



**BMUB-
Umweltinnovationsprogramm (UIP)**

Abschlussbericht

zum Vorhaben
NKa3 - 002059

**Wärmerückgewinnung im Metallbetrieb
Energie sparen und Klima schützen**

Zuwendungsempfänger
Peiner Umformtechnik GmbH, Peine

Umweltbereich
Wärmerückgewinnung aus Produktionsanlagen

Laufzeit des Vorhabens
06/2014 – 12/2017



Autor/-en

Michael Schütz, Stephan Behme, Jörn Herold

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Datum der Erstellung

10/2020

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: NKa3 – 002059	Projekt-Nr.:
Titel des Vorhabens: Wärmerückgewinnung im Metallbetrieb	
Autor/-en (Name, Vorname): Michael Schütz, Stephan Behme, Jörn Herold	Vorhabensbeginn: 18.06.2014
	Vorhabensende (Abschlussdatum): 31.12.2017
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Peiner Umformtechnik GmbH, Woltorfer Straße 20, 31224 Peine	Veröffentlichungsdatum:
	Seitenzahl: 42
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
<p>Kurzfassung (max. 1500 Zeichen): Die Peiner Umformtechnik GmbH hat in ihrem Werk eine Anlage zur Wärmerückgewinnung aus 3 Härteöfen errichtet, das über ein System von Wärmetauschern verschiedene Verbraucher im Werk mit Warmwasser versorgt.</p> <p>Das Abgas der Härteöfen wird zur Zumischung Hallenluft auf 150°C herab gekühlt und gibt seine Wärme in einem zentralen Wärmetauscher an einen Wasserspeicher von 10.000 Liter Puffer-Inhalt ab. Dieser ist auf 90°C, geregelt und wird zur Erwärmung mehrerer Bäder in der Abteilung Oberflächenbehandlung dorthin gefördert. Dies reduziert dort den Gasverbrauch der bisher allein mit Gas beheizten Bäder.</p> <p>Eine zweite Abwärmequelle ist das Härteöl im Abschreckbad, in das das glühende Härtegut aus den Durchlauföfen fällt. Dieser laufende Wärmeeintrag erhitzt das Öl auf ca. 90°C und wird über Wärmetauscher in drei Heizkessel mit einer Temperatur von 60°C für die Vorlaufanhebung der Brauchwasseraufbereitung geleitet. Durch diese Vorlaufanhebung reduziert sich der Gasverbrauch der drei Heizkessel erheblich.</p> <p>Dieses Konzept lässt sich intern erheblich erweitern, da im Werk viele weitere Abwärmequellen und –Senken bestehen, die ebenso ausgenutzt werden können.</p> <p>Durch den guten Modellcharakter können viele ähnlich strukturierte Betriebe in der Bundesrepublik und außerhalb von den Projektergebnissen profitieren.</p>	
Schlagwörter: Abgaswärme, Abluftwärme, Abschreckbad, Wärmetauscher, Pufferspeicher, Einspeisung, Rekuperation.	
Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: DIN A4 Elektronischer Datenträger: pdf-Datei	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet Geplant auf der Webseite: www.peiner-ut.de

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: NKa3 – 002059	Projekt-Nr.:
Report Title: Heat recovery in metal working	
Author/Authors (Family Name, First Name): Michael Schütz, Stephan Behme, Jörn Herold	Start of project: 18.06.2014
	End of project: 31.12.2017
Performing Organisation (Name, Adress): Peiner Umformtechnik GmbH, Woltorfer Straße 20, 31224 Peine	Publication Date: :
	No. of Pages: 42
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
<p>Summary (max. 1500 characters): The Peiner Umformtechnik GmbH installed a heat recovery system in her factory.</p> <p>The exhaust heat from 3 curing ovens is collected and led to several heat users in the factory by a system of heat exchangers which transform hot air into hot water.</p> <p>The waste heat from the gas burners of the ovens is mixed with fresh air for a temperature of 150°C and is cooled down in a central air-water heat exchanger. The hot water is buffered in a 10.000 liter water tank at a temperature of 90°C. The hot water is lead to four pickling baths in the surface treatment department. The formerly exclusively gas heated baths are now preheated by the hot water and cause important gas savings.</p> <p>A second source of waste heat is the hardening oil in the quenching bath in which the glowing metal parts are dropping continuously from the ovens. This heat input heats up the oil constantly to a temperature limited at 80 – 90 °C and the heat excess is led to a system of oil-water heat exchangers which give their hot water at 60°into the 3 water boilers belonging to the heating and washrooms.</p> <p>So the gas consumption is reduced substantially.</p> <p>This system of heat recovery can be spred into several similar installations producing waste heat and consuming recuperated heat in the factory.</p> <p>Many similar companies can follow the results of our project and its prototype installation in Germany, Europe and worldwide.</p>	
<p>Keywords: Waste heat, exhaust air, quenching bath, heat exchanger, buffer, space heating, recuperation of heat</p>	
Number of copies: Paper size: DIN A4 Elektronic data media: pdf file	Other media: Internet publication planned on website: www.peiner-ut.de

Gliederung

1	Einleitung.....	9
1.1	Kurzbeschreibung des Unternehmens	9
1.2	Ausgangssituation	10
2	Vorhabenumsetzung	14
2.1	Ziel des Vorhabens	14
2.2	Technische Lösung	14
2.3	Umsetzung des Vorhabens	16
2.3.1	Bereich Abluft.....	16
2.3.2	Technische Daten der Abluft-Anlage	16
2.3.3	Absaugventilator	17
2.3.4	Wärmetauscher.....	17
2.3.5	Verschluss- und Drosselklappen.....	18
2.3.6	Plattenwärmetauscher	18
2.3.7	Schaltschrank	19
2.3.8	Funktion der Steuerung	19
2.3.9	Wärmemengenzähler.....	19
2.3.10	Bereich Warmwasser und Raumheizung.....	20
2.4	Behördliche Anforderungen.....	22
2.5	Konzeption und Durchführung des Messprogramms	22
2.5.1	Ergebnisse	25
2.5.2	Fazit und Energiebilanz	32
3	Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	33
3.1	Zum Entwicklungs- und Installationsprozess.....	33
3.2	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	34
4	Übertragbarkeit.....	35
4.1	Übertragbarkeit intern.....	35
4.2	Übertragbarkeit extern.....	36
4.3	Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	36
4.4	Modellcharakter/Übertragbarkeit	37
5	Literatur	37
6	Anhang 1: Systemübersicht Wärmerückgewinnung und –Nutzung.....	39
7	Anhang 2: Beheizte Behandlungsbäder der Beizerei Kst.145	40
8	Anhang: Ergänzende Abbildungen und Fotos	42

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Luftbild der Peiner Umformtechnik GmbH	9
Bild 2: Typische Produkte der Peiner Umformtechnik	10
Bild 3: Die Anlagenteile des WR-Systems im Hallenplan	11
Bild 4: Veranschaulichung der drei Härteofenanlagen der Vergütere als Abwärmequellen.....	12
Bild 5: Schemazeichnung der bestehenden Produktionsanlage (Materialfluss vnl). 12	
Bild 6: Funktionsschaubild der WR-Anlage.....	13
Bild 7: Stoff- und Energieflüsse der WR-Anlage	14
Bild 8: Luft-Wasser-Wärmetauscher	17
Bild 9: Aufbau eines Plattenwärmetauschers	18
Bild 10: Wärmemengenzähler ITron CF51	20
Bild 11: Die von AAN gelieferten Öl-Wasser- Wärmetauscher	21
Bild 12: Die neuen Kessel der Brauchwasserversorgung.....	21
Bild 13: IST-Zustand der im Projekt behandelten Anlagen	23
Bild 14: Blockschaltbild des Systems zur Wärmerückgewinnung (WR) und -Nutzung	23
Bild 15: Zwei Stränge der Wärmerückgewinnungs-Anlage.....	24
Bild 16: Der erste Bereich der Effizienzmessung liegt vor Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 17: Spezifischer Gasverbrauch der angeschlossenen Beizbäder.....	26
Bild 18: Behandelte Tonnage Stahl in der Beizerei stark schwankend.....	26
Bild 19: Tonnage Stahl in der Vergütere stark schwankend	27
Bild 20: Vorlage Erfassungsformular für Messverfahren 2: „WR an und aus“ Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 21: Beide Betriebszustände für die Kurzfristmessungen Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 22: Problemursachen für die anfänglich schwache Wärmerückgewinnungsrate	34
Bild 23: Große Potenziale zur Übertragung der Projektergebnisse in weitere Unternehmensbereiche	36
Bild 24: Systemübersicht Wärmerückgewinnung Peiner Umformtechnik	39
Bild 25: Die Beschickungsseite der drei Aichelin Vergütungslinien Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 26: Brennerseite eines Durchlaufofens – Ist Zustand Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 27: Der Haupt-Wärmetauscher (rechts) mit dem Abluftventilator (links) Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 28: Der Gas-Wasser-Wärmetauscher..... Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 29: Abluftventilator (links vorn) und Gas-Wasser Wärmetauscher (rechts) Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Bild 30: Am Schaltschrank kann man z.B. den Abgasventilator an und aus schalten. Fehler! Textmarke nicht definiert.	

Bild 31: Warmwasserthermometer am Zulauf zum HT-Pufferspeicher.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 32: Eine Druck-Anzeige am HT-Pufferspeicher..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 33: Eine Temperaturanzeige am Speicher. ... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 34: Isolierte und gut beschriftete Rohre zur Beizerei und zurück.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 35: Überdruckventile an den Druckausgleichsbehältern, die auf dem Härtereibüro stehen..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 36: Installation zur Dosierung der Säurebäder. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 37: Die neu installierte Redundanzkühlung der Ölbäder (Lieferung Firmen AAN und Deneke) **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 38: Die Installationen mussten in die bestehende Halleninfrastruktur und – Topologie integriert werden **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 39: Lange Strecken waren zu überbrücken. .. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 40: Der Schaltschrank für die WR-Anlage im Bereich Vergütereie.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 41: Das Bedienpanel der Wärmerückgewinnung aus dem Abgas der drei Aichelin-Öfen. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 42: Anleitungen während der Inbetriebnahme**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 43: Die Brenner- und Abluftseite Linie 3 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 44: Isolierte Leitungen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 45: Die Redundanzkühlung des Härteöls **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 46: Sensoren, Anzeigen, Ventile **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 47: Maßarbeit **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Bild 48: Beengte Arbeitsverhältnisse für das Installationspersonal.**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Stichwortverzeichnis

Abfall-Wärme	12
Abgase	13
Abluftabsaugung	18
Abwärme	11, 13, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 35
Abwärmenutzung	17
Abwärmequelle	13
Abwasser	12
Aichelin Durchlauföfen	11
Beizbecken	18
Beizerei	11, 13, 17, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 35, 39, 47
Betriebsbedingungen	16, 27, 31
Blockschaltbild	25
Brauchwasser	11, 13, 18
Brennerabgase	16, 17, 18, 54
Büro- und Sozialräume	26
CO ₂ -Einsparung	16
Demistor	21
Dreischichtbetrieb	16
Durchlauföfen	2, 13, 43
Einsparungspotenzial	17
einspeisen	11
Energieflüsse	16
Energiesparpolitik	11
Erdgas	16
Erfassungsformular	31
Erfolgsmessung	26
Gasheizung	17, 32
Hallenplan	13
Härtegut	2, 13
Härteöl	2, 13, 23, 26, 55
Härtetemperatur	13, 17
Heizkosten	17
Jahresbetriebsstunden	16
Kosteneinsparung	17
Luft-Wasser-Wärmetauscher	17, 19
Ölabschreckbäder	12, 16
Ölbäder	12, 13, 17, 18, 49
Öl-Wasser-Wärmetauscher	17
Pufferspeicher	2, 17, 45, 46
Pumpe	17
Rückgewinnung	12, 18, 38
Rückgewinnungsgrad	18
Rücklauftemperatur	17
Temperatur	2, 17, 31
Temperaturniveau	17, 18
Touch-Panel	21
Umwelt	1, 2, 12, 35

Wärmebehandlung	12
Wärmeleistung.....	16
Wärmemengenzähler	21, 22
Wärmerückgewinnung.....	1, 2, 12, 13, 17, 18, 25, 32, 36, 37, 38, 43, 52, 55
Wärmerückgewinnungsgrad	18
Wärmetauscher	2, 17, 22, 23, 25, 26, 42, 43, 44, 54
Wärmeverbraucher	11, 35
Warmfertigung	12
Wasser-Säure-Graphitblock-Wärmetauscher	17
Wasser-Wasser-Platten-Wärmetauscher	17
Wirkungsgrad	17, 18
WRG-Filter.....	21

1 Einleitung

Die Firma Peiner Umformtechnik hat eine offensive Energiesparpolitik eingeleitet um große Mengen Energie in ihrer energieintensiven Produktion von Schrauben und anderen Umformteilen einzusparen. Dies indem sie kostenlose Abwärme aus der Produktion - hier drei Härteöfen - zurückgewinnt und an anderer Stelle im Werk, wo Wärme benötigt wird, einspeist.

Indem nun die Abwärme der Öfen eingefangen wird und bei anderen Wärmeverbrauchern im Werk, die heute mit Gas betrieben werden, eingespeist wird, verbrauchen diese weniger Gas. Im Projekt wurde (als erster überschaubarer Schritt) die Abwärme von drei Aichelin Durchlauföfen mitsamt ihren Ölbädern zurückgewonnen und in vier Bäder der Beizerei und im Brauchwasserbereich für Büros und Sozialräume in 3 Kessel eingekoppelt.

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Firma Peiner Umformtechnik GmbH in Peine stellt Metallteile, insb. Schrauben und Muttern in mittleren und großen Serien her. Hauptsächliche Absatzmärkte sind die Automobilindustrie, der Stahlbau und die Windkraftindustrie. Die Belegschaft liegt derzeit bei rund 200 Mitarbeitern plus 20 Auszubildende.



Bild 1: Luftbild der Peiner Umformtechnik GmbH



Bild 2: Typische Produkte der Peiner Umformtechnik

In der Fertigung der Produkte werden große Mengen Energie aufgewendet. So wird ein Teil der Produktion warm gepresst, dann gibt es energieintensive Wärmebehandlungen sowie Oberflächenbehandlungen in warmen bis heißen Bädern. Hier bestecken große Reserven für die Rückgewinnung wertvoller Abfall-Wärme, z.B. in der Wärmebehandlung (Härteöfen, Vergüteöfen und Ölbäder) oder in der Warmfertigung (Pressen).

1.2 Ausgangssituation

Zur Wärmerückgewinnung ist die Wärmebehandlung der produzierten Metallteile mit ihren großen Industrieöfen und Ölabschreckbädern eine ergiebige Quelle wertvoller Wärme mit über **7 GWh/a**, die heute noch kostenintensiv heruntergekühlt und ungenutzt in die Umwelt abgeblasen bzw. ins Abwasser abgelassen wird.

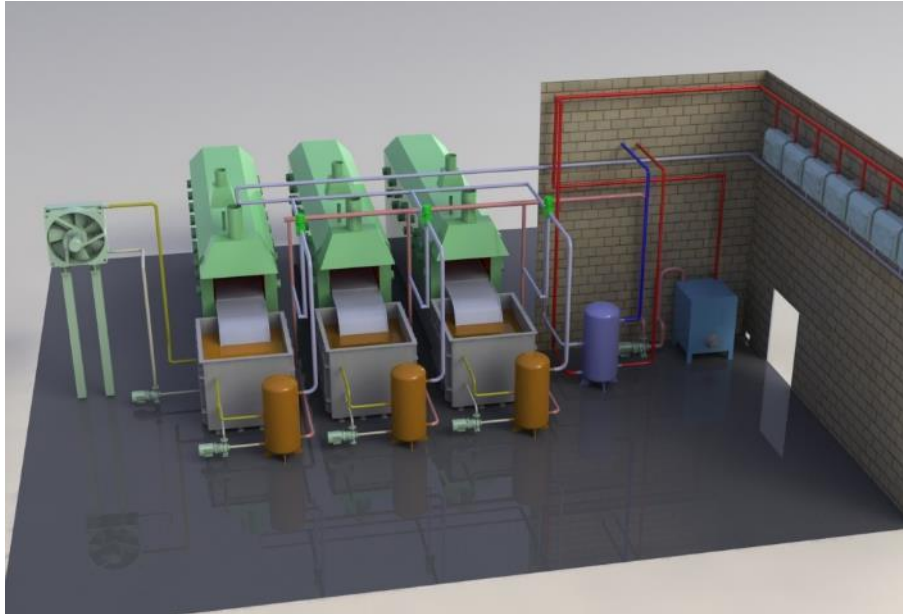


Bild 4: Veranschaulichung der drei Härteofenanlagen der Vergüterei als Abwärmequellen

Die Härteofenanlagen, jeweils bestehend aus dem Durchlaufofen und dem anschließenden Abschreck-Ölbad, sind jeweils Teil einer Vergütelinie, wobei sich an jeden Härteofen mit Ölbad ein Anlassofen anschließt.

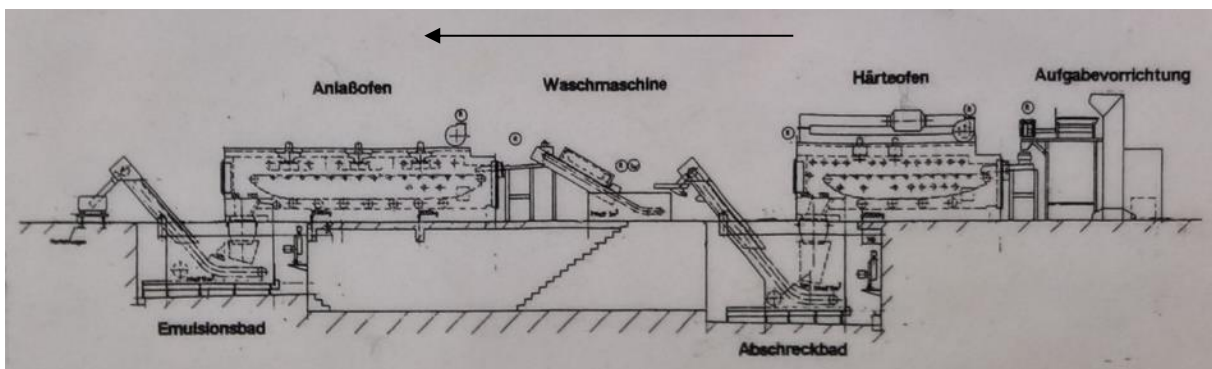


Bild 5: Schemazeichnung der bestehenden Produktionsanlage (Materialfluss von r)

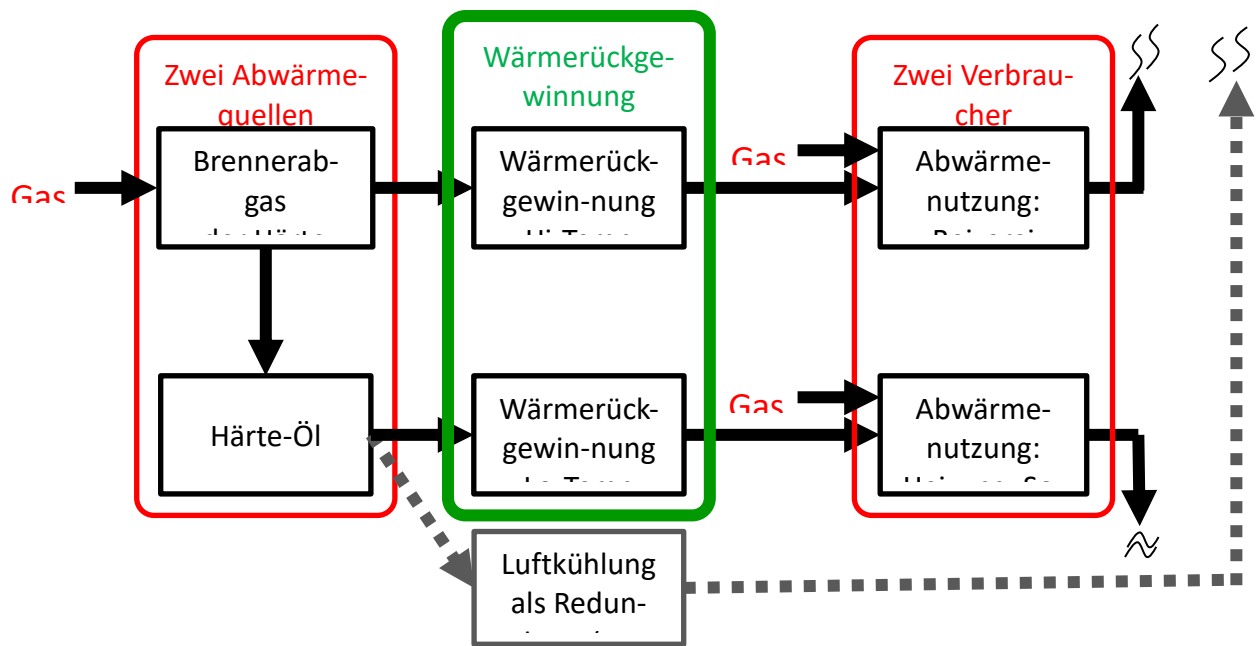


Bild 6: Funktionsschaubild der WR-Anlage

Das folgende Übersichts-Schaubild zeigt die gesamte zu installierende WR-Anlage mit ihren Komponenten und den vorab geschätzten Stoff- und Energieflüssen. Grün eingefärbt sind die Komponenten des WR-Systems, die zusätzlich zu den bestehenden Anlagenkomponenten zu installieren sind¹.

¹ Mit den nach der Antragstellung erarbeiteten Anlagen-Modifikationen und einigen lieferantenbedingten Änderungen an den gelieferten Komponenten, hätte sich bei Antragstellung eine um 90 t/a höhere niedrigere Einsparprognose ergeben (xxx t/a statt yyyy t/a). Die durch die weit verzweigte Anordnung der Aggregate eintretenden Wärmeverluste, Falschluff-Einzüge, Isolationslücken und Strömungsverluste wurden in der Planungsrechnung nicht genügend berücksichtigt. Daher weichen Ist- und Prognosezahlen im Folgenden stets leicht von den Zahlen Vorhabensbeschreibung ab.

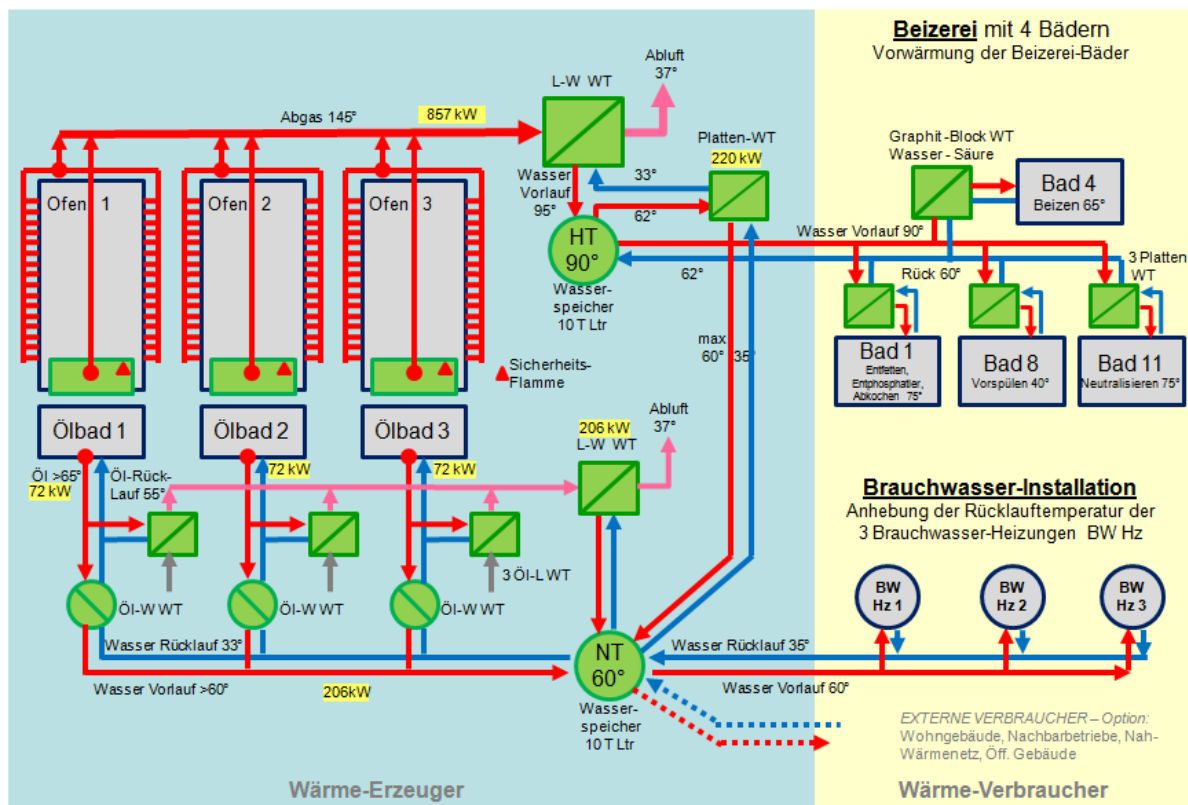


Bild 7: Stoff- und Energieflüsse der WR-Anlage

Durch diese Effekte wurde eine erhebliche Vermeidung von CO_2 -Emissionen angestrebt. Wir erwarteten nach erfolgreichem Abschluss des Projektes, dass Emissionen in Höhe von rd. 1.800 t CO_2 jährlich vermieden werden.

2 Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Im Projekt können von dieser Abwärme rechnerische **6 GWh** pro Jahr zurückgewonnen werden. Diese Abwärme soll in wertvolle Heizenergie in verschiedenen Anlagenanteilen umgewandelt werden und Erdgas ersetzen. Dies entspricht einer CO_2 -Einsparung von rund **1.800 Tonnen CO_2** im Jahr.

2.2 Technische Lösung

Abwärme wird gewonnen aus

- den Brennerabgasen der 3 Aichelin-Banddurchlaufhärteöfen der Abteilung Vergüterei und
- den Ölabschreckbädern der 3 genannten Härteöfen.

Zu a) Brennerabgase

Die zur Verfügung stehende Energiemenge aus der Abluft der drei Bandofenlinien beträgt ca. 4.600,00 MWh/a. Unter der Voraussetzung eines Dreischichtbetriebes (24 Std; 5 Tage; 50 Wochen je Jahr) ergeben sich 6000 Jahresbetriebsstunden. Aus diesen Betriebsbedingungen ergibt sich eine in der Produktion aufgewendete Wärmeleistung von 772 kW.

Von diesen 772 kW kann nicht alles an Energie zurückgewonnen werden. Wenn für Abwärmenutzung eine Rücklauftemperatur von 40 – 60 °C angenommen wird, können rechnerisch 536 kW zurückgewonnen werden.

Diese Wärme ist der Abgasluft der drei Aichelin-Bandofenanlagen zu entnehmen und zwar durch einen Luft-Wasser-Wärmetauscher mit den Abmessungen 2 x 1,6 x 0,8 Diese Wärme soll in heißes Wasser eingespeist werden, welches dadurch am Ausgang des Wärmetauschers eine Temperatur von 90°C annimmt.

Eine temperaturgesteuerte Pumpe fördert dieses ca. 90°C heiße Wasser in einen Pufferspeicher mit ca. 10.000 l Warmwasserinhalt.

Von dort wird das Warmwasser zu den einzelnen Wasser-Wasser-Platten-Wärmetauschern bzw. dem Wasser-Säure-Graphitblock-Wärmetauscher in die Beizerei geleitet.

Die Wärmerückgewinnungsrate „Abgas“ wird mit ca. 58% angesetzt.

Zu b) Härteöl

Aus den angegebenen Ofenleistungen ergibt sich für 6.000 Betriebsstunden pro Jahr eine jährliche Gesamt-Vergüteleistung von ca. 2.156 kg/h. Die Härtetemperatur in den Öfen liegt bei ca. 890°C. Die Kühlung des Härteöls setzt bei ca. über 70°C ein. Die Wärme, die pro Stunde zurückgewonnen werden kann, beträgt ca. 200 kW. Der Wirkungsgrad der Öl-Wasser-Wärmetauscher liegt bei ca. 90%.

Gesamt: In der Summe aus a) und b) können somit ca. 736 kW zurückgewonnen werden und an anderer Stelle im Betrieb kostensparend genutzt werden. Was einer Kosteneinsparung von ca. 226.000 € Gasverbrauch (Gasheizung Beizerei und Warmwasser) bei Preisniveau 2013 entspricht.

Diese Energiespar-Lösung ist technologisch sehr anspruchsvoll, da im Sinne eines hohen Wirkungsgrades die Wärmerückgewinnung an den Öfen auf möglichst hohem Temperaturniveau der Brennerabgase erfolgen soll. Gleichzeitig soll die (flüssige) Abwärme der Ölbäder rekuperiert werden. Dies ist in der großtechnischen Umsetzung Neuland. Bisher gibt es lediglich erfolgversprechende Lösungsansätze im Labormaßstab. Folglich müssen Thermodynamik, Strömungstechnik, Werkstofftechnik und Steuerungstechnik mitsamt Auslegungsalgorithmen völlig neu großtechnisch umgesetzt werden.

Hier gut reproduzierbare Lösungen für die umformtechnischen Betriebe zu entwickeln und als Modellprojekt zu präsentieren, ist angesichts der Herausforderungen der Energiewende von höchster Priorität.

Die Lösung soll in Kooperation mit einem kompetenten und innovativen Hersteller der Heizungs-, Kühlungs- und Lüftungstechnik, der entsprechende Voruntersuchungen durchgeführt hat, erstellt werden.

Wegen des nach den Voruntersuchungen noch bestehenden technischen Restrisikos einerseits und der enormen Einsparungspotenziale an Energie und CO₂-Emissionen in der Branche² andererseits soll das Vorhaben gefördert werden. Aufgrund der guten Überschaubarkeit der Branche ist die Neuheit der geplanten Lösung offensichtlich. Die Lösung ist repräsentativ für die Branche und kann bei Erfolg in Dutzenden Betrieben reproduziert werden.

² Etwa 100 vergleichbare Betriebe in Deutschland

Der Innovationskern liegt in der Rückgewinnung bei hohem Rückgewinnungsgrad und in der Gesamtkonzeption, die auch die geregelte Überleitung und Nutzung der Abwärme in anderen Betriebsbereichen beinhaltet.

Im Projekt gibt es 5 wesentliche Innovationsbereiche, die insgesamt einen großen Fortschritt im Stand der Technik darstellen:

1. **Direktabsaugung Brenner:** Die komplexeste Entwicklungsaufgabe ist die Abluftabsaugung und –Führung an den Brennern, unter Verzicht auf die bisherigen Essen. Diese direkte Kopplung ist technologisch sehr anspruchsvoll, da im Sinne eines hohen Wirkungsgrades die Wärmerückgewinnung direkt an den Öfen auf möglichst hohem Temperaturniveau der Brennerabgase erfolgen soll.
2. **Absaugung Flamme und Ofenausgang:** Bei den beiden anderen Absaugungen (Sicherheits-Flamme sowie Materialausgang des Ofens) sollen die Essen möglichst direkt mit der Abgasabführung verbunden und anhand von Prozesskennwerten geregelt werden.
3. **Rückführung Wärme aus der Härteöl-kühlung:** Die Abwärme der Ölbäder, ist ebenfalls in die Wärmerückgewinnung einzubeziehen.
4. **Regelung:** Dies ist eine regelungstechnische Dilemma-Situation mit konkurrierenden Optimierungsstrategien: Einerseits wird die Regelung der Ofen-Brenner auf optimalen Gasverbrauch und gleichzeitig auf Einhaltung der Solltemperatur ausgerichtet. Und andererseits ist die Abluftsteuerung „über den Öfen“ im Hinblick auf maximalen Wärmerückgewinnungsgrad auszurichten.
5. **Die Nutzung der gewonnenen Abwärme** soll in der Beizerei / Galvanik und im Brauchwasserbereich realisiert werden. Vier Beizbecken sollen auf ihre Betriebstemperatur vorgeheizt werden. Weiterhin soll Brauchwasser in drei bestehenden Brauchwasserkesseln erwärmt werden. Über evtl. darüber hinausgehende Überschuss-Wärme nach Nutzung in der Heizung ist im Laufe des Projektes zu entscheiden.

Diese Gesamtkonstellation ist in der Branche häufig anzutreffen. Hierfür eine modellhafte Branchen-Lösung aufzubauen, stellt einen fortschrittlichen Stand der Technik dar.

2.3 Umsetzung des Vorhabens

2.3.1 Bereich Abluft

Die Konzeption wurde von Mitte 2014 bis Ende 2017 umgesetzt. Alle Arbeiten, die baulichen Vorbereitungen, die Herstellung der Zulieferungen, die Installation im Werk und die Inbetriebnahme und Optimierung erfolgten parallel zum laufenden Produktionsbetrieb. Es gab wegen der Komplexität der Lösung mehrere Fehler an Lieferungen sowie Störungen im Zeitablauf, die behoben werden mussten.

Im Folgenden werden die hauptsächlichen Komponenten des Systems kurz erläutert.

2.3.2 Technische Daten der Abluft-Anlage

Technische Daten der Gesamtanlage	
Absaugvolumenstrom Ventilator	10.000 m ³ /h
Delta Pt im Betriebspunkt	2.500.Pa

inst. Leistung Ventilator	11 kW
Spannungen / Frequenz	400 VAC
Wärmetauscher Volumenstrom	10.000 m ³ /h
Maximale Abgastemperatur	Max. 300 °C
Maximale Tauscherleistung	Max 600 kW
Grundfoss Hocheffizienz Umwälzpumpe (Hauptkreis)	12 m ³ /h 0,8 kW 230 V AC
Wilo Hocheffizienz Pumpen (Beizerei-Heizungskeller)	0,1 – 0,4 kW 230 V AC

2.3.3 Absaugventilator

Der Absaugventilator ist elektromotorisch angetrieben, bei dem durch Drehung des beschauften Laufrades der erforderliche Luftvolumenstrom durch Erzeugung eines bestimmten Unterdrucks gefördert wird.

Technische Daten des Absaugventilators	
Typ	HL 70 - 710 x 224 7°
Luftvolumenstrom im Betriebspunkt	10.000 m ³ /h
Delta Pt im Betriebspunkt	1.800.Pa
Leistungsbedarf	11 kW
Gewicht	70 kg
Werkstoff: Stahlblech; Wandstärken bis zu	8 mm

2.3.4 Wärmetauscher

Im Tauschergehäuse sind der Wärmetauscher und ein Tropfenabscheider untergebracht.



Bild 8: Luft-Wasser-Wärmetauscher (Darstellung ohne Gehäuse)

Der Wärmetauscher besteht aus gewendelttem Kupferrohr mit aufgesetzten Aluminium Lamellen, worüber die Wärmenahme aus dem Abgas in den verbraucherseitigen Wasserkreislauf ermöglicht wird.

Strömt das heiße Abgas durch den Wärmetauscher, kühlt das Abgas ab und es entsteht ein Kondensat in Form kleiner Wassertropfen. Das Kondensat wird am Boden des Gehäuses gesammelt und über eine Abflussleitung ausgetragen.

Der Tropfenabscheider aus fein gewebtem und mehrlagig aufgebautem Drahtgestrick dient als Vorabscheider für eventuelle Verunreinigungen im Abgas um den Wärmetauscher vor Verschmutzung zu schützen. Sollte durch Ablagerungen, bzw. Verschmutzungen am Drahtgestrick oder am Wärmetauscher der Druckverlust stark ansteigen, wird dies über eine entsprechende Warnmeldung am Touch-Panel im Schaltschrank angezeigt. Sollte eine solche Meldung auftauchen so kann die Reinigung des Drahtgestrickes durch Entnehmen und Reinigen mit Wasser (Dampfstrahler) erfolgen.

2.3.5 Verschluss- und Drosselklappen

Mehrere Verschluss- und Drosselklappen dienen im System zur Steuerung der Stoffflüsse (Abgas, Frischluft) in verschiedenen Betriebszuständen, zur Wartung etc. An den Drosselklappen ist jeweils ein Stellmotor angeschlossen. Der Stellmotor benötigt max. 30 Sekunden zum Öffnen und Schließen der Klappen. Bei Defekt eines Stellmotors ist eine manuelle Betätigung möglich.

2.3.6 Plattenwärmetauscher

In der Beizerei wird das auf 90 °C erwärmte Wasser auf die vier Beizbäder verteilt und sorgt für deren Erwärmung. Das Heißwasser gibt seine Wärme über einen Plattenwärmetauscher je Beizbad an das jeweilige Medium des Bades ab.

Solange die drei Härteöfen produzieren steht genügend Wärmeenergie zur Verfügung. Fallen einer oder mehrere der Härteöfen aus, z.B. wegen fehlender Aufträge oder wegen Störung oder turnusmäßiger Überholung, bleibt die Versorgung mit der recycelten Energie aus, und die bisherige Gasbeheizung muss wieder in Aktion treten.

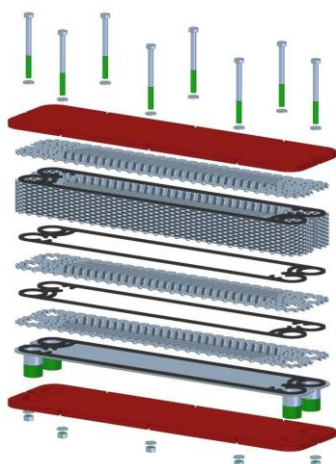


Bild 9: Aufbau eines Plattenwärmetauschers

Technische Daten der Plattenwärmetauscher

Leistung: 120 - 300KW
Tauscherfläche: 1,4 - 3,5m²

Anschluss: 1"- 2"
Material: Edelstahl Gewicht: 35-73Kg

2.3.7 Schaltschrank

Im Schaltschrank sind alle funktionalen, elektrisch auswertbaren und steuerbaren Signale miteinander verknüpft. Die Verknüpfung der Signale übernimmt eine SPS. Die Ausgangssignale werden optisch auf einem 7" Touch-Panel angezeigt und können von dort entsprechend auf die gewünschten Betriebszustände eingestellt werden.

2.3.8 Funktion der Steuerung

Angesteuert wird die Gesamtanlage von einer Siemens SPS.

Die Drehzahl des Absaugventilators wird durch einen Frequenzumrichter den unterschiedlichen Betriebszuständen angepasst: Die Brennerabgase der Öfen werden kontinuierlich abgesaugt. Der Betrieb des Ventilators wird über eine Luftstromüberwachung mittels Differenzdruckschalter überwacht. Fällt der Ventilator aus oder kann nicht genug fördern, gibt der Schaltschrank eine Störung mittels Signalton und optischer Anzeige aus (Klartextmeldung: „Störung Ventilator“).

Die WRG-Filter werden ebenfalls mittels Differenzdruckdosen überwacht, welche den Verschmutzungszustand der Demistoren (Tropfenabscheidern) und des Wärmetauschers überwachen. Falls der eingestellte Differenzdruck an einem der Filter überschritten wird, erfolgt eine Meldung im Schaltschrank mittels Signalsäule und einer Klartextmeldung auf dem Touch-Panel in der Schaltschranktür (Filterwartung). Eine Reset -Taste ermöglicht das Zurücksetzen des Alarms.

Der Ventilator lässt sich mittels Taster auf dem Touch-Panel (im Modus manuell) ein- bzw. ausschalten. Die Betriebszustände des Ventilators (Betrieb, Motorstörung) werden mittels Meldung ebenfalls auf dem Touch-Panel in der Schaltschranktür angezeigt. Ein Hand/Automatikschalter ermöglicht die Vorwahl der Betriebsart.

Im Automatikbetrieb werden sämtliche Betriebszustände durch die Temperatursensoren in der Abgasleitung gemessen und entsprechend angesteuert. Im Handbetrieb können die Klappen mittels Schalter auf dem Touch-Panel auf-, bzw. zugefahren werden. Der Betriebszustand wird hier Mittels grüner Hinterlegung angezeigt.

2.3.9 Wärmemengenzähler

Zur Nachvollziehbarkeit der übertragenen Energien ist die WRG aus den Abgasen mit einem hochpräzisen Ultraschall-Wärmemengenzähler ITron CF51 ausgestattet.

Dieser befindet sich in der Hauptrohrleitung unmittelbar hinter dem Wärmetauscher und vor dem Warmwasser-Pufferspeicher.



Bild 10: Wärmemengenzähler ITron CF51

2.3.10 Bereich Warmwasser und Raumheizung

Aus dem erhitzten Öl der drei Abschreckbäder wird mittels je eines Öl-Wasser-Wärmetauschers die Wärme entnommen, die zur Gaseinsparung für die Raumheizung und Brauchwasserversorgung benötigt wird.

Hier sind aus internen Gründen keine Zähler installiert.



Bild 11: Die von AAN gelieferten Öl-Wasser- Wärmetauscher

Diese Wärmetauscher entnehmen dem erhitzten Härteöl der Ofenanlagen die Wärme, und diese dient zur Anhebung der Vorlauftemperatur der drei Brauchwasserkessel.



Bild 12: Die neuen Kessel der Brauchwasserversorgung

2.4 Behördliche Anforderungen

Spezielle behördliche Anforderungen und Genehmigungen waren nicht einzuholen, lediglich die üblichen Angaben zur Konformitätserklärung.

Konformitätserklärung

Die Firma Dipl.-Ing. Werner Block L u F T Luft- und Filter - Technik Lange Reihe 170 D - 59071 Hamm Fon: (+49) 23 81 / 48 97 98 - 0 / fax: (+49) 23 81 / 48 97 98 - 99 / E-Mail: info@l-u-f-t.de

erklärt, in alleiniger Verantwortung, dass die nachfolgend bezeichnete Maschine aufgrund ihrer Konzipierung und Bauart, sowie in der von uns in Verkehr gebrachten Ausführung den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der EG-Richtlinie entspricht. Bei einer nicht mit uns abgestimmten Änderung der Maschine verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.

Anlagenart :	Wärmerückgewinnungsanlage für Vergütung Peiner Umformtechnik GmbH, Woltorfer Str 20, 31224 Peine
Type / Auftrags-Nr.:	4500019241 / 09.09.2014
Zeichnungs-Nr. :	- - -
Vorschriften: Richtlinie 89/392/EWG - EG-Richtlinie Richtlinie 98/37 - EG-Maschinenrichtlinie Sowie den weiteren zutreffenden und anzuwendenden Richtlinien: Richtlinie 73/23 EG - Niederspannungsrichtlinie Richtlinie 89/336 EG - EMV-Richtlinie Das Produkt wurde in Übereinstimmung mit nachfolgenden harmonisierten Normen hergestellt: DIN EN 12100-1+2 4:2004 - Sicherheit von Maschinen DIN EN 1037 4:1996 - Sicherheit von Maschinen; Vermeidung von unerwartetem Anlauf DIN EN 1050 1:1997 - Sicherheit von Maschinen; Leitsätze zur Risikobeurteilung DIN EN 61000-6-2 4:2002 - Elektromagnetische Verträglichkeit; Fachgrundnorm Störfestigkeit, Industriebereich DIN EN 60034-1 1:1996 - Drehende elektrische Maschinen DIN EN 60204-1 11:1998 - Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen DIN EN 60529-1 9:2000 - Schutzarten durch Gehäuse / IP-Code DIN EN 61000-6-4 8:2002 - Elektromagnetische Verträglichkeit	

2.5 Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Die Erfolgskontrolle erfolgt anhand von energierelevanten Kennwerten, die zum Start des Projektes und gegen Ende an den relevanten Stellen im Energiefluss vorgenommen werden. Dies sind i.W. die Gasverbräuche der Heizerei und der Brauchwasserkessel. Dazu sind die Auslastungsdaten der Industrieöfen festzuhalten, um den Zusammenhang mit der Gasverbrauchseinsparung zu kontrollieren.

Ist-Zustand vor Installation der WR-Anlage

In der folgenden Schemaskizze sind die im Projekt behandelten Anlagenteile skizziert:

- Quellen: Als Abwärmequellen sollen das Brennerabgas der drei Ofenlinien sowie das heiße Öl der drei Abschreckbäder genutzt werden (links im Bild).
- Senken: Zwei Verbraucher („Senken“) sollen von der Abwärme profitieren, nämlich die Beizerei und die Raumheizung und die Sozialräume.

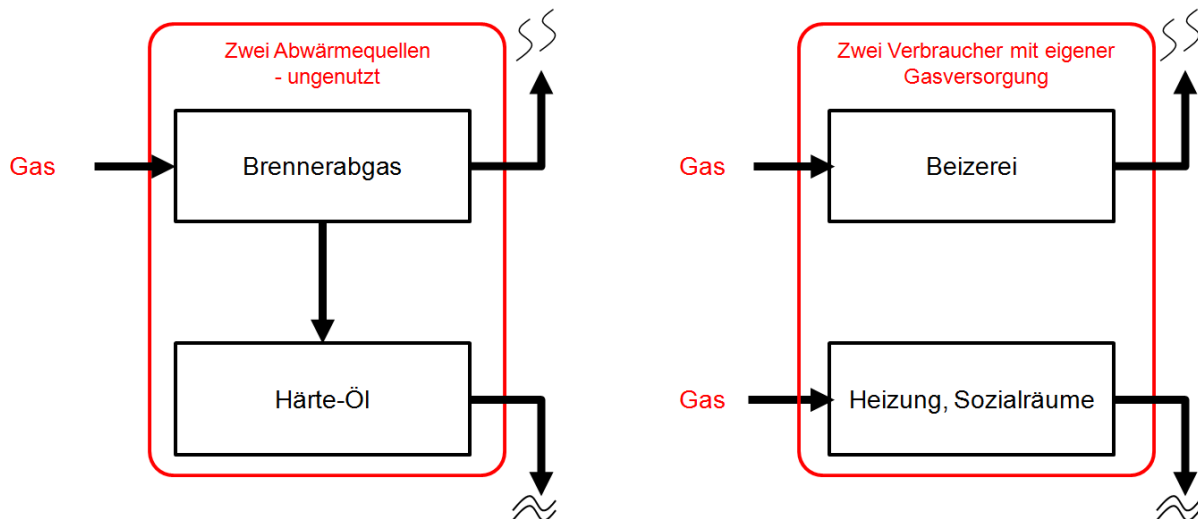


Bild 13: IST-Zustand der im Projekt behandelten Anlagen

Die Aggregate in diesen 4 Bereichen wurden zur Wärmerückgewinnungs-Anlage verbunden.

Soll-Zustand der WR-Anlage

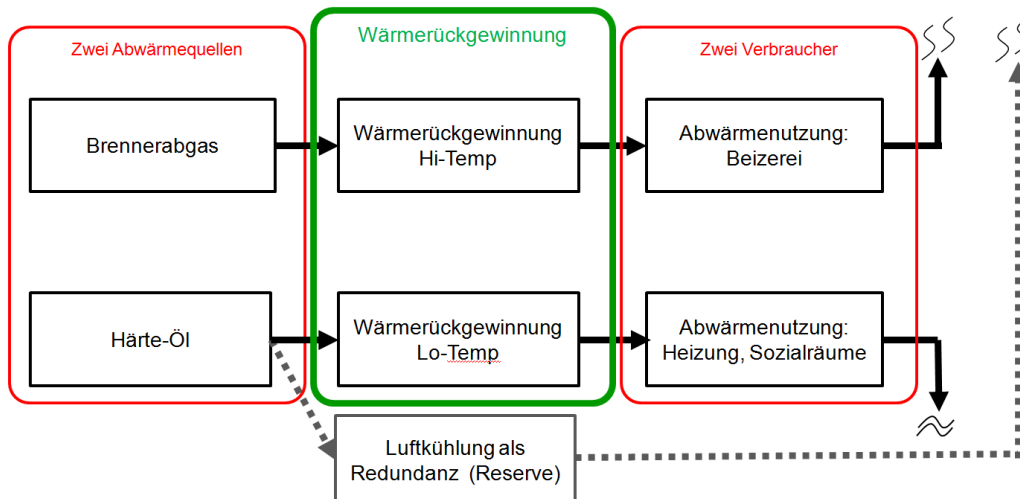


Bild 14: Blockschaftbild des Systems zur Wärmerückgewinnung (WR) und -Nutzung

Die Abwärme der beiden Abwärme-Quellen wird durch das installierte WR-System „eingesammelt“, dann in die beiden Verbraucher „Beizerei“ und „Heizung / Sozialräume“ geleitet und dort über Wärmetauscher in die bestehenden (bisher ausschließlich Gas-beheizten Verbraucher-Anlagen) eingespeist.

Dabei besteht die Wärmerückgewinnungsanlage aus zwei „Strängen“,

- einmal dem Bereich Hi-Temp, der sich aus der ca. 150 °C heißen Abluft der drei Öfen (Linien) speist und das HI-Temp Wasserreservoir auf ca. 90°C aufheizt,
- und zum zweiten dem Bereich Lo-Temp, der sich aus der Energie speist, die dem nur ca. 80 °C heißen Abschreck-Öl durch das fortlaufende Einbringen der glühenden Stahlteile zugeführt wird.

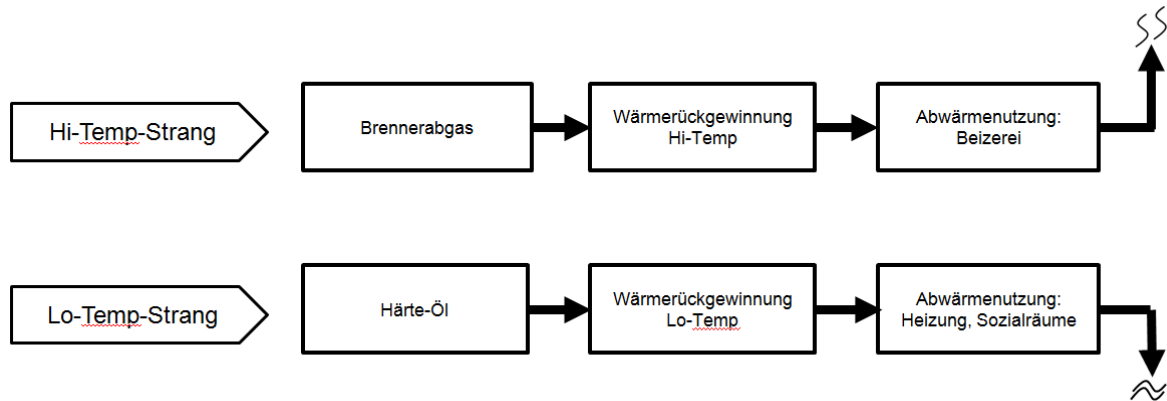


Bild 15: Die zwei Stränge der Wärmerückgewinnungs-Anlage

In beiden Bereichen/Strängen („Brennerabgas – Hi-Temp“ und „Härteöl -Lo-Temp“) wird die gewonnene Abwärme mittels Wärmetauscher in je ein Warm-Wasser-Reservoir eingespeist, von wo aus die jeweiligen Verbraucher beschickt werden.

Einsparungen können in diesen beiden Bereichen („Beizerei“ und „Heizung / Sozialräume“) erreicht werden: Soweit die WR-Anlage Wärme an diese Verbraucher abgibt, werden deren Gasheizungen nicht benötigt und abgeschaltet.

Dies führt zu der gewünschten Reduzierung der jeweiligen Gasverbräuche. Hierin besteht die Wirtschaftlichkeit der WR-Installation.

Messgrößen für den Projekterfolg

Als Messgröße für den Projekterfolg sind jeweils geeignete Verfahren anzuwenden. Dies sind einmal:

1. die Gasverbräuche des Dampferzeugers der Beizerei für die bearbeiteten Tonnagen Stahl („Beizerei“) und dann
2. die eingespeiste Energie aus der Wärmerückgewinnung aus dem Härteöl in die Heizungen und Warmwasserzubereitungen für die Büro- und Sozialräume.

Zwei alternative Messverfahren

Es gibt zwei prinzipielle Verfahren zur Bestimmung des Erfolges der WR-Anlage: den langfristigen Vergleich der Energieverbräuche „vorher – nachher“, also vor und nach der Installation der WR-Anlage und dann die kurzfristige Zeitpunktbetrachtung „WR an und aus“.

Messverfahren 1 „vorher – nachher“ (Langfrist)

Die Reduzierung sollte zunächst über einen längeren Zeitraum „vorher – nachher“ betrachtet werden. Also mehrere Monate vor Installation der Anlage und mehrere Monate nach Installation der Anlage.

Bei dieser Art der Erfolgsmessung kommen allerdings erhebliche interne und externe Einflussgrößen ins Spiel, die die Ergebnisse beeinträchtigen! Z.B.

- saisonale und auftragsbedingte Schwankungen der betrieblichen Auslastung (z.B. durch die für längere Zeit in 2016 außer Betrieb befindliche Ofenanlage der Vergütungsline 1).
- Jahrgang der Außentemperaturen. W
- Weitere technische Veränderungen an den Installationen im Zeitablauf während des Projektablaufs.

Um diese Effekte einigermaßen auszuschalten, haben wir die Gasverbräuche auf die erzeugten Massen und Mengen der Verbraucher bezogen. Nur so kann evtl. **aus Langfrist-Messungen** ein annähernd reales Abbild der Einsparungen gewonnen werden.

2.5.1 Ergebnisse

Der Stand der Effizienzmessungen umfasst 4 Bereiche:

A Langfristvergleich im Bereich Hi-Temp „Beize“:

Der erste Bereich der Effizienzmessung, die Langfristmessung im Bereich Hi-Temp liegt vor und wird im Folgenden dargestellt.

Die Ergebnisse sind allerdings zu sehr durch Betriebsbedingungen überlagert und daher nicht aussagekräftig für die Bewertung der Anlage.

Von den in der Beizerei befindlichen ca. 8 beheizten Bädern sollten die folgenden **vier** Bäder an das WR-System angeschlossen werden (Details der Bäder siehe Anhang 2):

Bad 1 Entfetten, Entphosphatieren, Abkochen (75°C)

Bad 4 Beizen (65 °C)

Bad 8 Vorspülen (40°C) und

Bad 11 Neutralisieren (75 °C).

Die Beizereibäder wurden bisher durch einen gasbefeuerter Dampferzeuger auf ihre Solltemperatur gebracht. Die WR-Anlage ersetzt bzw. unterstützt diese Gasbefeuerung aus der gespeicherten Energie im 90°C Wasserspeicher.

Auswertung und Visualisierung der Messdaten

Die Gasverbräuche im Bereich „Beizerei“ wurden über einen längeren Zeitverlauf während und nach der Installation aufgezeichnet. Dabei traten starke Schwankungen zu Tage, die der Erläuterung bedurften und die keinen Rückschluss auf die Intensität der Wärmerückgewinnung erlaubten.

Um die Gaseinsparung durch die WR zu bewerten, waren die gemessenen Daten in auf die in der Beizerei behandelten Stahlmengen zu beziehen³. Diese Daten waren ebenfalls erfasst worden.

Das folgende Bild zeigt den Verlauf des spezifischen Gasverbrauchs der Beizerei über die Jahre 2014 – 1. JH 2017.

Anmerkung: Die Gasverbräuche der Härteöfen der Vergütelinien sind für die Erfolgsberechnung des WR-Projektes nicht von Belang, denn hierin wird keine zurückgewonnene Wärme eingespeist; die bisherige Gasbeheizung der Öfen bleibt voll erhalten.

Basis: die Grunddaten PUT für 2014, 2015, 2016 und 1. HJ 2017 ⁴

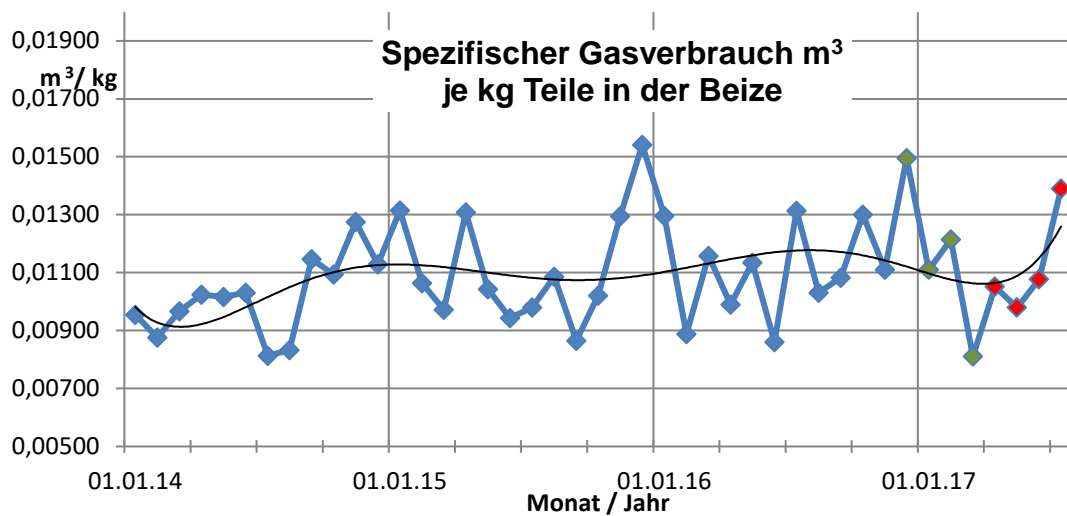


Bild 16: Spezifischer Gasverbrauch der angeschlossenen Beizbäder

Kurvenanalyse

Man erkennt am Verlauf der Kurve, dass erst im 1. Quartal des Jahres 2017 der spezifische Gasverbrauch deutlich zurückgeht. Das entspricht den Erwartungen an das System.

Jedoch steigt der Verbrauch im zweiten Quartal 2017 wieder ebenso deutlich an. Dieser Wieder-Anstieg konnte bislang noch nicht erklärt werden. Aus heutiger Sicht könnten Gründe z.B. sein:

- a) die im unteren erkennbare rückläufige Auslastung der Beizerei im zweiten Quartal 2017 und
- b) die rückläufige Auslastung der Vergüterei (Bild 18) im gleichen Zeitraum, wodurch das Angebot an rückgewonnener Wärme zurückgeht, die den Gasverbrauch der Beizerei entlasten sollte.

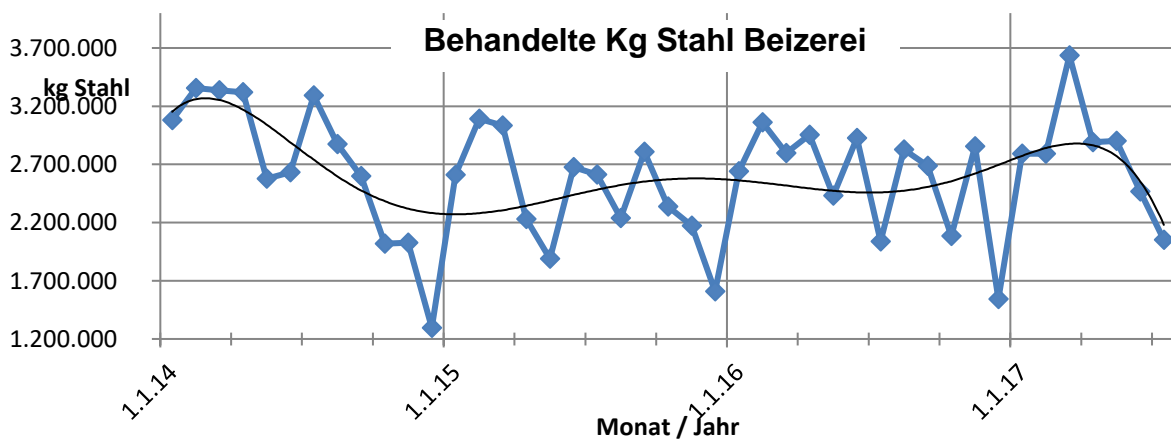


Bild 17: Behandelte Tonnage Stahl in der Beizerei stark schwankend

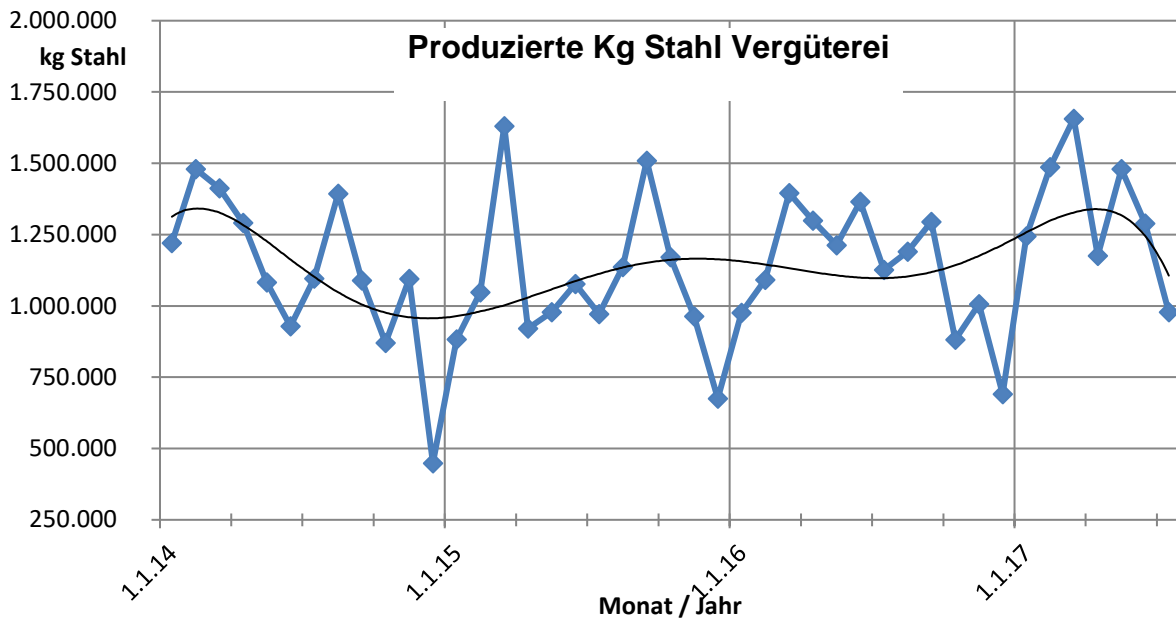


Bild 18: Tonnage Stahl in der Vergüterei stark schwankend

Soweit die Auswertung der erhaltenen Verbrauchsdaten nach dem Messverfahren 1, der Vergleichsbetrachtung „vorher-nachher“ im langfristigen Zeitverlauf 2014 – 2017.

B Langfristvergleich im Bereich Lo-Temp „Sanitär“:

Der Langfristvergleich konnte mangels erfasster Anfangs-Daten nicht durchgeführt werden.

Daher war es erforderlich, die oben angeführte Kurzfrist-Messung „WR an und aus“ durchzuführen. Also der kurzfristige Vergleich mit eingeschalteter und mit ausgeschalteter WR-Funktion.

Auch hieraus ergibt sich ein Kennwert für die Einsparungsleistung der WR-Anlage. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass jahreszeitliche Änderungen und Änderungen der Rand- und Betriebsbedingungen während der kurzzeitigen Messdauer ausgeschlossen sind. Dadurch ist dieses Verfahren genauer als das obige Verfahren 1.

A Bereich Hi-Temp (Beize):

Als Verbraucher der rückgewonnenen Wärme aus dem Ofenabgas wurden in der Beizeerei insgesamt 4 Beizbäder angeschlossen. Der Anlagenaufbau ist mit den 8 vorhandenen Beizbädern und den an die WR-Installation angeschlossenen 4 Bädern (siehe Bild) dargestellt.

Bisher ist ein Dampferzeuger (Stadtgas) zur Beheizung der 8 Bäder vorhanden. Die vier nun an die WR angeschlossenen Bäder 4,5,8 und 11 bekamen je einen eigenen Wärmetauscher, speziell an das Medium angepasst.

Die Einsparung durch die WRG wurde anhand des Gasverbrauchs am Dampferzeuger bestimmt. Der Gasmengenzähler ist unten links im Bild angedeutet.

Es wurde einmal 4h **ohne** WRG gemessen und einmal **mit** WRG. Ohne WRG läuft die Anlage normal, komplett per Dampferzeuger gespeist. Wenn nun die WRG hinzugeschaltet wird, steigt die Temperatur in den angeschlossenen Bädern, und die Steuerung regelt den Dampferzeuger ab. Dies – so lange, wie die Energie aus der WRG die Temperatur der Bäder konstant hält.

Hieraus ergibt sich die Einsparung.

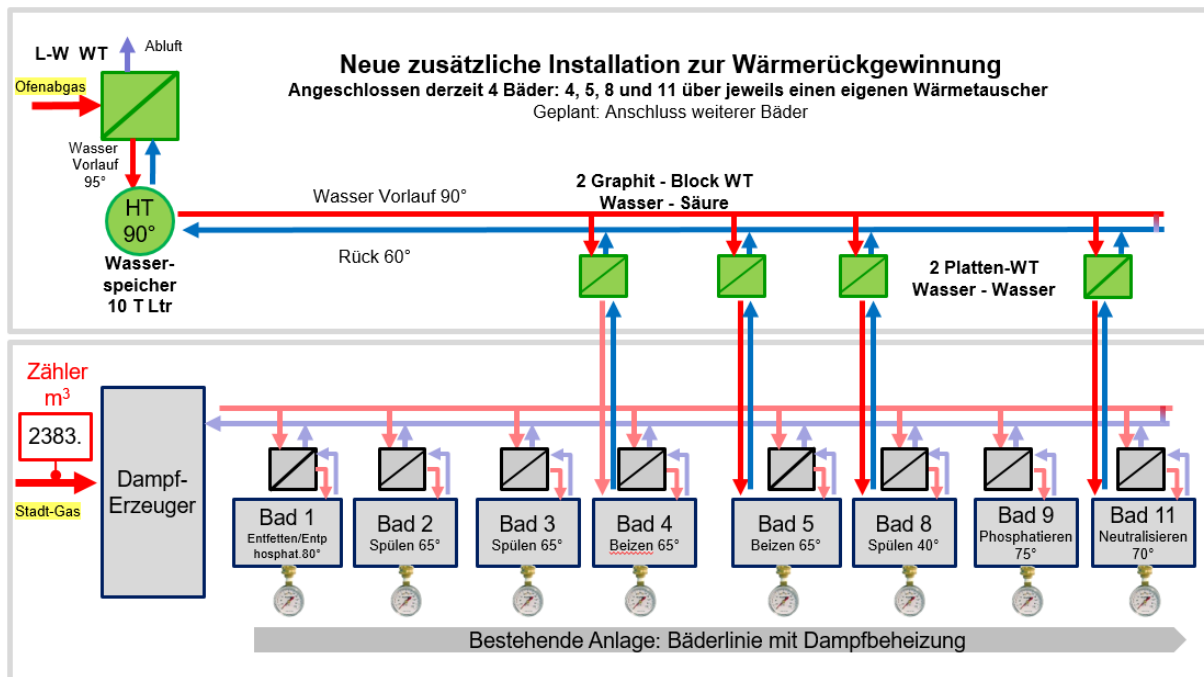


Bild 19: Der Anlagenaufbau in der Beizerei mit Wärmerückgewinnung

Der Mess-Ablauf:

1. Bei beiden Messreihen wurde die gleiche Tonnage (jeweils 16 Chargen) eingehalten.
2. Bei beiden Messreihen zum Start und nach den 4 h den Gasverbrauch am Gaszähler des Dampferzeugers ablesen.
3. Aus der Differenz der Gasverbräuche bei Messung A und Messung B lässt sich die Einsparung durch die WR ausrechnen.

Für die Dauer der Versuchsfahrten wurden die Dampfheizungen der vier an die WRG angeschlossenen Bäder manuell abgeschiebert.

Zum Verhalten dieses geregelten Systems: Die Dampfheizung, zusammen mit der WRG-Anlage der 4 Bäder stellen sicher, dass jedes Bad auf der Solltemperatur gehalten wird (Aufwärmen des Beizgutes vom davorliegenden Bad, Abstrahlverluste, Verdampfungsverluste etc.).

Wenn die Heißwassermenge des Pufferspeichers nicht ausreicht, um über die 4 Stunden die 4 Bäder ausreichend heiß zu halten, wird die Dampfheizung automatisch hinzugeschaltet: Der Gasverbrauch der Bäder-Linie steigt, und die WR-Einsparung sinkt.⁵

Das Messergebnis zur Einsparung:

Messdauer je 4h	Gaszähler des Dampferzeugers		Einsparungen			
	Zählerstand in m ³	Verbrauch in m ³ je 4h	Gas- Einsparung in m ³ je 4h	Gas- Einsparung in m ³ je h	WRG- Leistung in kWh/h	Prozentuale Energie- Einsparung in %
01.10.2019 ohne WRG	827.040	226	167	42	368	74%
	827.266					
02.10.2019 mit WRG Bäder 4,5,8 und 11	827.879	59				
	827.938					

Bild 20: Die Einschaltung der WRG spart 74% des Gasverbrauchs in der Beizerei (beim Dampferzeuger)

Während der Messfahrten wurde die Temperatur der Bäder geprüft, und das Personal gab zu Protokoll, dass die Temperatur der per WRG versorgten Bäder konstant blieb.

Betriebsbedingungen der Messung: Nur die beiden kleinen Vergütelinien (Linie 1 und Linie 2 mit je einer Durchsatzleistung von 1.000 kg/h) waren als Energielieferant in Betrieb. Diese beiden Linien liefern zusammen die Hälfte der potenziellen Gesamt-Ofen-Abwärme.

Schlussfolgerungen:

1. Das Funktionieren der WRG-Anlage ist nachgewiesen.
2. Die installierte WRG-Anlage liefert genügend Energie, um die 4 angeschlossenen Beizbäder mit Wärme zu versorgen und somit den Gasverbrauch des Dampferzeugers um etwa **drei Viertel** zu senken.

⁵ Zum Verhalten dieses geregelten Systems: Die Dampfheizung, zusammen mit der WRG-Anlage der 4 Bäder stellen sicher, dass jedes Bad auf der Solltemperatur gehalten wird (Aufwärmen des Beizgutes vom davorliegenden Bad, Abstrahlverluste, Verdampfungsverluste etc.).

Wenn die Heißwassermenge des Pufferspeichers nicht ausreicht, um dauerhaft die 4 Bäder ausreichend heiß zu halten, wird die Dampfheizung automatisch hinzugeschaltet: Der Gasverbrauch der Bäder-Linie steigt, und die WR-Einsparung sinkt.

3. Der nachgewiesene hohe Einsparungswert von 74 % erklärt sich dadurch, dass die 4 angeschlossenen Bäder 4,5,8 und 11 diejenigen mit hohem Wärmebedarf sind, während die restlichen 4 Bäder weniger Energie verbrauchen.
4. Wenn (bei hoher Betriebsauslastung) die Vergütelinie 3 mit ihren 2.000 kg Vergüteteistung ebenfalls in Betrieb ist, steht die doppelte Energie im Ofenabgas für die WRG zur Verfügung. Es ist also ein erheblicher Überschuss gegeben. Dieser Energie-Überschuss wird bei der derzeitigen Anlagenkonfiguration über das Hallendach abgeblasen.
5. Dieser Überschuss stellt anlagentechnisch gesehen Reserven dar, die später an anderer Stelle im Betrieb, z.B. an weiteren Bädern, an weiteren Heizkesseln oder an weiteren Verbrauchern eingespeist werden können.

Hinzu kommen noch die Einsparungswerte aus dem Bereich Lo-Temp, die im Folgenden beschrieben werden.

B Bereich Lo-Temp (Warmwasser / Heizung)

Es wurde die aus dem Niedrig-Temperatur-Wasserspeicher in die Raum-Heizung und Sozialräume abgegebene Wärmemenge anhand von Wärmemengen-, Temperatur- und Volumenstrom-Sensoren eingangs der Heizungs- und Sozialraum-Installationen gemessen.

Gemessen wurde mit einem Ultraschall-Wärmemengenmessgerät über 24 Stunden.

Die Messung fand am 17. und 18. Juni 2019 statt.

Da noch keine Heizperiode war, wurde die wiedergewonnene Wärme allein für das Waschen und Duschen, nicht aber für die Raumheizung verbraucht.

Ergebnis „Sommer“: Die vom WR-System gelieferte Wärme reichte aus, um alle Verbraucher mit gewohnt heißem Wasser zu versorgen. Die bestehenden Gasbrenner schalteten sich nicht ein.

Die genutzte Wärmemenge wurde mit **56,87 kW** ermittelt, siehe Bild 21.

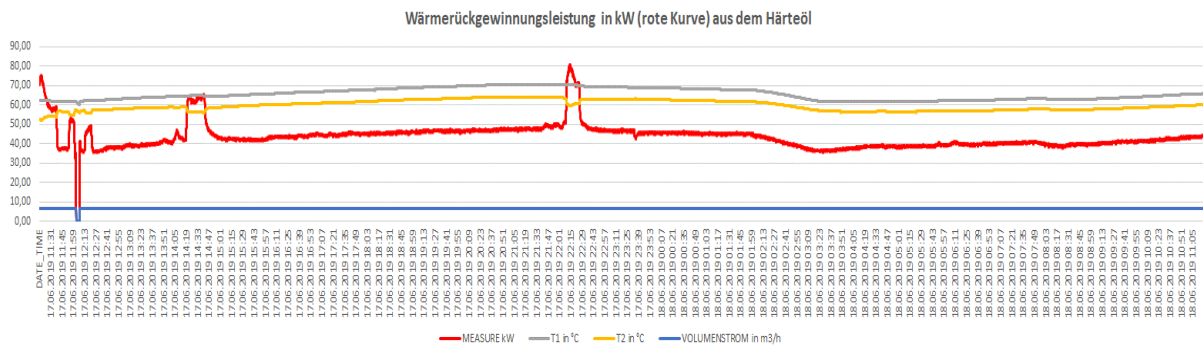


Bild 21: Messprotokoll der WR—Leistung (rote Kurve) über 24 Stunden
Die Ergebnisse lauten für die Messdauer von 24h (gemittelte Werte):

WR-Leistung / Sommer	56,87 kW
Volumenstrom	6,45 m ³ /h
T1	63,9 °C
T2	56,2 °C
Rückgewonnene Wärmeenergie (24 h)	1044,51 kWh /Tag

Die Messtechnik war hinreichend genau, was man aus den Kurvenverläufen der WR-Leistung (rote Kurve) erkennt, u.a. zu den Zeiten der Schichtwechsel.

Randbedingung: Nur zwei der drei Vergütelinien liefen: Aichelin 1 und Aichelin 2 mit je einer Tonnage von 1.000 kg je Stunde. Die Linie Aichelin 3 mit einer Tonnage von 2.000 kg je Stunde war derzeit außer Betrieb. So stand die Energie im Härteöl als Abwärmequelle nur zu 50% zur Verfügung.

Ergebnis „Winter“ Eine Aussage über die Funktion der Anlage während der Heizperiode liefert die Beobachtung der zuständigen Mitarbeiter, für die Wintermonate 2018/2019 zu Protokoll gaben, dass **der gesamte Wärmebedarf, incl. der Raumheizungen** über die installierten Öl-Wasser-WT der WRG abgedeckt wurde.

Qualitative Betrachtung „Winter“: Eine interne Analyse zu den Verbrauchern im Bereich Heizung / Warmwasser etc. weist für das Jahr 2013 folgende Kennwerte aus: So beträgt die installierte Heizleistung der 10 Brenner gesamt 2058 kW. Die im WRG-Kreislauf angeschlossenen 3 Heizungen haben ein installierte Heizleistung von 707 kW. Das sind 34% der installierten Leistung.

Zum gesamten Energieverbrauch der 10 Heizungen in der Heizperiode geht man von einer Heizlast von 1.100kW und einer Heizzeit von 4.200 h/a aus. Dies ergibt einen Energieverbrauch von 4.620.000 kWh für alle 10 Heizkessel.

Setzt man den obigen Anteil von 34% aus der installierten Leistung in gleicher Höhe für die Heizlast der drei an die WRG angeschlossenen Kessel an, so beträgt deren anteilige Heizlast 374 kW. Diese Leistung könnte man die man in der Heizperiode über die WRG einsparen. Dies ergibt einen Energieverbrauch von 1.570.800,00 kWh/a (bei der angegebenen Heizdauer von 4.200h/a).

Anlage	installierte Leistg	Anteil	Heizlast Verbraucher	Heizperiode	Jahresverbrauch	Kosten-senkung €/a	CO ₂ Einsparung
	kW	%	kW	h/a	kWh/a	€/a	t/a
Insgesamt installiert: 10 Kessel	2.058	34%	1.100	4.200	4.620.000	138.600	1.160
an WRG angeschlossen: 3 Kessel	707		378		1.587.143	47.614	398

Bild 22: Abschätzung des Energieverbrauchs Heizung/Sanitär

Bei Kosten von 0,03 €/kWh Gas ergeben sich 47.124€/a an Einsparung allein aus der WRG für die 3 angeschlossenen Heizkreise. Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von knapp 400 t/a.

2.5.2 Fazit und Energiebilanz

Qualitative Bilanz: Das Messprogramm hat gezeigt, dass die Anlage in ihren gesamten Material- und Energieflüssen arbeitet.

Quantitative Bilanz: Es wurde im Messprogramm belegt, dass die angeschlossenen Verbraucher in den beiden WRG-Strängen von den Aichelin-Ofenanlagen **vollständig** mit der recycelten Energie aus dem Ofenabgas und dem Härteöl betrieben werden können.

WRG-Bereich Heizung / Sanitär								
Sommer-Periode				Messung Sommer 2019	Jahresstunden	Verbrauch Sommer-Per.	Kosten-senkung €/a	CO ₂ Einsparung
		0,03	0,251	kW	h/a	kWh/a	€/a	t/a
	an WRG angeschlossene 3 Kessel			56,87	3.644	207.234	6.217	52
Winter-Periode	Anlage	installierte Leistg	Anteil	Berechnete Heizlast	Heizperiode	Verbrauch Heizperiode	Kosten-senkung €/a	CO ₂ Einsparung
		kW	%	kW	h	kWh/a	€/a	t/a
	Insgesamt installiert: 10 Kessel	2.058	34%	1.100	4.200	4.620.000	138.600	1.160
an WRG angeschlossene 3 Kessel	707	378		1.587.143		47.614	398	
WRG-Bereich Beizerei								
Ganzjährig	an WRG angeschlossene 4 Bäder			Messung Okt. 2019	Jahres-Stunden	Jahres-Verbrauch /a	Kosten-senkung €/a	CO ₂ Einsparung
				kW	h/a	kWh/a	€/a	t/a
				368	7.488	2.753.211	82.596	691
WRG-Bereiche PUT								
Gesamtergebnisse des WRG-Projektes Peiner Umformtechnik 2013 -2019						Jahres-Verbrauch /a	Kosten-senkung €/a	CO ₂ Einsparung
						kWh/a	€/a	t/a
						4.547.588	136.428	1.141

Bild 23: Gesamte Einsparungsbilanz des WRG-Projektes

Die einzelnen Bereiche sind im vorigen beschrieben.

Randbedingungen der Messung und Ausblick

Dabei wurden die Messungen unter der erschwerenden Randbedingung durchgeführt, dass nur etwa die halbe Vergüte-Kapazität (nur Linien 1 und 2 mit zusammen 2.000 kg/h statt Linien 1 – 3 mit zusammen 4.000 kg/h) als Energiequelle zur Wärmerückgewinnung Verfügung stand!

- Bei den beiden gemessenen Einsparungswerten (Sommerwerte „Heizung / Sanitär“ sowie „Beizerei“) gibt es massive Reserven für weitere Effizienzsteigerungen, sobald die Vergütelinie 3 wieder in Betrieb genommen ist. Diese lassen sich auf rund weitere 500 t / a CO₂-Einsparung beziffern.
- Das System arbeitet zudem nicht an seiner Leistungsgrenze, sondern in einem Leistungsbereich weit unter der Belastungsgrenze.
- Für künftige Ausbaustufen stehen sowohl quellenseitig als auch verbraucherseitig genügend Anlagenteile im Werk zur Verfügung.

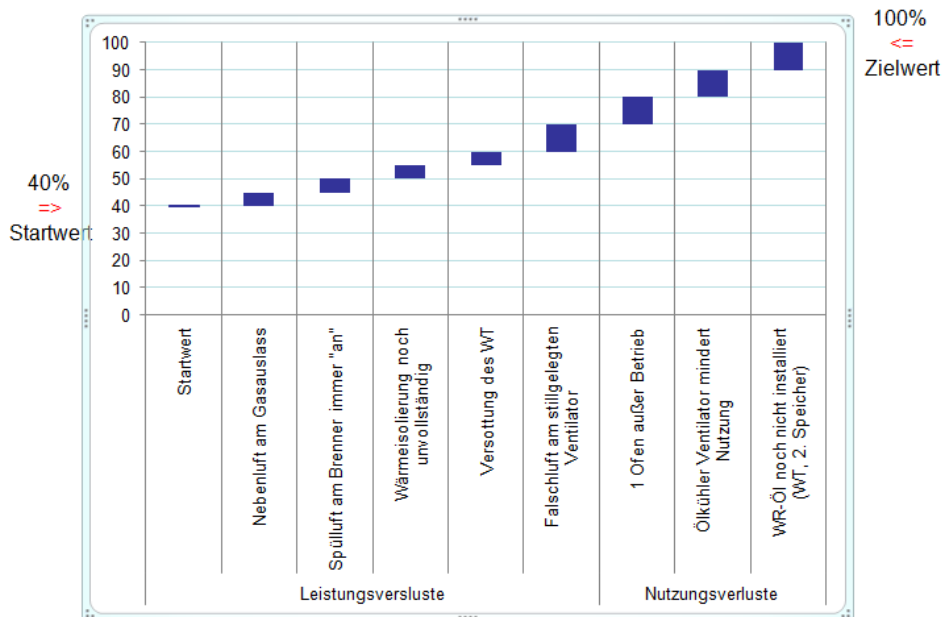
3 Bewertung der Vorhabensdurchführung

3.1 Zum Entwicklungs- und Installationsprozess

Es war zu erwarten, dass der spezifische Gasverbrauch der Beizerei nach Installation der WR-Anlage deutlich zurückgeht, denn die Gasheizung der Bäder wird erst dann zugeschaltet, wenn die aus der WR-Anlage eingespeiste Wärmemenge nicht zur Erreichung der Solltemperaturen der Beiz-Bäder ausreicht.

Die Installation der WR-Anlage erfolgte 2015 und 2016, wobei in diesen beiden Jahren Erfolge der Wärmerückgewinnung noch nicht erzielt werden konnten. Dies lag daran, dass anfangs kaum 50% der erwarteten Rückgewinnungsrate erreicht wurden.

Daraufhin wurden mögliche Problemursachen identifiziert und hinsichtlich ihrer Gewichtung analysiert, siehe nächstes Bild.



Stand 5.11.2015

Bild 24: Problemursachen für die anfänglich schwache Wärmerückgewinnungsrate

Mehrere Monate lang wurde daraufhin in Zusammenarbeit PUT, L-U-F-T, AAN und Deneke diese Folge von erforderlichen Problemlösungen umgesetzt, wobei jeweils kleinere Verbesserungen der Rückgewinnungsrate eintraten.

Dennoch wurde das Vorhaben mit einigen Projektverlängerungen erfolgreich zu Ende geführt, und überall im Werk sieht man die installierten WR-Anlagen.

3.2 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Bisher sind mehrere konventionellen Verfahren zur Energieeinsparung an Härtereianlagen bekannt geworden:

- Wand-Isolierung an den Öfen zur Energieeinsparung.
- Einsatz von Rekuperationsbrennern. Hier wird die anzusaugende Brennerzuluft ins Innere des Brenners geführt, durch Kontakt mit dem heißen Brennröhr vorgewärmt und dann erst zu der Flammstelle geleitet.
- Nur Einzelaggregate zur Energieeinsparung ausgenutzt, z.B.
 - die Nutzung der Abwärme aus den Ölbädern
 - an jedem Brennerabgasrohr wird ein kleiner Luft-Wasser-WT angebracht, die erwärmten Wassermengen werden gesammelt und einem Pufferspeicher zugeführt. Nachteile: hoher apparativer Aufwand; Wärmeübertragung nur über Wärmeleitung durch die Wandung des Abgasrohres.
 - An alten Anlagen wird Frischluft nach dem Injektorprinzip direkt am Brennerabgasstutzen zugeführt, um die Abgastemperatur gezielt auf unter 150°C zu senken, um damit die Abgasventilatoren zu schützen.

Was ist neu:

- Neu ist die erstmalig härterei-typische Verknüpfung der bestehenden Abwärmquellen und –Senken, die hier erstmalig realisiert wird: „Öfen – Beizbäder – Öl – Brauchwasser“.
- Vorteil: die Nachvollziehung durch andere Härtereibetriebe ist hierdurch erleichtert,

denn die Stoff- und Energieflüsse sind den nachvollziehenden Betrieben geläufig, und Verständnis und Akzeptanz ist hoch.

- Neu ist die systematische, quellnahe Erfassung der Abwärme unterschiedlicher Medien und unterschiedlicher Temperaturen in Verbindung mit einer direkten und effizienten Nutzung. Hierzu wird die Abwärme verschiedener Quellen „zweigleisig“ in Abhängigkeit vom jeweiligen Temperaturniveau in zwei unterschiedlichen Wärmespeichern gelagert und passenden Verwendungszwecken zugeführt.
- Neu ist auch die direkte hermetische Kopplung der Brennerabgasrohre an das Abgassammelsystem. Erst kurz vor dem Luft-Wasser-Wärmetauscher wird Frischluft zum Herabkühlen hinzugegeben, um den Wärmetauscher mit seinen Kupferrohren und Lötstellen nicht über 200 °C zu erhitzen.
- Die starke Verzweigung und Ausdehnung des Gesamtsystems über die nördliche Hälfte des Betriebes und die komplexe Nutzung der Abwärme.

4 Übertragbarkeit

4.1 Übertragbarkeit intern

Nachdem die Wirksamkeit des Projektes nachgewiesen wurde, können weitere Ausbaustufen in Angriff genommen werden. So werden weitere Abwärmequellen und weitere Wärmeverbraucher integriert, die ebenfalls einen Pilot-Charakter für eine Vielzahl Umformbetriebe haben.

Hierfür stehen als potente Energielieferanten im Vergüterei-Bereich 3 weitere Öfen zur Verfügung, die in der Abwärmeleistung etwa an die drei im Projekt behandelten Härte-Ofenlinien herankommen.

Als weitere Verbraucher stehen 4 weitere Bäder in der Beizerei sowie 6 Heizungsanlagen im Werk zur Verfügung.

Hinzu kann später die Maschinen-Abwärme der Umformpressen in der Presserei, der Gewindewalzmaschinen, der spanenden Bearbeitung u.a. kommen, sowie die Transportstrecken Absaugung der heißgepressten Produkte. Dies alles lässt sich dann mit der bereits bestehenden Struktur des Modellprojektes sinnvoll verbinden.

Das hiesige Projekt ist also nur ein Einstieg in eine noch viel umfangreichere Energieeinsparung.

Der Umfang und Umwelt-Nutzen des PUT-Projektes würde sich hierdurch verdoppeln, während die Grenzkosten nur etwa 60 – 70% der Kosten des Initialprojektes ausmachen. Letzteres, weil die Basis-Installationen bereits erbracht und bewährt sind, die teils mitbenutzt werden können (z.B. die Steuerung) und die Zukauf-Komponenten bei „Wiederholaufträgen“ erfahrungsgemäß preiswerter beschafft werden.

Von diesem Skaleneffekt der Lieferanten profitieren auch nachfolgende Unternehmen der Branche, wodurch die Geschwindigkeit der Verbreitung in der Branche zunimmt.

Mögliche Ausbaustufen der Wärmerückgewinnung

Szenario 2014– 2021

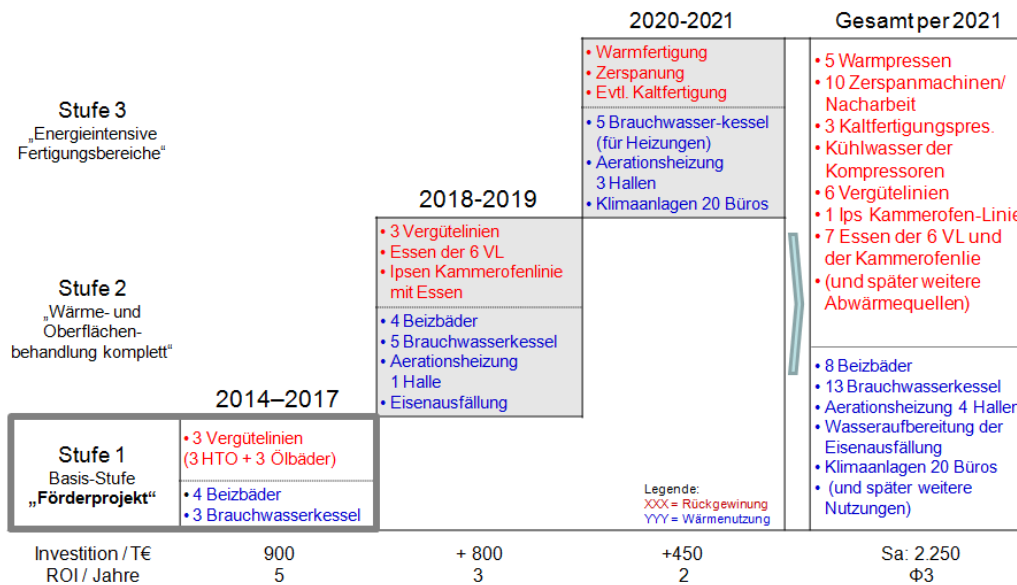


Bild 25: Große Potenziale zur Übertragung der Projektergebnisse in weitere Unternehmensbereiche

4.2 Übertragbarkeit extern

In Umformbetrieben besteht die günstige Situation, dass für die im erheblichen Maße zurückgewonnene Wärme innerhalb des Werkes genügend Abnehmer vorhanden sind.

Es gibt ca. 100 Betriebe in der Umform-Branche in Deutschland, von denen etwa die Hälfte eigene Wärmebehandlungsanlagen betreiben.

Weiterhin gibt es ca. 500 Betriebe anderer Branchen, die eigene Wärmebehandlungsanlagen einsetzen und hinsichtlich Wärmerückgewinnung ähnlich strukturiert sind, wie der Modellbetrieb Peiner Umformtechnik und daher .

4.3 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

1. Wie jede Produktionsinnovation verlangt auch diese eine sorgfältige Wartung und Instandhaltung. Dies besonders, weil eine WR-Anlage komplex verzweigt in bestehende Anlagen eingebettet wird.
2. So liefert der Hersteller der WR-Anlage oftmals nur ein rudimentäres Handbuch, das nur oberflächlich an die individuelle Situation angepasst ist. Dies auch, weil die bestehende Mannschaft oftmals bei der Anlagenkonfigurierung wegen des drängenden Tagesgeschäfts nicht die Zeit findet, den Lieferanten auf alle Details aufmerksam zu machen.
3. Auch sind im Auslegungsstadium bereits die erforderlichen Sensoren und Messstellen innerhalb der Anlage einerseits für das Prozess-Monitoring und für die Erfolgskontrolle der Energieeinsparung vorgesehen werden.
4. Bei der Auslegung der initialen Anlage sollten gründlich mögliche Ausbauroichtungen ausgelegt werden und dem Hersteller mitgeteilt werden. Dies beinhaltet sowohl

weitere Wärmequellen, die angezapft werden können, als auch entsprechende Verbraucher.

5. Für die Inbetriebnahme der Anlage ist ein Inbetriebnahme-Monitoring durch einen speziellen Anlagenbetreuer vorzusehen, der z.B. in Form eines Anlagen-Tagebuchs, die Betriebsdaten, die vorgekommenen Störungen und unerwarteten Eingriffe dokumentiert.
6. Die Erfahrungen aus der Inbetriebnahmephase sind tunlichst im Anlagenhandbuch zu ergänzen, damit jeder Mitarbeiter, z.B. die Schichtarbeiter auf dem gleichen Stand ist.
7. Die Erfahrungen sind optimaler Weise anhand der Kategorien „Störung“ – „vermutete / erkannte Ursache“ – „vorgeschlagene / erfolgreiche Abhilfemaßnahme“
8. Günstig ist auch die parallele Installation eines Energiemanagementsystems, welches die Rentabilität der Investition belegt und zur Motivation der Mannschaft für die sachgemäße und pflegliche Bedienung und Behandlung der Anlagenkomponenten beiträgt.

4.4 Modellcharakter/Übertragbarkeit

In Umformbetrieben besteht die günstige Situation, dass für die im erheblichen Maße zurückgewonnene Wärme innerhalb des Werkes genügend Abnehmer vorhanden sind.

Es gibt ca. 100 Betriebe in der Umform-Branche in Deutschland, von denen etwa die Hälfte eigene Wärmebehandlungsanlagen betreiben.

Weiterhin gibt es ca. 500 Betriebe anderer Branchen, die eigene Wärmebehandlungsanlagen einsetzen und hinsichtlich Wärmerückgewinnung ähnlich strukturiert sind, wie der Modellbetrieb Peiner Umformtechnik.

5 Verbreitung der Projektergebnisse

Geplant sind unter anderem folgende Wege zur branchenspezifischen Verbreitung der Projektergebnisse:

- Aufnehmen in die PUT WEB-Seite
- Informationsblatt im DIN A 4 Format über die neue Wärmerückgewinnungsanlage
- Veröffentlichung beim BMU
- Veröffentlichung in Zeitschrift „Umformtechnik“ (Meisenbach Verlag)
- Fachzeitschrift stahl+eisen (Maerken)
- Deutscher Schraubenverband.

6 Literatur

1. Energieeffizienz bei Thermoprozess-Anlagen – Beispiele aus der Praxis – 43. Round-Table Gespräch. Einsparungspotentiale in der Lohnhärterei – Energie- und Wärmerückgewinnung, Hagen 2008
2. Verbessertes CO₂-Fußabdruck, Objektbericht Abgastechnik, HLH, VDI Gebäudetechnik, Springer 6/2017
3. Bulten spart jede Menge Energie, Ruhr-Wirtschaft, S. 24, 1/2016

4. Wärme aus Venner Waffelfabrik beheizt Häuser, Osnabrücker Zeitschrift, 15.07.2016
5. VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung: VDI-Richtlinie VDI 2071, Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen, Beuth-Verlag, 1997
6. Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung Planung, Bau und Betrieb von Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen, RAVEL im Wärme-sektor, Band 2, Januar 1993
7. Rohrleitungstechnik, Vogel Fachbuch, 1993, Walter Wagner

7 Anhang 1: Systemübersicht Wärmerückgewinnung und –Nutzung

Die Systemübersicht gibt die Komponenten des WR-Systems und die Zusammenfassung zu den Teilvorhaben des Projektablaufes (TV1 – TV5) wieder.

Die gelb hinterlegten Zahlenangaben stellen die Potentiale der Rückgewinnung **ohne** Verlustfaktoren wie Leckagen, Rohrwandungsabstrahlung, Fremdlufteintrag etc. dar.

Systemübersicht PUT (Ausbaustufe 1: Projekt)

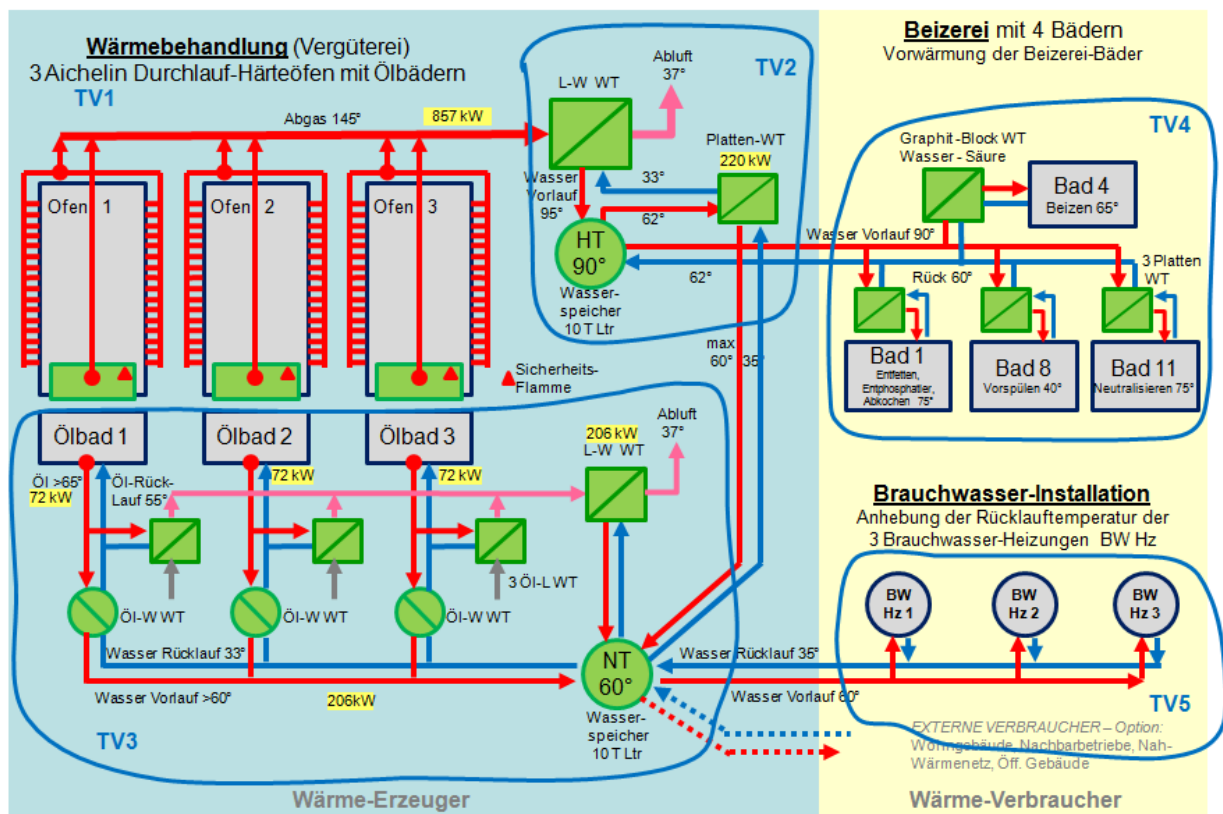


Bild 26: Systemübersicht Wärmerückgewinnung Peiner Umformtechnik – Stand 2013

8 Anhang 2: Beheizte Behandlungsbäder der Beizerei Kst.145

Bad 1

Entfetten/Entphosphatieren bei $85\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ mit einem stark alkalischen Reinigungsgemisch plus Reinigungsverstärker. Konzentration 12 - 15 %, pH-Wert über 13. Badvolumen mit Vorlagebehälter ca. $16,5\text{m}^3$

Die Beheizung erfolgt mit innenliegenden Heizschlangen.

Durchsatz: Alle 20 min. ein Haken mit max. 3.000 Kg (das Material hat „Außentemperatur“)

Bad 2 + 3 Spülkaskade

Spülen bei $65\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ unter Zugabe von ca. 0,02 % Wasserenthärtungsmittel nach Bedarf. Badvolumen mit Vorlagebehältern 33m^3

Die Beheizung erfolgt mit innenliegenden Heizschlangen.

Bad 4

Beizen bei $62\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ mit 12 - 20 %iger Schwefelsäure, Eisengehalt 50 - 80 g/l unter Zugabe eines Beizinhibitors, Hemmwert über 150 Sekunden. Badvolumen ca. 10m^3

Die Beheizung erfolgt mit einem externen Blockwärmetauscher aus Grafit.

Durchsatz: Alle 20 min. ein Haken mit max. 3.000Kg (das Material hat „Außentemperatur“)

Bad 5

Beizen bei $62\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ mit 15 - 22 %iger Schwefelsäure, Eisengehalt 40 - 65 g/l unter Zugabe eines Beizinhibitors, Hemmwert über 150 Sekunden. Badvolumen ca. 10m^3

Die Beheizung erfolgt mit einem externen Blockwärmetauscher aus Grafit.

Bad 8

Aktivieren bei $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ mit einem titansalzhaltigen Vorspülmittel, Konzentration 0,3 %, pH-Wert ca. 8,5. Badvolumen ca. 12m^3

Die Beheizung erfolgt mit innenliegenden Heizschlangen.

Durchsatz: Alle 20 min. ein Haken mit max. 3.000Kg (das Material hat Raumtemperatur)

Bad 9

Phosphatieren bei ca. $72 \pm 3\text{ °C}$ mit einem Phosphor-Zink-Säuregemisch

Phosphat-Punkte	46 ± 3
Gesamt-Säure	ca. 80 - 120 g/l
Freie Säure	ca. 9 - 11 g/l
Eisengehalt bis	10 g/l

Die aus dem Sonderbad ausgeschiedenen Phosphatschichten entsprechen folgenden Spezifikationen:

DIN 50942, Kurzzeichen r a e f / MIL - P - 16 232, Type Z. Badvolumen ca. 11m^3

Die Beheizung erfolgt mit einem externen Plattenwärmetauscher.

Bad 11

Neutralisieren bei **70 °C** \pm 5 °C mit einem schwach alkalischen Sodagemisch, Konzentration 0,4 % pH-Wert bis 9,5. Badvolumen ca. 12m³

Die Beheizung erfolgt mit innenliegenden Heizschlangen.

Durchsatz: Alle 20.min. ein Haken mit max. 3.000Kg (das Material hat Raumtemperatur)

Bad 14

Trocknen bei 100 °C \pm 5 °C in einer gasbeheizten Umlufttrockenkammer

Dampferzeuger mit Speisewasseraufbereitung

Fabrikat: Loos

Typ: UL-S 2000

Sattdampfleistung 1600 kg/h bei 8,0 bar(ü)

Verbrauch Gas/Jahr im Durchschnitt 340.000m³

Osmoseanlage

Fabrikat: Werner

Typ: Reverse Osmose Anlage RO2000VB

Leistung: 2000 l/h

Beizanlage allgemein

Max. Leistung Entphosphatieren 15 to/h (Bad 1,2,3)

Max. Leistung Beizen 12 to/h (Bad 4,5,11)

Max. Leistung Phosphatieren 12 to/h (Bad 8,9,11)

Kälteanlage für die Schwefelsäureregeneration

Fabrikat: Eckardt

Typ: WEKW 60000/s

Leistungsaufnahme: 21 KW

24.10.2013
TP23 Schütz

9 Anhang: Ergänzende Abbildungen und Fotos