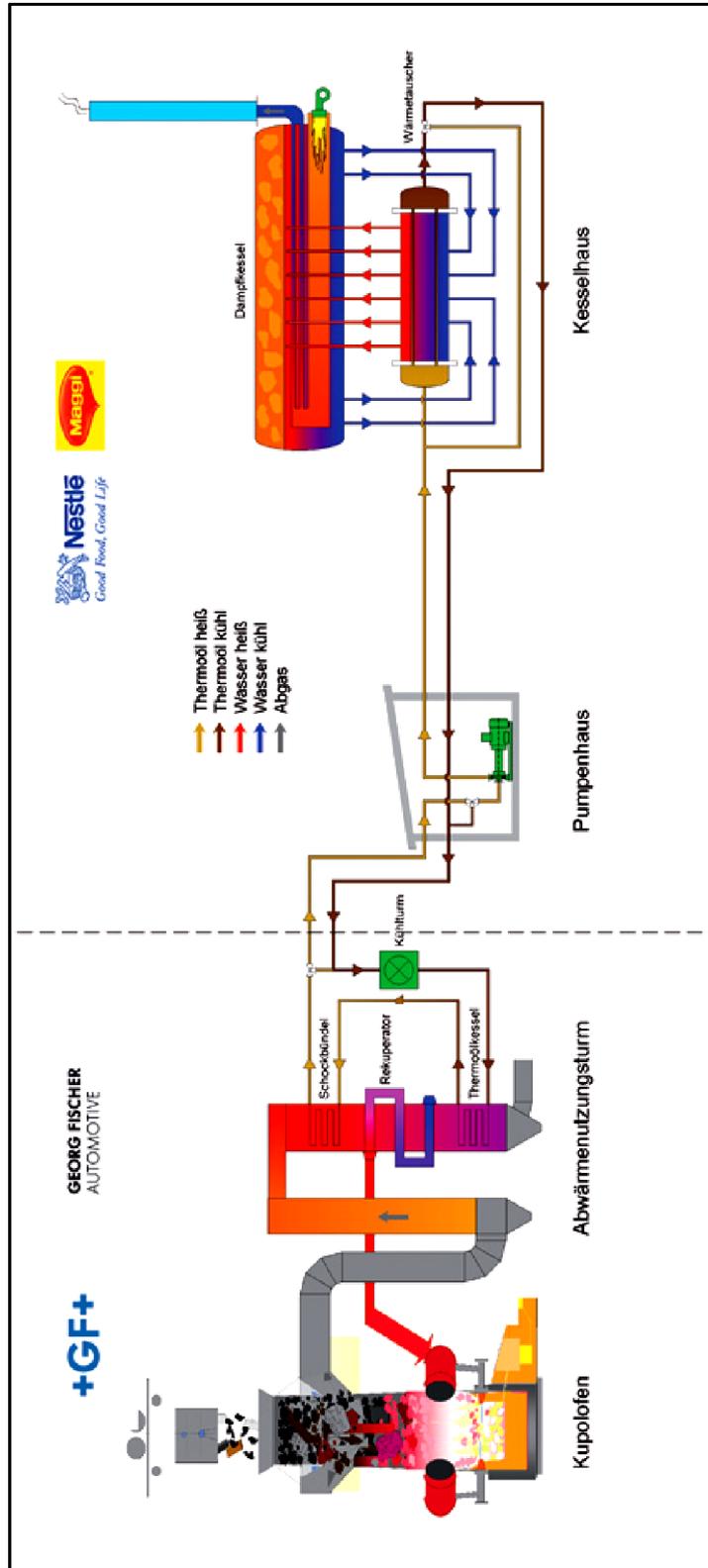
Nach dem Dampferzeuger erfolgt die Rückführung des Thermoöls in die Ringleitung bei Georg Fischer Automobilguss GmbH.

Technische Daten:

Thermoöltemperatur            200-210°C

Leitungsdruck Druckseite    3 bar

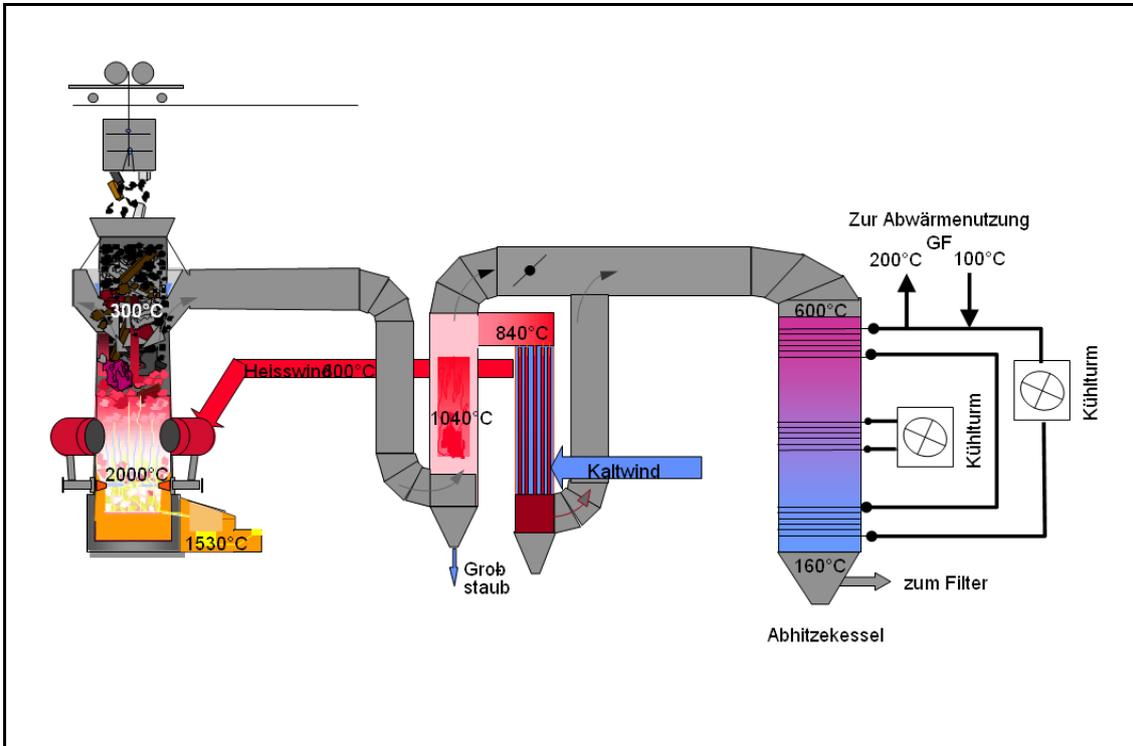
3. Anlagenschema neuer Anlagenteil



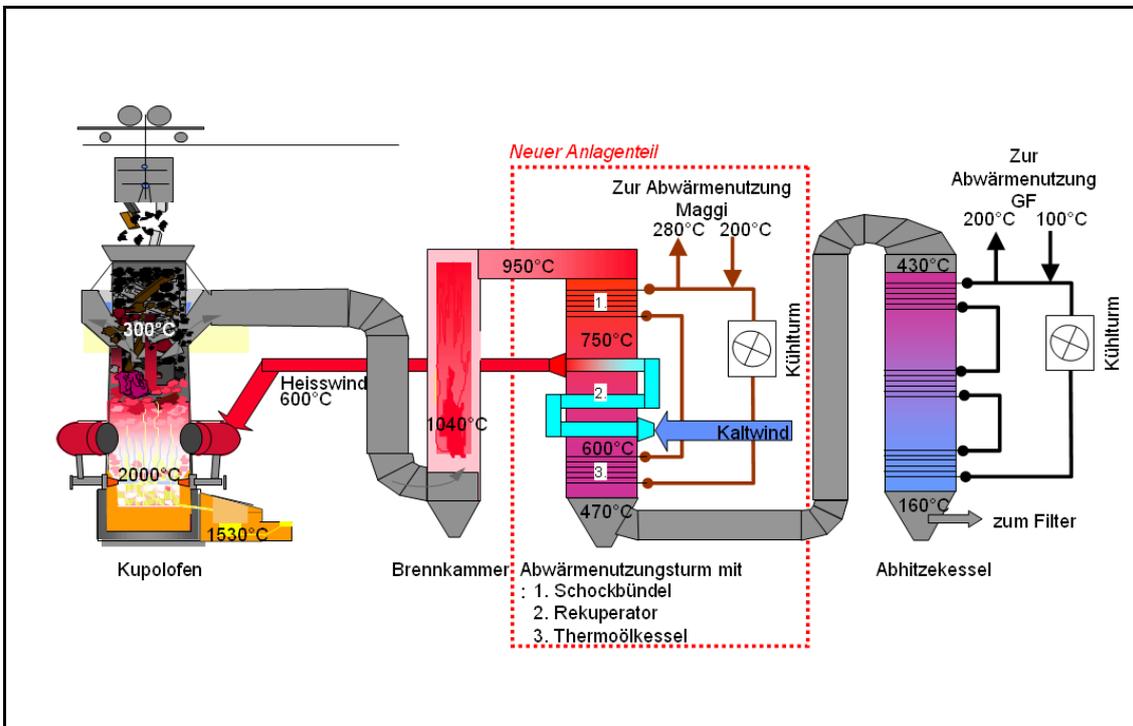
**4. Projekttablauf Abwärmenutzung eines Kupolofens**

- |                |   |
|----------------|---|
| <b>2006</b>    | Start des Projekts „Abwärmenutzung Schmelzerei“<br>Untersuchung unterschiedlicher Möglichkeiten<br>(Strom / Dampferzeugung)                             |
| <b>04.2007</b> | Interne Ergebnispräsentation. Die wirtschaftlichste Variante:<br>Dampferzeugung für die ganzjährige Nutzung   |
| <b>05.2007</b> | Präsentation und Konzeptvorstellung bei Nestlé Deutschland<br>AG  |
| <b>07.2007</b> | Beginn Ausarbeitung der technischen Spezifikationen und Ver-<br>tragsverhandlung zwischen Georg Fischer Automobilguss<br>GmbH und Nestlé Deutschland AG |
| <b>08.2007</b> | Abklärung der Genehmigungsfähigkeit des Projektes   |
| <b>12.2007</b> | Vorab-Zusage der Förderung  |
| <b>01.2008</b> | Vertragsabschluss mit Nestlé Deutschland AG   |
| <b>02.2008</b> | Detaillierung der technischen Spezifikationen Georg Fischer<br>Automobilguss GmbH und Nestlé Deutschland AG   |
| <b>03.2008</b> | Zusage der Förderung von 20% durch das BMU  |
| <b>04.2008</b> | Montagebeginn bei Georg Fischer Automobilguss GmbH  |
| <b>08.2008</b> | Inbetriebnahme neuer Rekuperator Georg Fischer Automobil-<br>guss GmbH  |
| <b>08.2008</b> | Montagebeginn Nestlé Deutschland AG   |
| <b>11.2008</b> | Verbindung beider Systeme<br>und erste Wärmeabnahme durch Nestlé Deutschland AG   |
| <b>01.2009</b> | Offizielle Inbetriebnahme durch Bundesumweltminister Sigmar<br>Gabriel  |

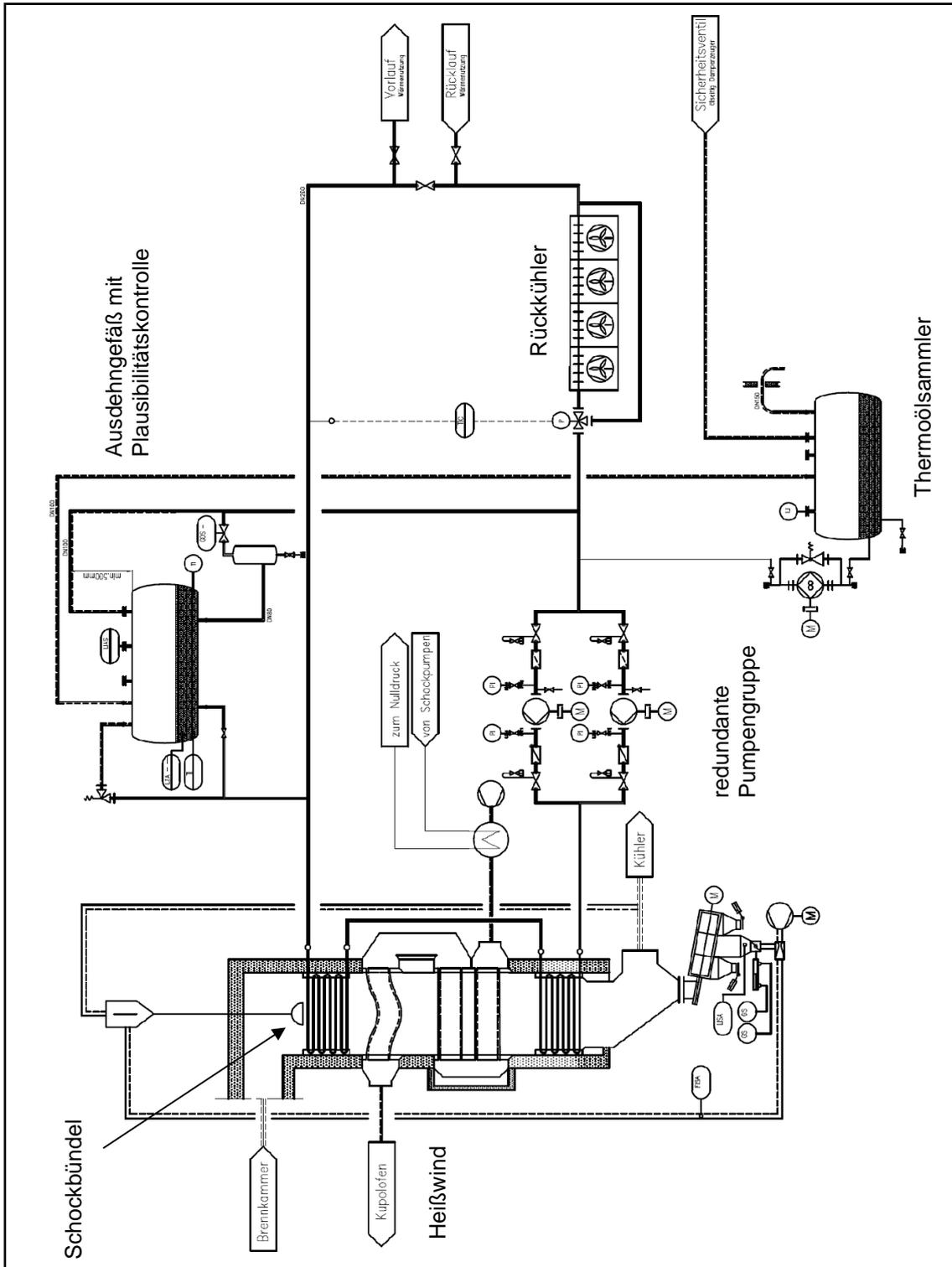
5. Schematische Darstellung altes Abgassystem



6. Schematische Darstellung neues Abgassystem



7. Vereinfachtes R&I Schema Georg Fischer Automobilguss GmbH



8. R & I Schema Nestlé Deutschland AG

