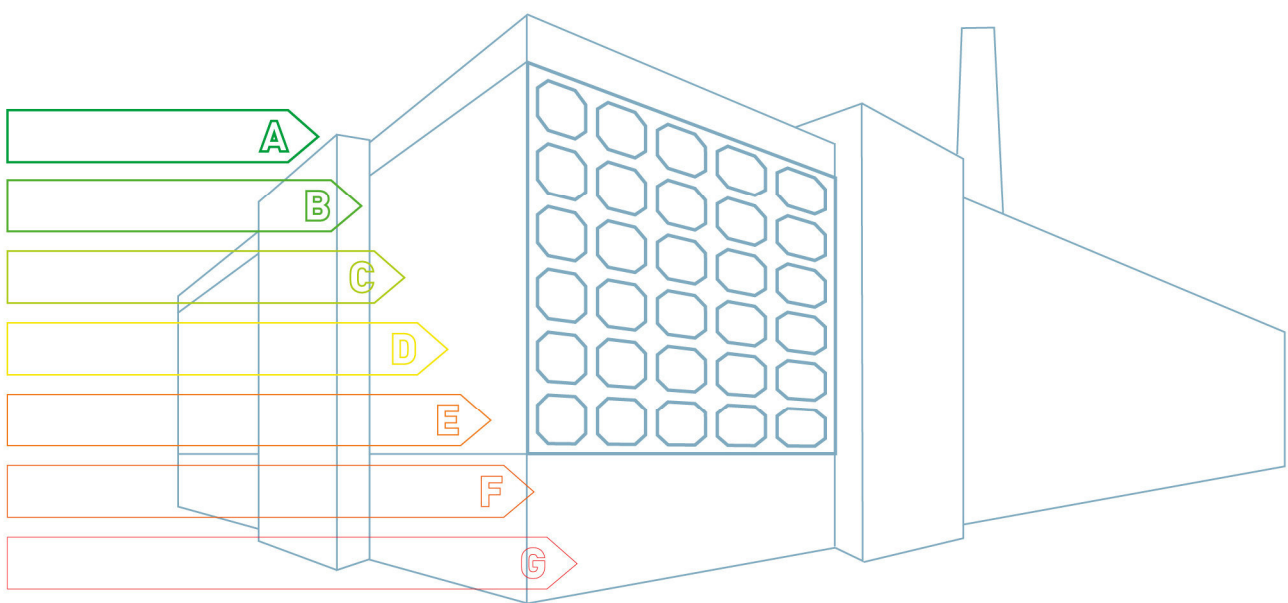




## Energie- und wassereffiziente Produktion von Leichtmetall-Druckgussteilen in der Automobilzulieferindustrie



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

## Inhaltsverzeichnis

|       |                                                                                         |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Kurzfassung                                                                             | 2  |
| 2     | Abstract                                                                                | 4  |
| 3     | Einleitung                                                                              | 5  |
| 4     | Inhaltliche Darstellung, Ergebnisse und Schlussfolgerung                                | 7  |
| 4.1   | Systemanalyse                                                                           | 7  |
| 4.2   | Betriebliches Wassermanagement                                                          | 10 |
| 4.2.1 | Ultramembran-Filtrationsversuche                                                        | 11 |
| 4.3   | Betriebliches Energiemanagement                                                         | 16 |
| 4.3.1 | Systemgrenze Gießerei                                                                   | 17 |
| 4.3.2 | Systemgrenze Härterei                                                                   | 21 |
| 4.3.3 | Systemgrenze Heizzentrale / Produktion                                                  | 21 |
| 4.4   | Darstellung des Gesamtkonzeptes (Wärmerückgewinnung und Prozesswasser-Wiederverwendung) | 28 |
| 4.5   | Systemoptimierung im Bereich der Druckgussherstellung                                   | 32 |
| 5     | Schlussfolgerungen und Ausblick                                                         | 37 |

## 1 Kurzfassung

Die Produktionsentwicklung im Bereich der Leichtmetall-Druckgussherstellung verzeichnet in den letzten Jahren aufgrund des verstärkten Einsatzes von Leichtmetallbauteilen in der Fahrzeugindustrie einen stetigen Aufwärtstrend. Die Herstellung dieser Leichtmetall-Druckgussteile erfordert im Gegensatz zu anderen Produktionsschritten der Automobilzulieferindustrie den Einsatz hoher Energie- und Wassermengen. Energie muss einerseits zur Erzeugung und Aufrechterhaltung der Leichtmetall-Schmelze aufgewendet werden, andererseits ist ein nicht unwesentlicher Anteil der aufgewendeten Energiemenge dem Bereich der Heißwasserversorgung und Wasser- und Abwasseraufbereitung zuzuordnen. Dadurch bietet sich vor allem bei größeren Produktionsbetrieben die Möglichkeit, die im Gießereiprozess anfallenden Abwärmeströme sinnvoll in Heißwassersystemen einzubinden und so die Möglichkeit der Nutzung vorhandener Abwärme zu erhöhen. Wasser wird im Gießereiprozess primär als Kühlwasser zur Regulierung der Druckgussformwerkzeuge (interne Druckgussformenkühlung) eingesetzt, wobei durch den Einsatz geschlossener Umlaufkühlsysteme eine weitgehende Reduktion des Wassereinsatzes erreicht werden kann. Wasser wird im Gießereiprozess allerdings auch zu Reinigungszwecken und als Transportmedium von wassermischbaren Trennstoffen eingesetzt, wobei diese Trennstoffemulsionen nach erfolgter Aufbringung auf die Druckgussformen teilweise verdampfen und als Abwasser im System anfallen. Pro produzierten Druckgussteil fallen so im Mittel 4 – 5 Liter an Abwasser (Abwasserteilstrom Gießerei) an, wobei dieses im Maschinensumpf aufgefangen und in weiterer Folge einer Abwasseraufbereitungsanlage zugeführt werden muss. Ein Wiedereinsatz der als Abwasser anfallenden Trennstoff-Alt-emulsion ist erst nach entsprechender Aufbereitung möglich, wobei sich durch Einsatz der Membranfiltration die Möglichkeit der selektiven Rückgewinnung von Trennstoffkomponenten bei gleichzeitiger Störstoffentfernung eröffnet.

Bei absehbar steigenden Energie- und Abwasserentsorgungskosten sind Maßnahmen der „Prozesswasser-Wiederverwendung“ und „Wärmerückgewinnung“ daher naheliegende Möglichkeiten, um die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen zu erhöhen und so die ökonomische als auch ökologische Wertschöpfung der eingesetzten Roh-, Betriebs- und Prozesshilfsstoffe zu steigern. In enger Zusammenarbeit mit allen am Projekt beteiligten Partnern wurde daher eine detaillierte Systemanalyse der Produktionsprozesse bzw. Labor- und Pilotversuche durchgeführt und darauf aufbauend Maßnahmen zur Prozessoptimierung erarbeitet. So wurde der Einsatz der Membranfiltration zur Aufbereitung des Abwasserteilstroms Gießerei erfolgreich getestet und so die Basis für eine wesentliche Kostenreduktion bei gleichzeitiger Optimierung des Wasser- und Trennstoffeinsatzes geschaffen. Für den praxisnahen Wiedereinsatz des generierten Filtrats sind allerdings noch Versuche notwendig, um die als kritisch identifizierten Punkte durch Trennstoffversuche bzw. Probegüsse im Detail analysieren zu können. Des Weiteren konnte auf Basis thermodynamischer Berechnungen

gezeigt werden, dass durch Erweiterung des Systems Gießerei auf den gesamten Betriebsstandort Abwärme effizient rückgewonnen und so der Primärenergieeinsatz deutlich reduziert werden kann.

Alle identifizierten Optimierungsmaßnahmen wurden hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit bewertet und in Form eines Gesamtkonzeptes dargestellt. Dabei zeigten vor allem die erarbeiteten Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung ein hohes Umsetzungspotential bei adäquaten Investitionskosten, wobei durch Integration eines Wärmetauschernetzwerkes und der Umsetzung begleitender Maßnahmen rund 134.000 m<sup>3</sup> Erdgas pro Jahr eingespart werden können.

## 2 Abstract

Production numbers in the field of light-metal die-casting have increased over the last years due to growing use of these components in the automotive industry. Manufacturing of die-casting components requires the input of large amounts of energy and water – in contrary to other production steps of automotive suppliers. Energy is needed on the one hand for the production and maintenance of light-metal cast and on the other hand for hot-water supply and (waste) water treatment. Especially for larger production companies, there are possibilities to sensibly integrate the waste-heat streams from the die-casting line into the hot-water system and thus increasing the energy-efficiency of the whole process. Water is primarily used in die-casting for cooling of the casting forms. This is done via internal, closed cooling cycles, which allow for a substantial reduction in the fresh water demand. However, water is also being used for cleaning purposes and as a carrier medium for water-soluble release-agents. These release-agent emulsions partly evaporate after application to the die-cast forms and accumulate as waste-water in the system. For each manufactured die-cast component, there are approximately 4 – 5 liters of waste-water (partial current of die-casting line), which are being collected in the machine-sump and piped to a waste-water treatment plant. A reuse of these “old” release-agent emulsions is only possible after adequate treatment. The technology of “membrane filtration” allows the selective recovery of release-agent components and the removal of impurities. In times of growing costs for energy and waste-water treatment, these measures can increase the cost-effectiveness of production processes and thus also the economical and ecological added values of the materials used. A detailed system-analysis of the production process, as well as laboratory and pilot tests were performed in close cooperation with all partners involved in the project. Based on this research, measures for process optimization were being developed. The use of membrane filtration for recovery of a partial current of the die-casting waste-water was tested successfully and thus forms the basis of a substantial cost-reduction. However, there are more tests necessary for the practical application of the recycled filtrate, in order to analyse the critical points in detail by sample casting. In addition, it was shown through thermodynamic calculations that waste-heat can be efficiently reused from the die-casting line and integrated into the hot-water system. This allows for a substantial reduction in the use of primary energy sources.

All identified optimization-measures were examined regarding their economic feasibility and presented in terms of an overall-concept. Especially the developed measures for heat-recovery offer a good potential for actual implementation and would result in a total savings of 134.000 m<sup>3</sup> of natural gas per year.

### 3 Einleitung

Die Produktionsentwicklung im Bereich der Leichtmetall-Druckgussherstellung verzeichnet in den letzten Jahren aufgrund des verstärkten Einsatzes von Leichtmetallbauteilen in der Fahrzeugindustrie einen stetigen Aufwärtstrend. Dabei werden immer mehr Leichtmetallbauteile nicht mehr nur im Motoren und Antriebsbau, sondern verstärkt auch als technische Option zur Gewichtsreduktion im Fahrwerks- und Karosseriebau eingesetzt. Die Herstellung dieser Leichtmetall-Druckgussteile erfordert im Gegensatz zu anderen Produktionsschritten der Automobilzulieferindustrie den Einsatz hoher Energie- und Wassermengen. Energie muss einerseits zur Erzeugung und Aufrechterhaltung der Leichtmetall-Schmelze (Schmelzpunkt von Aluminium- und Magnesiumlegierungen liegt bei ca. 650 °C) aufgewendet werden, andererseits ist ein nicht unwesentlicher Anteil der aufgewendeten Energiemenge dem Bereich der Heißwasserversorgung und Wasser- und Abwasseraufbereitung zuzuordnen. Dadurch bietet sich vor allem bei größeren Produktionsbetrieben die Möglichkeit, die im Gießereiprozess anfallenden Abwärmeströme sinnvoll in Heißwassersystemen einzubinden und so die Möglichkeit der Nutzung vorhandener Abwärme zu erhöhen.

Wasser wird im Gießereiprozess primär als Kühlwasser zur Regulierung der Druckgussformwerkzeuge (interne Druckgussformenkühlung) eingesetzt, wobei durch den Einsatz geschlossener Umlaufkühlsysteme eine weitgehende Reduktion des Wassereinsatzes erreicht werden kann. Wasser wird im Gießereiprozess allerdings auch zu Reinigungszwecken und als Transportmedium von wassermischbaren Trennstoffen eingesetzt, wobei diese Trennstoffemulsionen nach erfolgter Aufbringung auf die Druckgussformen teilweise verdampfen und als Abwasser im System anfallen. Pro produzierten Druckgussteil fallen so im Mittel 4 – 5 Liter an Abwasser (Abwasserteilstrom Gießerei) an, wobei dieses im Maschinensumpf aufgefangen und in weiterer Folge einer Abwasseraufbereitungsanlage zugeführt werden muss. Die eingesetzte Trennstoffemulsion wird demnach im Prozess durch Zufuhr von Reinigungswasser verdünnt, mit an der Maschine eingesetzten Prozesshilfsmitteln angereichert und teilweise durch Verdampfung in ihrer chemischen Struktur verändert. So werden der Trennstoffemulsion durch Verdampfung vor allem leichtflüchtige Bestandteile (z.B. Biozide, Korrosionsinhibitoren, etc.) entzogen, wodurch diese für einen neuerlichen Einsatz nicht mehr zur Verfügung stehen. Ein Wiedereinsatz der als Abwasser anfallenden Trennstoff-Alt-emulsion ist daher erst nach entsprechender Aufbereitung möglich, wobei sich durch Einsatz der Membranfiltration die Möglichkeit der selektiven Rückgewinnung von Trennstoffkomponenten bei gleichzeitiger Störstoffentfernung eröffnet.

Bei absehbar steigenden Energie- und Abwasserentsorgungskosten sind Maßnahmen der „Prozesswasser-Wiederverwendung“ und „Wärmerückgewinnung“ daher naheliegende Möglichkeiten, um die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen zu erhöhen und so die ökonomische als auch ökologische Wertschöpfung der eingesetzten Roh-, Betriebs- und Prozesshilfsstoffe zu steigern. In enger Zusammenarbeit mit allen am Projekt beteiligten

Partnern wurde daher eine detaillierte Systemanalyse der Produktionsprozesse bzw. Labor- und Pilotversuche durchgeführt und darauf aufbauend Maßnahmen zur Prozessoptimierung erarbeitet.

So wurde der Einsatz der Membranfiltration zur Aufbereitung des Abwasserteilstroms Gießerei erfolgreich getestet und damit die Basis für eine wesentliche Kostenreduktion bei gleichzeitiger Optimierung des Wasser- und Trennstoffeinsatzes geschaffen. Für den praxisnahen Wiedereinsatz des generierten Filtrats sind allerdings noch Versuche notwendig, um die als kritisch identifizierten Punkte durch Trennstoffversuche bzw. Probegüsse im Detail analysieren zu können. Des Weiteren konnte auf Basis thermodynamischer Berechnungen gezeigt werden, dass durch Erweiterung des Systems Gießerei auf den gesamten Betriebsstandort Abwärme effizient rückgewonnen und so der Primärenergieeinsatz reduziert werden kann.

Alle identifizierten Optimierungsmaßnahmen wurden hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit bewertet und in Form eines Gesamtkonzeptes dargestellt. Dabei zeigten vor allem die erarbeiteten Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung ein hohes Umsetzungspotential bei adäquaten Investitionskosten, wobei durch Integration eines Wärmetauschernetzwerkes und der Umsetzung begleitender Maßnahmen rund 134.000 m<sup>3</sup> Erdgas pro Jahr eingespart werden können.

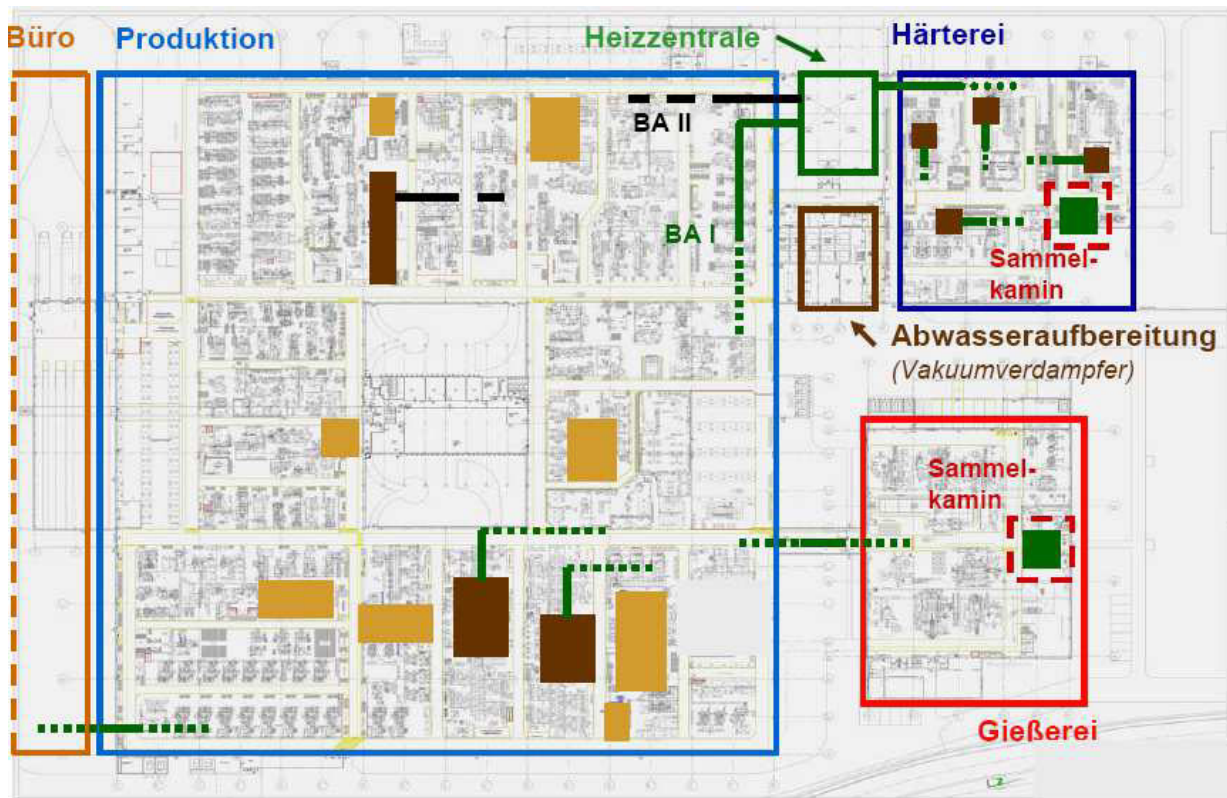
## 4 Inhaltliche Darstellung, Ergebnisse und Schlussfolgerung

Innerhalb des Projektes EnWa wurde in enger Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern die technologische Systemoptimierung des Produktionsbereiches „Gießerei“ durch Betrachtung der meist getrennt untersuchten Bereiche „Prozesswasser-Wiederverwendung“ und „Wärmerückgewinnung“ angestrebt. Hierfür wurden Optimierungsmaßnahmen erarbeitet, die eine Wiederverwendung des Abwasserteilstroms aus der Druckgussformenkühlung bzw. die effektive Rückgewinnung vorhandener Abwärmeströme ermöglichen, und so die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses substantiell erhöhen. Die Arbeiten gliederten sich dabei in die Bereiche Systemanalyse, Konzeptentwicklung und Konzeptumsetzung, wobei die daraus abgeleiteten Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer praxisnahen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit bewertet und noch offene Arbeiten für die erfolgreiche Implementierung im Rahmen des Gesamtkonzeptes dargestellt wurden.

### 4.1 Systemanalyse

Da sich die prozess- und produktionsspezifischen Anforderungen an das betriebliche Energie- und Wassermanagement je nach Industriebetrieb und Produktionsstandort wesentlich unterscheiden können, kommt der Systemanalyse eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen zu. In einem ersten Schritt wurden daher alle relevanten Produktionsbereiche und -prozesse von irrelevanten (u.a. elektrische Anlagen, elektrische Energieversorgung, mechanische Fertigungsprozesse, etc.) abgegrenzt und die produktions- und prozessspezifischen Daten dieser Bereiche erfasst und analysiert.

Vor allem vor dem Hintergrund einer optimalen Nutzung vorhandener Abwärmeströme wurden die Systemgrenzen des Produktionsbereiches Gießerei dabei auf den gesamten Betriebsstandort erweitert und so auch die Bereiche Produktion und Härterei in der Konzeptentwicklung miteinbezogen. Bei der Systemanalyse wurde einerseits auf bestehende Daten zurückgegriffen, andererseits mussten zur quantitativen und qualitativen Erfassung der Energie- und Wasserströme umfangreiche Messungen und Analysen durchgeführt werden.



**Teilwaschanlagen** – Badbeheizung über Heißwasser-Ringleitung

**Teilwaschanlagen** – Badbeheizung elektrisch (Heizstäbe)

Abbildung 1: Übersichtsplan Produktionsstandort

Die systematische Analyse des „Gesamtsystems Gießerei“ erforderte demnach auch eine Erhebung der relevanten Produktionsbereiche und Prozesse, die im direkten Zusammenhang mit dem System „Gießerei“ stehen. Neben dem Produktionsbereich Gießerei wurden hierzu in weiterer Folge nachstehende Produktionsbereiche bzw. –prozesse näher betrachtet (siehe Abbildung 2):

- System „Gießerei“ mit dem Schwerpunkt Druckgussformkühlung und Schmelzöfen/Warmhaltestationen
- System „Produktion“ mit dem Schwerpunkt Teilwaschanlagen
- System „Härterei“ mit dem Schwerpunkt Teilwaschanlagen und Härteofen
- System „Abwasseraufbereitung“ mit dem Schwerpunkt Vakuumverdampferanlage
- System „Heizzentrale“ mit dem Schwerpunkt Energieversorgung

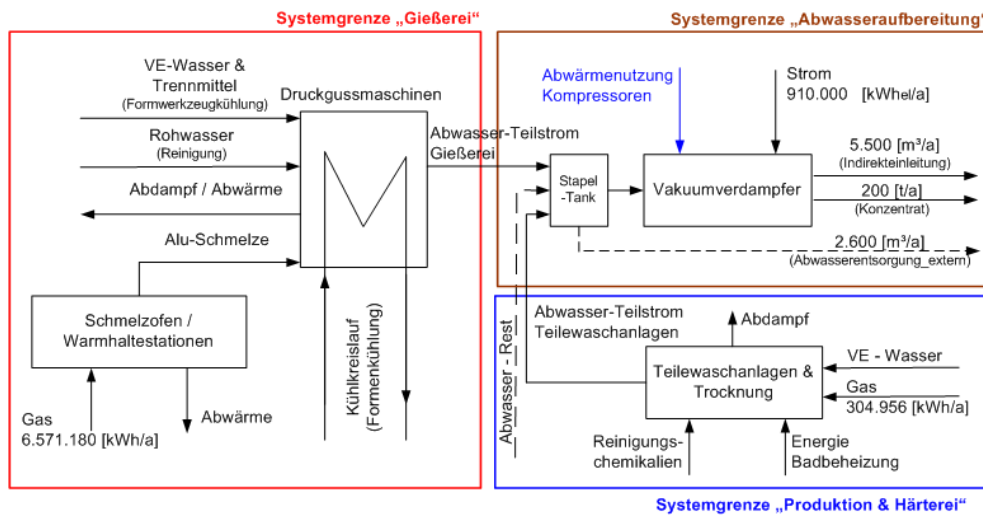


Abbildung 2: Definition der Systemgrenzen und der relevanten Prozesse

In weiterer Folge wurden die Systeme Produktion, Härterei, Abwasseraufbereitung und Heizzentrale im „Gesamtsystem Gießerei“ zusammengefasst und alle irrelevanten Prozesse für die weiteren Betrachtungen abgegrenzt.

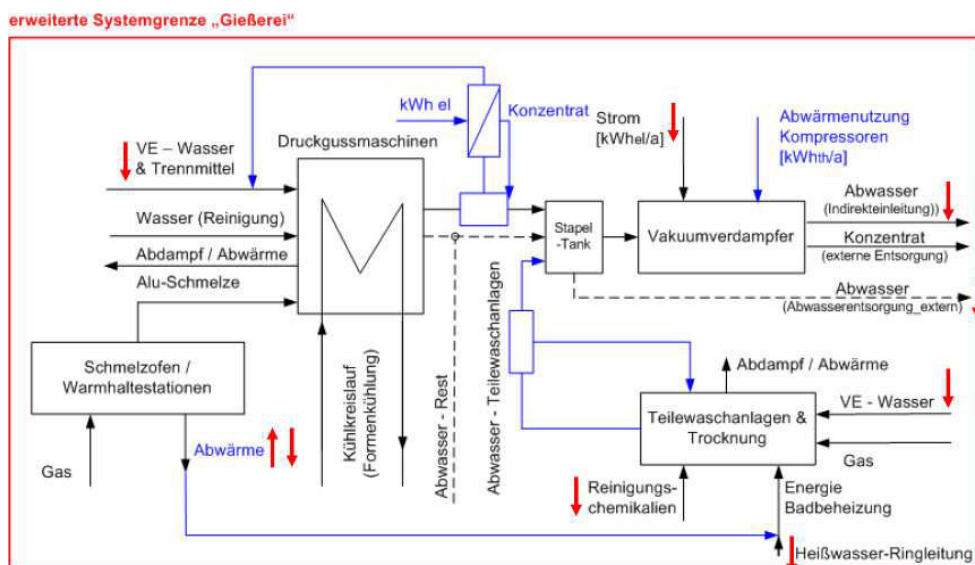


Abbildung 3: Erweiterte Systemgrenze „Gießerei“

Auf Basis des vereinfachten „Gesamtsystems Gießerei“ wurden Teilziele definiert, wobei zur Erreichung selbiger nachstehende Prozesse bzw. Prozessströme näher betrachtet wurden:

- VE-Wasserversorgung Druckgussformkühlung (Voll-Entsalztes Wasser)
- Trennmittelversorgung Druckgussformkühlung
- Abwasserteilstrom Gießerei
- Abwärme Schmelzöfen / Warmhaltestationen
- Abwärme Härterei
- Abwärme Heizzentrale

- Abwasseraufbereitung Vakuumverdampfer
- Abwasserentsorgung - Indirekteinleitung
- Abwasserentsorgung – Externe Entsorgung
- Energieversorgung Heißwasser-Ringleitung (Bauabschnitt I [BA I] bzw. Bauabschnitt II [BA II])
- Energiebedarf Teilewaschanlagen *(im Rahmen der Bewertung der im Betrieb eingesetzten Teilewaschanlagen sind zum Teil Ergebnisse des FdZ-Projektes EFOR – Emissionsarme Oberflächenreinigung eingeflossen)*

### 4.2 Betriebliches Wassermanagement

Die Abwässer aus den Bereichen Produktion, Härterei und Gießerei werden in einer Vakuumverdampferanlage mit einer max. Kapazität von 23 m<sup>3</sup>/d aufbereitet, wobei das Destillat in die öffentliche Kanalisation eingeleitet wird. Die Energiebereitstellung zur Eindampfung der anfallenden Abwassermenge erfolgte zu Projektbeginn zu 1/3 über Abwärme aus der Kompressorenanlage, 2/3 des Energiebedarfs wurden über elektrische Energie bereitgestellt. Zur Verifizierung der jährlichen Abwassermenge aus dem Bereich Gießerei (Abwasserteilstrom Gießerei) wurden Durchflussmessungen direkt vor Ort durchgeführt und auf Basis von Nutzungsanalysen (Maschinenlaufzeiten & Takte) hochgerechnet. Dabei zeigte sich, dass rund 2/3 der jährlich anfallenden Abwassermenge dem Bereich Gießerei (Abwasserteilstrom Gießerei) zuzuordnen ist. Der im Druckgussprozess anfallende Abwasserstrom resultiert dabei im Wesentlichen aus dem Einsatz von Wasser zur Regulierung der Druckgussformtemperaturen bzw. aus dem Einsatz als Transportmedium der im Prozess eingesetzten Trenn- und Schmiermittel. Die anfallenden Abwasserströme weisen einen hohen CSB-Wert (> 10.000 mg/l) auf, wobei als Hauptverunreinigungen Trenn- und Schmiermittelreststoffe, Hydrauliköle und Fette zu nennen sind. Eingesetzt wird derzeit ein wassermischbares Trenn- und Schmiermittel auf Basis modifizierter Polysiloxane, synthetischer Polymere, Emulgatoren, Biozide, etc. welches in einem Verhältnis von 1:80 in einer zentralen Mischanlage mit VE-Wasser angesetzt wird. Die Versorgung der Druckgussmaschinen erfolgt dabei über eine zentrale Mischanlage, wobei die Form (Druckgussformwerkzeug) vor dem Einpressen des flüssigen Aluminiums mit dem Formtrenn- und Schmiermittel eingesprüht wird. Durch den Auftrag von Formtrenn- und Schmierstoffen auf das Druckgussformwerkzeug soll sowohl eine gleichmäßige Befüllung der Druckgussform durch Unterstützung des Materialflusses, als auch eine verbesserte Entformbarkeit der Fertigteile garantiert werden. Das anfallende Abwasser wird in weitere Folge im Maschinensumpf aufgefangen und über einen Pufferbehälter im Keller der Gießerei diskontinuierlich in einen zentralen Zwischenspeicher zur weiteren Aufbereitung in der Vakuumverdampferanlage gepumpt.

Zur Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung wurden u.a. die Summenparameter CSB und TOC und die Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert analysiert, sowie die chemische Zusammensetzung des Formtrennmittels evaluiert. Die Charakterisierung der

Abwasserzusammensetzung sowie die quantitative Erfassung des „Abwasserteilstroms Gießerei“ bildete in weiterer Folge die Grundlage zur Konzeptionierung der Versuchsanlage für die weiteren Membranfiltrationsversuche unter realen Betriebsbedingungen. Die Untersuchungen zur Erhebung aller relevanten Wasser- und Abwasserströme umfassten im Detail:

- Erhebung des Formtrenn- und Schmiermittelbedarfs bzw. VE-Wasserbedarfs (Basis: Durchflussmessungen; Nutzungsanalyse nach Maschinenlaufzeiten und Takten)
- Analyse des eingesetzten Formtrenn- und Schmiermittels (Basis: analytische Untersuchungen)
- Erhebung der spezifischen Abwassermenge aus der Gießerei (Abwasserteilstrom Gießerei) und Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Basis: Durchflussmessungen; Nutzungsanalysen nach Maschinenlaufzeiten und Takten; analytische Untersuchungen)
- Erhebung der spezifischen Kosten im Bereich der Abwasseraufbereitung und VE-Wasser Bereitstellung (Basis: Energiebedarf, externe Entsorgungskosten (Konzentrat, flüssig-extern; Abwassergebühren Indirekteinleitung); Kosten Vakuumverdampfer direkt (Contractingkosten); Kosten VE-Wasser Aufbereitung)
- Aufbereitung der Daten zur Konzeptionierung der Versuchsanlage zur Membranfiltration

Die Durchflussmessungen wurden dabei über einen Zeitraum von je einer Woche mit den im Kapitel 2.2.3 beschriebenen Ultraschalldurchflussmessgeräten durchgeführt. Die Hochrechnung auf den jeweiligen Jahresverbrauch erfolgte durch Auswertung der Nutzungsanalysen der Druckgussmaschinen nach Maschinenlaufzeiten und produzierten Druckgussteilen. Die Ergebnisse dieser Messungen und der darauf aufbauenden Bilanzierungen sind in einem Sankey Diagramm (Abbildung 17) dargestellt.

## 4.2.1 Ultramembran-Filtrationsversuche

Für die Ultrafiltrationsversuche mit der Pilotanlage wurde ein Rohrmodul der Fa. Ultra CUT (UC 110 PPES 10080 E 6 CS; Abscheidefähigkeit 100 kDa) verwendet. Für den Versuch wurde eine Überströmungsgeschwindigkeit von 15 m<sup>3</sup>/h gewählt. Die Überströmungsgeschwindigkeit als auch die Druckdifferenz  $p_1 - p_2$  ist bei der eingesetzten Anlage über Regelventile steuerbar.

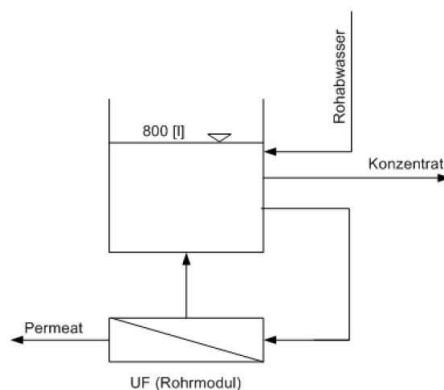


Abbildung 4: Pilotanlage – Membranfiltrationsversuche unter realen Betriebsbedingungen

Die Anlage wird über eine zentrale Steuereinheit geregelt und die Messdaten online erfasst. Die Probeentnahme des Permeats erfolgte über das Entnahmeventil auf der Modulausgangsseite, die Probe der Feedlösung wurde dem Vorlagebehälter entnommen. Die Aufbereitung des Abwassers erfolgte durch diskontinuierliche Beschickung eines 1 m<sup>3</sup> Vorlagebehälters. Je nach eingesetztem Rohrmodul können die Parameter Ein- und Ausgangsdruck und Überströmungsgeschwindigkeit über Regelventile gesteuert werden. Die Erfassung der Parameter Ein- und Ausgangsdruck und Überströmungsgeschwindigkeit erfolgte online, wobei je nach Anwendungsfall weitere Sensoren zur Online-Erfassung in die Anlage integriert werden können. Der Parameter Temperatur wurde im gegebenen Fall über eine analoge Messeinheit erfasst. Das Permeat wurde in einem nachgeschalteten Behälter (150 l) aufgefangen, das Retentat wird dem Vorlagebehälter rückgeführt. Bei Erreichen des max. Füllstands im Permeatbehälter wurde selbiges über eine Tauchpumpe abgezogen und einem 1 m<sup>3</sup> Container zugeführt. Die Rückspülung erfolgte manuell mit dem Permeat aus dem Permeatbehälter (150 l). Des Weiteren konnte zur chemischen Reinigung des Rohrmoduls die Anlage über den Permeatbehälter im Kreislauf gefahren werden.

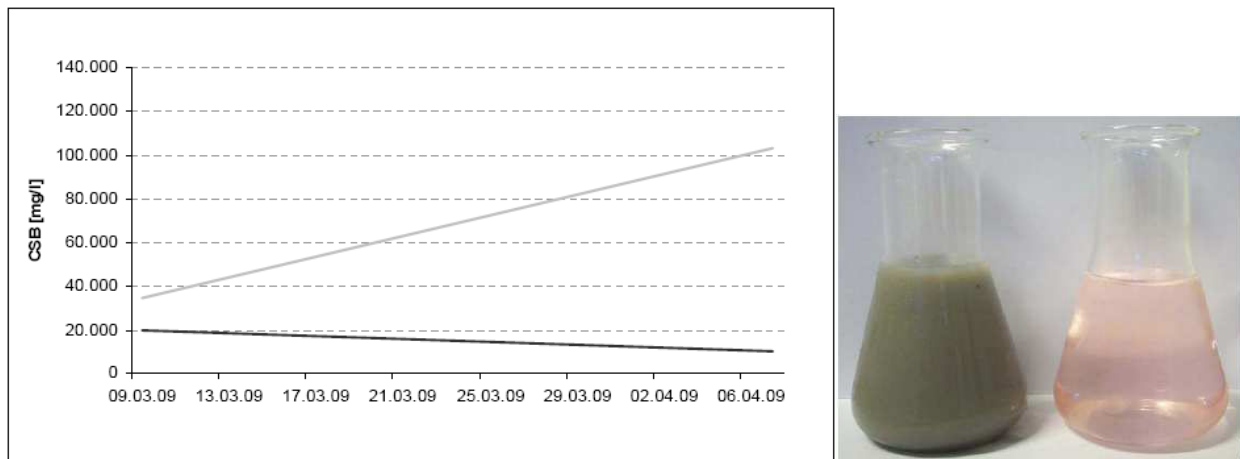


Abbildung 5: Ergebnisse der Ultrafiltrationsversuche

Durch Aufbereitung des Abwasserteilstroms Gießerei über das Ultrafiltrations-Rohrmodul konnte eine CSB-Reduktion von im Mittel 76,8 % erzielt werden. Eine rasche Verblockung der Membran durch kritische Abwasserinhaltsstoffe kann nach einer Netto-Laufzeit von 223 Stunden und auf Basis der untersuchten Parameter (Permeatfluss, Moduleingangsdruck, Modulausgangsdruck, etc.) weitgehend ausgeschlossen werden. Zur Charakterisierung des generierten Filtrats wurden analytische Laboruntersuchungen durchgeführt und in weiterer Folge Punkte definiert, die einer Wiederverwendung des mittels Ultrafiltration generierten Filtrats entgegenstehen bzw. selbige limitieren. Als problematisch wurde in diesem Zusammenhang identifiziert:

- Organische Restverunreinigung im Filtrat (Rest CSB)
- Korrosionsverhalten

### – Keimbelastung

Die organische Restbelastung (Rest CSB) des generierten Filtrats resultiert im Wesentlichen aus den glykolischen Bestandteilen (Glykol, Diethylenglykol) des im Gießereiprozess eingesetzten Hydrauliköls. Über Leckagen der hydraulischen Anlagen gelangen diese ins Abwasser und eine Abtrennung ist aufgrund der geringen Molekülmasse und der limitierten Abscheidefähigkeit der Ultrafiltrationsmembran weitestgehend ausgeschlossen. Durch diese glykolischen Bestandteile besteht bei Wiedereinsatz des generierten Filtrats die Gefahr, dass es zur Verfärbung der Gussteile, stark erhöhten Porositäten oder Ablagerungen kommt. Je nach Anwendungsfall muss daher die Grenzkonzentration definiert werden, die eine Prozesswasser-Wiederverwendung ermöglicht bzw. ausschließt. Diese Grenzkonzentration kann einerseits durch eine weitergehende Aufbereitung oder durch Verdünnung des Filtrats mit Frischwasser eingehalten werden. Einer weitergehenden Aufbereitung mittels Nanofiltration, Umkehrosmose oder Destillation stehen allerdings erhöhte Aufbereitungskosten aber auch die weitgehende Entfernung nichtverbraucher Trennstoffe entgegen. Bei Einsatz von wassermischbaren Trennstoffen wird das Korrosionsverhalten wesentlich durch die Wasserqualität beeinflusst. Das Korrosionsverhalten kann dabei wiederum durch glykolische Bestandteile negativ beeinflusst werden, speziell wenn diese an den Werkzeugoberflächen zurückbleiben und mit Wasserdampf und Luftsauerstoff reagieren. Die Gefahr einer Verkeimung besteht vor allem dann, wenn Prozesswässer bzw. Trennstoffemulsionen ohne entsprechende Aufbereitung wieder eingesetzt werden, da leichtflüchtige Additive wie Biozide beim Auftrag auf die heißen Werkzeugoberflächen verdampfen und so nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei der Aufbereitung von Abwasserteilströmen aus der genannten Anwendung mittels Ultrafiltration kann allerdings von einer weitgehenden Entfernung von Viren, Bakterien, etc. ausgegangen werden. Zudem werden bei Neuansatz der Trennstoffemulsionen über den Trennstoffanteil neuerlich Biozide in das System eingetragen, wodurch bei einem ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage eine Verkeimung weitgehend ausgeschlossen werden kann. Aufbauend auf den Ergebnissen der Membranfiltrationsversuche und der Laboruntersuchungen wurden 5 Lösungskonzepte näher betrachtet, die unter Berücksichtigung der prozess- und produktionsspezifischen Gegebenheiten zu einer Optimierung des betrieblichen Wassermanagements führen sollen.

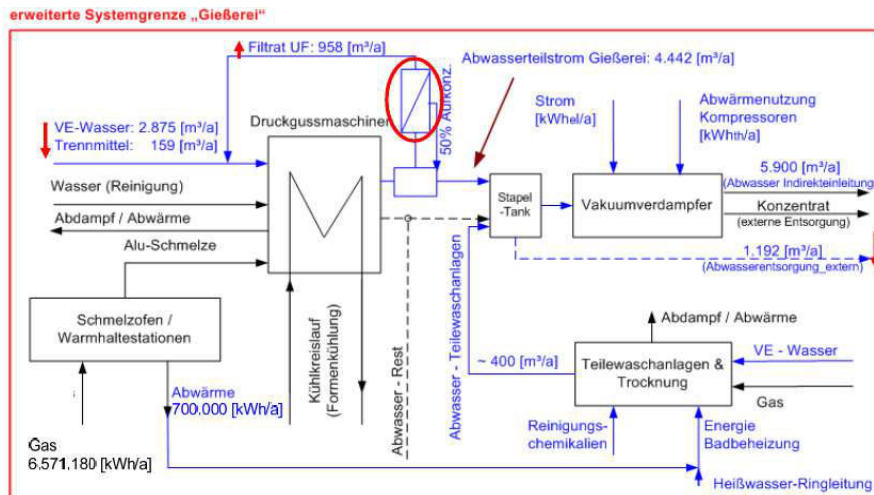


Abbildung 6: Konzept 1: 25% Rückführung nach Ultrafiltration

Konzept 1 sieht dabei die Rückführung von 25% des Abwasserteilstroms Gießerei nach erfolgter Aufbereitung mittels Ultrafiltration vor. Einsparungen im betrieblichen Wassermanagement ergeben sich dabei im Wesentlichen aus der Reduktion der ansonsten anfallenden externen Abwasserentsorgungskosten und der Reduktion des VE-Wasser Bedarfs. Demgegenüber stehen Betriebskosten, die sich aus dem Einsatz der Membrananlage zur Aufbereitung des Abwasserteilstroms Gießerei ergeben.

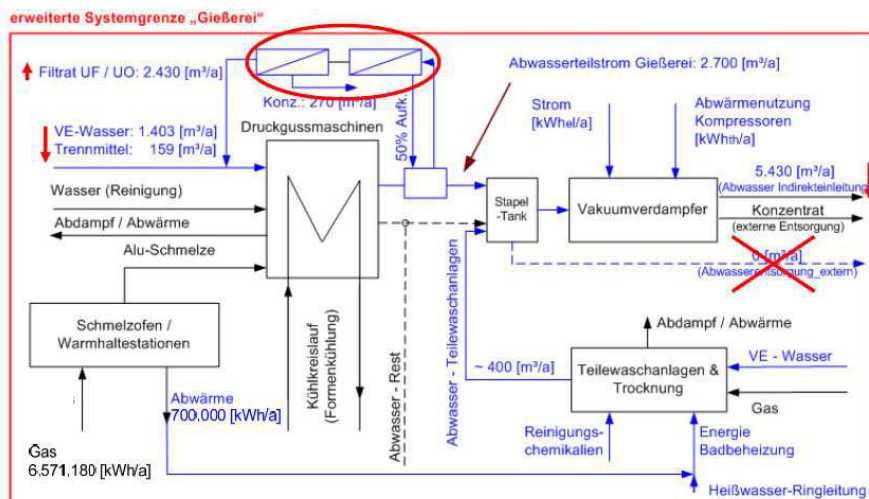


Abbildung 7: Konzept 3: 65% Rückführung nach Ultrafiltration und weitergehender Aufbereitung mittels Umkehrosmose

Konzept 3 sieht eine erhöhte Rückführung von 65% des Abwasserteilstroms Gießerei nach erfolgter Aufbereitung mittels Ultrafiltration und weitergehender Aufbereitung mittels Umkehrosmose vor. Durch Auswahl geeigneter Membranen könnte eine weitgehende Entfernung glykolischer Bestandteile gewährleistet werden, wodurch eine erhöhte Rückführung von Prozesswasser möglich erscheint. Demgegenüber stehen allerdings ein erhöhter anlagentechnischer Aufwand und erhöhte Aufbereitungs- bzw. Investitionskosten. Die

wirtschaftliche Umsetzbarkeit richtet sich daher primär nach den Einsparungen, die abwasserseitig durch Reduktion der Entsorgungskosten erzielt werden können.

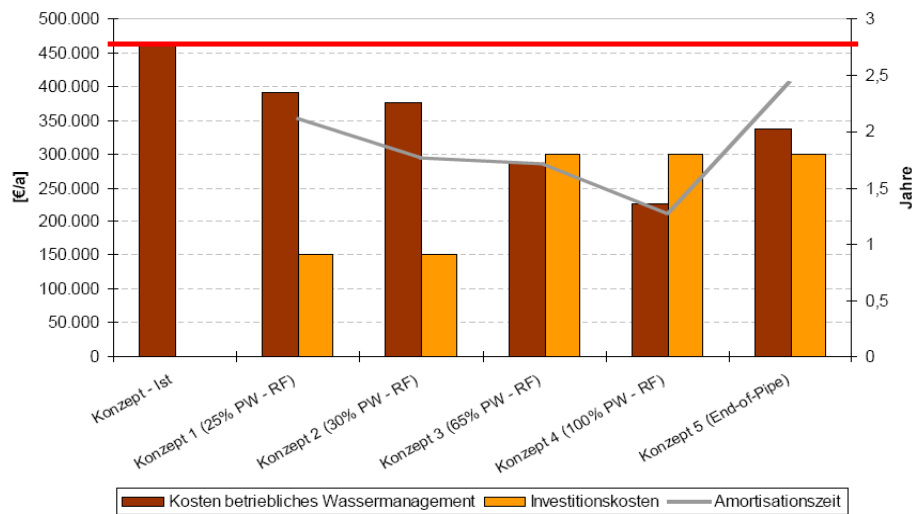


Abbildung 8: Lösungskonzepte zur Prozesswasser-Wiederverwendung

In Abbildung 8 werden die einzelnen Konzepte zur Prozesswasser-Wiederverwendung gegenübergestellt, wobei bei der Kostenbetrachtung die Bereiche Abwasserentsorgung, VE-Wasserversorgung und die Kosten zur Aufbereitung des Abwassersteilstroms Gießerei mittels Membranfiltration berücksichtigt wurden. Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Konzepte sollen die Richtung möglicher Maßnahmen zur Optimierung des betrieblichen Wassermanagements vorgeben. Detailkonzepte müssen in weiterer Folge in enger Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller, Trennmittelhersteller und Produktionsverantwortlichen ausgearbeitet werden.

## 4.3 Betriebliches Energiemanagement

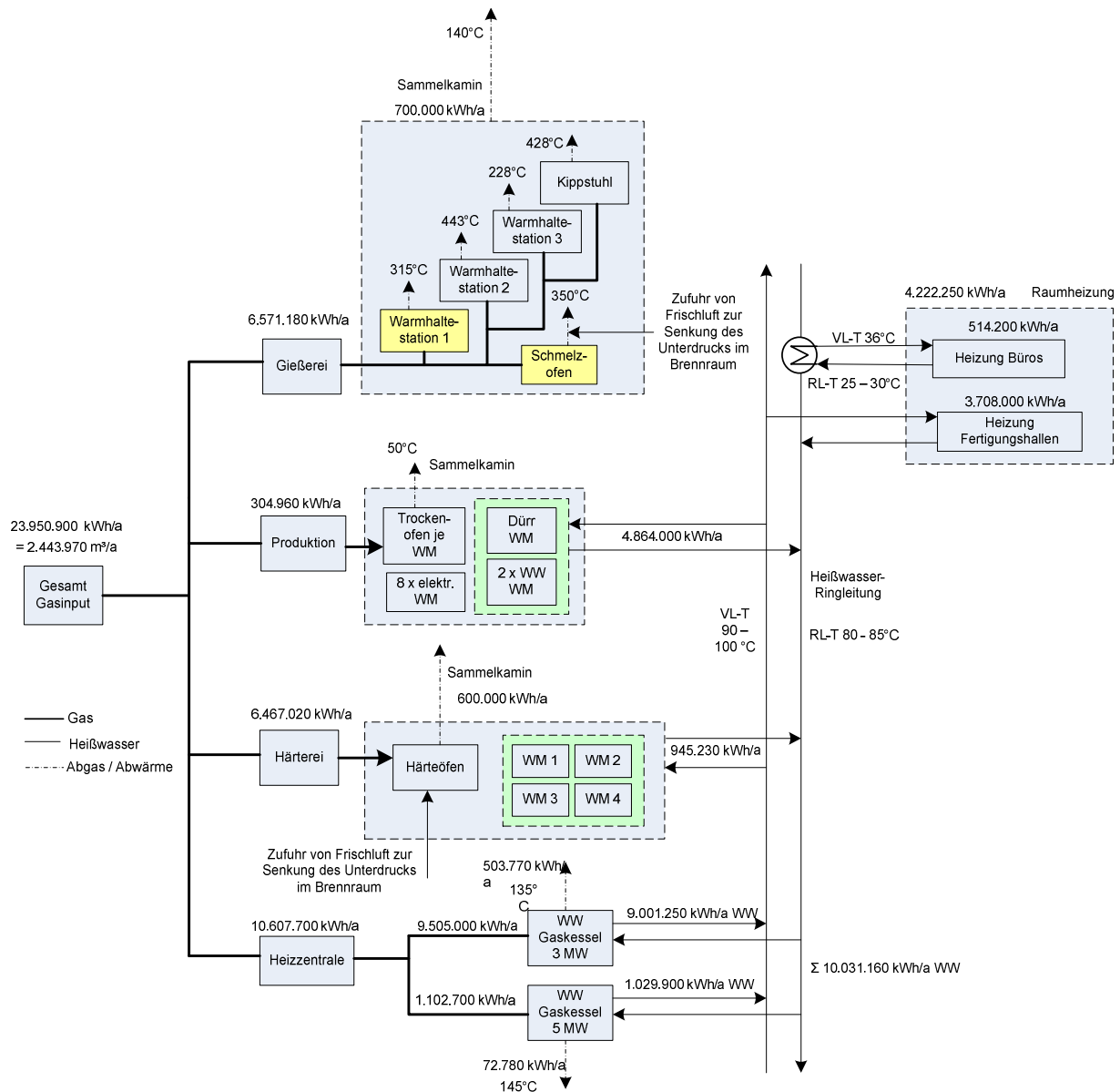


Abbildung 9: Energiefließbild des gesamten Produktionsbereiches

Im Zuge der Projektbearbeitung wurden folgende Produktionsbereiche energieseitig betrachtet:

- System Gießerei
- System Produktion
- System Härterei
- System Heizzentrale

Ziel war die Aufschlüsselung der thermischen Energieströme auf die einzelnen Produktionsbereiche und soweit möglich auch auf die einzelnen Anlagen. Weiters wurden Möglichkeiten zur Rückgewinnung thermischer Energie und somit zur Reduktion des fossilen

Primärenergieeinsatzes untersucht. Abbildung 9 gibt einen Überblick über alle betrachteten Betriebsbereiche und deren thermische Energieverbräuche. Die Werte stammen aus internen Aufzeichnungen des Antragstellers sowie aus Messergebnissen und Bilanzierungen im Zuge des vorliegenden Projektes.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Gasverbrauch der unterschiedlichen Produktionsbereiche und der Heizzentrale des Antragstellers für das Jahr 2008. Diese Gasaufzeichnungen bilden die Basis für die weiterführenden Berechnungen.

| Monat   | Mengen in m <sup>3</sup> |               |          |          |            | Gesamt    |
|---------|--------------------------|---------------|----------|----------|------------|-----------|
|         | Kessel - 5 kW            | Kessel - 3 kW | Gießerei | Härterei | Produktion |           |
| Jän. 08 | 32.874                   | 149.714       | 56.667   | 58.153   | 2.807      | 300.215   |
| Feb. 08 | 7.556                    | 124.181       | 60.501   | 53.323   | 2.691      | 248.252   |
| Mär. 08 | 479                      | 107.169       | 61.777   | 60.961   | 2.630      | 233.016   |
| Apr. 08 | 0                        | 73.534        | 50.973   | 59.468   | 2.729      | 186.704   |
| Mai. 08 | 0                        | 50.852        | 48.403   | 57.412   | 2.462      | 159.129   |
| Jun. 08 | 280                      | 43.376        | 59.442   | 61.479   | 2.809      | 167.386   |
| Jul. 08 | 2.048                    | 35.911        | 60.630   | 47.325   | 2.770      | 148.684   |
| Aug. 08 | 15.379                   | 23.573        | 57.394   | 53.653   | 2.257      | 152.256   |
| Sep. 08 | 48.838                   | 1.497         | 59.828   | 60.582   | 3.069      | 173.814   |
| Okt. 08 | 164                      | 68.438        | 58.194   | 59.738   | 2.943      | 189.477   |
| Nov. 08 | 4.901                    | 123.341       | 58.784   | 57.229   | 2.629      | 246.884   |
| Dez. 08 | 0                        | 168.314       | 37.936   | 30.577   | 1.322      | 238.149   |
| Summe   | 112.519                  | 969.900       | 670.529  | 659.900  | 31.118     | 2.443.966 |

Tabelle 1: Gasverbrauch der unterschiedlichen Produktionsbereiche und der Heizzentrale

## 4.3.1 Systemgrenze Gießerei

Innerhalb der Systemgrenze Gießerei wurden fünf gasbefeuerte Öfen näher betrachtet:

- Warmhaltestation 1
- Warmhaltestation 2
- Warmhaltestation 3
- Kippstuhl
- Schmelzofen

Diese Öfen sind die einzigen Gasverbraucher im Produktionsbereich Gießerei. Der gesamte thermische Primärenergiebedarf für diesen Produktionsbereich wird vom Antragsteller monatlich aufgezeichnet und belief sich im Jahr 2008 auf 670.529 m<sup>3</sup> Erdgas. Mit einem Heizwert des Erdgases von 9,8 kWh/m<sup>3</sup> entspricht dies einem Energieeintrag von ca. 6.571.200 kWh/a. Die Warmhaltestation 2 und der Schmelzofen verfügen zudem über mechanische Gaszähler. Diese werden jedoch nicht regelmäßig abgelesen, sodass keine längerfristigen Aufzeichnungen vorhanden sind. Diese Gaszähler wurden im Zuge des Projektes über einen längeren Zeitraum hinweg regelmäßig abgelesen und als Basis für die Hochrechnung des Jahresverbrauchs dieser Öfen herangezogen. Weiters wurde davon ausgegangen, dass die drei Warmhaltestationen ähnliche Gasverbräuche aufweisen und der Gasverbrauch des Kippstuhls höher anzusetzen ist.

Auf dieser Basis ist eine gute Abschätzung der Aufteilung des gesamten Gasverbrauchs auf die einzelnen Öfen möglich. Die gesamten Abgase der fünf Öfen werden über einen gemeinsamen Sammelkamin emittiert.

| Nr. | Bezeichnung        | Abgasverlust [%] |          | Abgastemperatur [°C] |          |
|-----|--------------------|------------------|----------|----------------------|----------|
|     |                    | Volllast         | Teillast | Volllast             | Teillast |
| 1   | Warmhaltestation 1 | 14,1             | 13,1     | 325                  | 305      |
| 2   | Warmhaltestation 2 | 20,3             | 18,8     | 458                  | 428      |
| 3   | Warmhaltestation 3 | 9,9              | 8,6      | 242                  | 214      |
| 4   | Kippstuhl          | 19,4             | 18,4     | 442                  | 415      |

Tabelle 2: Prüfprotokoll Warmhaltestationen und Kippstuhl

Für die drei Schmelzöfen und den Kippstuhl sind weiters aktuelle Brenner-Prüfprotokolle vorhanden (siehe Tabelle 2). Die minimale gemessene Abgastemperatur aus diesen Öfen beträgt ca. 214°C, die maximale deutlich über 400°C. Die Abgastemperaturen des Schmelzofens werden laufend gemessen und können in Echtzeit an einer digitalen Anzeige abgelesen werden. Für das vorliegende Projekt wurden die Abgastemperaturen über 2 Wochen aufgezeichnet (siehe Abbildung 10). Während der Betriebszeiten bewegen sich die Abgastemperaturen zwischen 300 und 400°C und teilweise sogar darüber. Da die Abgase aller fünf Öfen in den Sammelkamin der Gießerei münden, kann für eine erste Abschätzung geschlossen werden, dass die Mischtemperatur in diesem Kamin nicht unter 300°C betragen wird.

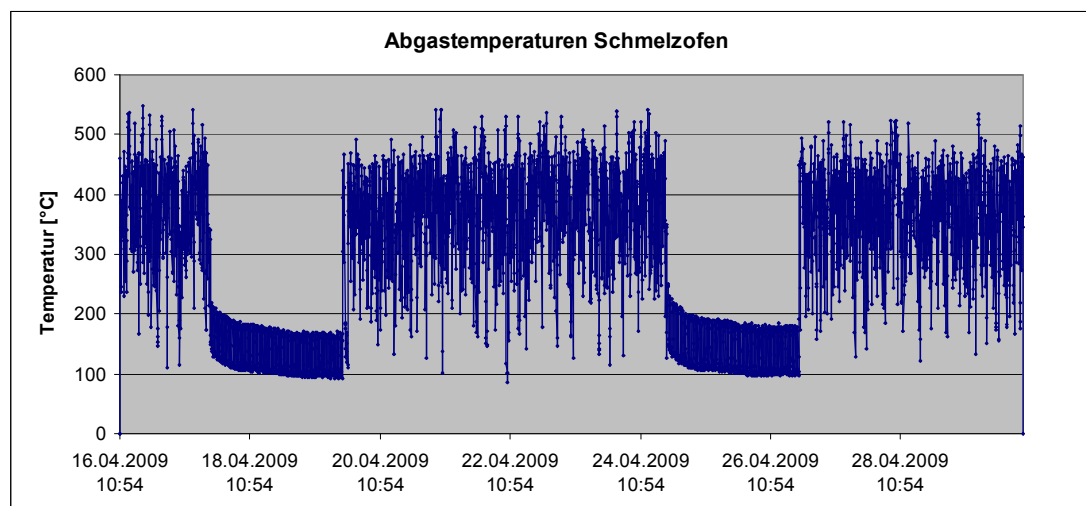


Abbildung 10: Abgastemperaturen Schmelzöfen Gießerei

Auf der Grundlage der einzelnen Gasverbräuche, der Abgastemperaturen und Prüfprotokolle wurde im Anschluss der Abgasverlust aller Öfen berechnet. Dabei handelt es sich um jene Wärmemenge, die aufgrund der hohen Temperatur des Abgases, ungenutzt über den Kamin verloren geht.

Es wurde weiters ermittelt, welcher Anteil dieser Abwärme rückgewonnen, wofür er eingesetzt werden könnte und welche monetären Einsparungen erzielbar wären (siehe Tabelle 3).

Als sinnvolle Möglichkeit zur Abwärmenutzung wurde die Einbindung der nutzbaren Abwärme in die Heißwasser-Ringleitung des Betriebes identifiziert. Mit dem heißen Abgas könnte der abgekühlte Rücklauf des Heißwassers vorgewärmt werden, bevor er wieder zu den Heizkesseln zurück gelangt. Zudem ist in der Nähe der Öfen in der Gießerei eine dieser Heißwasser-Ringleitungen vorhanden, wodurch die Einbindung erleichtert wird. Auf diesem Wege könnte eine Einsparung im thermischen Primärenergiebedarf (Erdgas) und eine Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen des Betriebes erreicht werden. Dazu müssen ein oder mehrere Gas-Wasser-Wärmetauscher in den Abgaskanälen installiert werden.

| Bei Abkühlung auf 100°C!!                 |                                             |                 |                 |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Gesamtübersicht Abgasverlust / WRG</b> |                                             | <b>Volllast</b> | <b>Teillast</b> |
| Nr.                                       | Bezeichnung                                 | WRG [kWh/a]     | WRG [kWh/a]     |
| 1                                         | Warmhaltestation 1                          | 31.753          | 28.850          |
| 2                                         | Warmhaltestation 2                          | 20.178          | 18.414          |
| 3                                         | Warmhaltestation 3                          | 19.647          | 15.790          |
| 4                                         | Kippstuhl                                   | 132.361         | 123.607         |
| 5                                         | Schmelzofen                                 | 393.718         | 354.346         |
| Summe                                     | -                                           | 597.657         | 541.007         |
|                                           | erforderlicher Gaseinsatz [kWh]             | 632.441         | 572.494         |
|                                           | erforderlicher Gaseinsatz [m <sup>3</sup> ] | 64.535          | 58.418          |
|                                           | Kostenersparnis [€/Jahr]                    | 29.092          | 26.335          |

Tabelle 3: Wärmerückgewinnung aus den Gießerei Öfen

Bei einem Delta T im Wärmetauscher von 10°C, kann das heiße Abgas höchstens auf 100°C abgekühlt werden, da die Zieltemperatur des Heißwassers etwa 90°C beträgt. Für Warmwasser mit einer niedrigeren Temperatur besteht betriebsintern kein Bedarf. Darüber hinaus muss ein entsprechender Abstand zum Taupunkt des Rauchgases eingehalten werden, um die Kondensation von Wasser und eventuell auch Säuren in den Wärmetauscher-Rohren und im Kamin zu vermeiden. Dies würde zu Korrosion und Ablagerungen führen und die Wärmeübertragung beeinträchtigen. Der Taupunkt ist jene Temperatur, bei deren Unterschreiten der erste Wassertropfen aus dem Rauchgas auskondensiert. Gewisse Verunreinigungen im Rauchgas können zudem dazu führen, dass sich Säuren bilden, die schon bei höheren Temperaturen auszukondensieren beginnen. Daher sollten solche Wärmetauscher aus korrosionsbeständigem Material ausgeführt werden. Zusätzlich muss ein Bypass-Rohr um den Wärmetauscher installiert werden, damit bei Reinigungsvorgängen in den Öfen (bei denen eventuell auch Salze eingesetzt werden), das Abgas nicht über den Wärmetauscher sondern über den Bypass gefahren werden kann. Dadurch stellt die höhere Staubbelastung während der Reinigung für den Wärmetauscher kein Problem dar. Die Einsparungen einer solchen Wärmerückgewinnung würden sich je nach Betriebsart der Brenner auf etwa 58.000 bis 64.000 m<sup>3</sup> Erdgas pro Jahr bzw. auf 26.000 bis 29.000 € pro Jahr belaufen (siehe Tabelle 3).

Um die Ergebnisse dieser theoretischen Berechnungen untermauern zu können, wurde zudem im Sammelkamin der Gießerei eine Abgasmessung durchgeführt.



Abbildung 11: Messgerät zur Messung von Abgastemperatur und -volumenstrom (links Prandtlrohr)

Zur Durchflussmessung in gasförmigen Medien wurde ein Multifunktionsgerät der Firma Testo mit Temperatursonde und Prandtlrohr verwendet (siehe Abbildung 11). Zur Messung von gasförmigen Volumenströmen ist direkter Kontakt mit dem zu messenden Medium nötig, die Messungen erfolgten also über eine bestehende Messöffnung. Dabei wurden jedoch nur Temperaturen von ca. 140°C gemessen. Eigentlich wären jedoch Temperaturen um die 300°C zu erwarten gewesen (siehe oben). Schließlich stellte sich heraus, dass zur Reduktion des Unterdruckes im Brennraum des Schmelzofens, an einer gewissen Stelle im Abgaskanal des Schmelzofens (noch vor Zusammentreffen mit den Abgasen der anderen Öfen), durch eine Klappe kühle Frischluft aus der Halle angesaugt wird. Der starke Unterdruck in der Brennkammer führte dazu, dass durch kleine Ritzen in der Ofenwand ungewollt Falschluff in die Brennkammer gesaugt wurde, wodurch sich keine optimale Verbrennung einstellen konnte.

Die gezielte Ansaugung der Frischluft im Abgaskamin vergrößert den Abgasvolumenstrom und reduziert den Unterdruck im Brennraum, verringert aber gleichzeitig auch die Abgastemperatur, was anhand der Abgasmessung beobachtet wurde. Diese Vorgehensweise hat folgenden Grund: für den Sammelkamin gibt es ein einziges Saug-Gebläse, das die Abgase aus den Öfen absaugt. An diesem Gebläse hängen fünf unterschiedliche Öfen mit unterschiedlichen Geometrien und Anforderungen. Der durch das Gebläse erzeugte Unterdruck wurde anscheinend auf die drei Warmhaltestationen und den Kippstuhl eingestellt, ist jedoch zu hoch für den Schmelzofen. Daher wurde für den Schmelzofen der Unterdruck in der Brennkammer durch das Ansaugen von Frischluft im Abgaskanal eingestellt.

Das berechnete Abwärmepotential (siehe Tabelle 3) ist jedenfalls im Abgas enthalten. Nun muss weiterführend untersucht werden, ob die derzeitige Abgastemperatur im Sammelkamin (~140°C) eine Wärmerückgewinnung erlaubt oder ob alternative Wege zur Nutzung dieser Abwärme gesucht werden müssen, z.B. durch Einbau von Wärmetauschern in den Hochtemperaturbereich der Abgas-Teilstränge der einzelnen Öfen. Außerdem sollten zusätzliche Informationen und Erfahrungswerte zum Thema „Taupunkt der Abgase eines Alu-Schmelzofens“ eingeholt werden.

## 4.3.2 Systemgrenze Härterei

Der Betriebsbereich der Härterei verfügt über vier Teilewaschanlagen mit jeweils einem angeschlossenen gasbefeuchten Härteofen. Die Waschbäder der Teilewaschanlagen werden über Wärmetauscher mit Heißwasser aus der Ringleitung beheizt. Die Abgase der vier Härteöfen münden – ähnlich wie in der Gießerei – in einen gemeinsamen Sammelkamin. Bisher wird die Abwärme dieser Öfen nicht genutzt. Leider waren für die Härteöfen keine Prüfprotokolle vorhanden, daher konnte der Abgasverlust vorerst nur grob abgeschätzt werden. Dazu wurden ähnliche Wirkungsgrade wie in der Gießerei herangezogen und eine Abgastemperatur von etwa 300°C angenommen.

Bei Installation eines Abgaswärmetauschers im Abgaskamin und Nutzung der Abwärme zur Vorwärmung des Heißwasser-Rücklaufs in der Ringleitung, ließe sich eine jährliche Einsparung von 57.400 m³ Erdgas bzw. 25.900 € erreichen. Diese Werte beziehen sich wiederum auf die Abkühlung des heißen Abgases auf 100°C (siehe Kapitel 4.3.1).

Um die Ergebnisse dieser theoretischen Berechnungen untermauern zu können, wurde eine Messung des Abgasvolumenstroms und der Abgastemperatur im Sammelkamin der Härterei am Dach des Betriebsgebäudes durchgeführt. Gemessen wurde jedoch lediglich eine Abgastemperatur von 50°C. Dieser Wert ist sehr gering, vergleicht man ihn mit den Temperaturen in den Brennkammern der Öfen (>700°C). Auch hier wurde das gleiche Prinzip wie in der Härterei angewandt – Ansaugung von Frischluft in den Abgaskanal zur Reduktion des Unterdruckes in einem (oder mehreren?) Brennräumen. Die Abgastemperatur von 50°C ist viel zu gering, als dass diese Abwärme betriebsintern genutzt werden könnte. Es müsste jedoch möglich sein, einen Abgaswärmetauscher vor der Frischluftklappe – im hohen Temperaturbereich – zu installieren. Dadurch könnte die Abwärme auf einem weit höheren Temperaturniveau (~300°C) rückgewonnen und zu Vorwärmung des Heißwasser-Rücklaufs genutzt werden. Hier ergeben sich somit ähnliche aufbauende Arbeiten wie für den Bereich der Gießerei.

## 4.3.3 Systemgrenze Heizzentrale / Produktion

Die Versorgung des Betriebes mit Heißwasser für Prozesswärme und Raum- bzw. Hallenheizung erfolgt über zwei gasbefeuchte Heizkessel (3 MW, 5 MW). Diese Heizkessel speisen das erzeugte Warmwasser mit einer Vorlauf Temperatur von 90 – 100°C in eine Ringleitung, die sich über den gesamten Produktionsbereich spannt (aufgeteilt 2 Ringleitungen).

| Kessel | Leistung [kW] | Brennstoff | Abgas-Temperatur [°C] | Abgasverlust [%] |
|--------|---------------|------------|-----------------------|------------------|
| 1      | 3500          | Erdgas     | 135                   | 5,3              |
| 2      | 5200          | Erdgas     | 145                   | 6,6              |

Tabelle 4: Daten aus aktuellen Kesselprotokoll

In Tabelle 4 sind die Daten aus dem aktuellen Kesselprüfprotokoll dargestellt. Dies beinhaltet Werte wie Abgastemperatur und Abgasverlust, die notwendig sind, um das Potential zur Wärmerückgewinnung aus dem Kessel-Abgas berechnen zu können. Außerdem kann daraus

der tatsächliche Wärmebedarf des Betriebes ermittelt werden (abzüglich des Wirkungsgrades der „Umwandlung“ von Gas in Wärme) (siehe Abbildung 12).

| Monat   | Kessel - 5 MW | Kessel - 3 MW | Summe [m³] | Σ kWh/a    |
|---------|---------------|---------------|------------|------------|
| Jän. 08 | 32.874        | 149.714       | 182.588    | 1.789.362  |
| Feb. 08 | 7.556         | 124.181       | 131.737    | 1.291.023  |
| Mär. 08 | 479           | 107.169       | 107.648    | 1.054.950  |
| Apr. 08 | 0             | 73.534        | 73.534     | 720.633    |
| Mai. 08 | 0             | 50.852        | 50.852     | 498.350    |
| Jun. 08 | 280           | 43.376        | 43.656     | 427.829    |
| Jul. 08 | 2.048         | 35.911        | 37.959     | 371.998    |
| Aug. 08 | 15.379        | 23.573        | 38.952     | 381.730    |
| Sep. 08 | 48.838        | 1.497         | 50.335     | 493.283    |
| Okt. 08 | 164           | 68.438        | 68.602     | 672.300    |
| Nov. 08 | 4.901         | 123.341       | 128.242    | 1.256.772  |
| Dez. 08 | 0             | 168.314       | 168.314    | 1.649.477  |
| Summe   | 112.519       | 969.900       | 1.082.419  | 10.607.706 |

Tabelle 5: Gasverbrauch der beiden Heizkessel

Als Hauptabnehmer des Heißwassers sind 7 Teilewaschanlagen in Härterei und Produktion, sowie Heizregister zur Raumwärmebereitstellung zu nennen, wobei auch die Brauchwasserversorgung für den Sanitärbereich über die Heißwasser-Ringleitungen erfolgt. Der 5 MW Kessel dient zur Spitzenabdeckung und ist daher nur selten im Einsatz. Die Abgase der beiden Kessel werden über einen gemeinsamen Kamin emittiert. Tabelle 5 zeigt den Erdgasverbrauch der beiden Kessel im Jahr 2008.

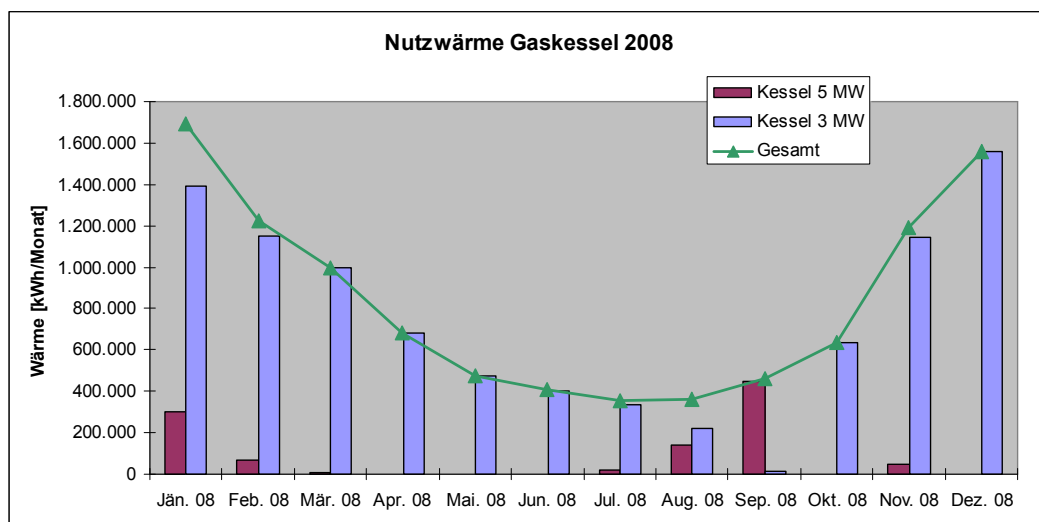


Abbildung 12: Nutzwärme 2008 aus den Gaskesseln

Aus dem Verlauf des Wärmebedarfs über ein Jahr (siehe Abbildung 12) kann eine Unterteilung in a) Wärmebedarf für Hallen- und Raumheizung sowie in b) Prozesswärmebedarf erfolgen. Prozesswärme zur Beheizung der Waschbäder in Produktion und Härterei wird das ganze Jahr über beinahe konstant benötigt (im Winter aufgrund kalter Werkstücke etc. eventuell etwas

mehr), Wärme für Raumheizung jedoch nur in der Heizperiode. Anhand des Verlaufes der grünen Summenkurve in Abbildung 12 kann somit auf einen Heizbedarf von etwa 4.220 MWh/a und einen Prozesswärmebedarf von ca. 5.800 MWh/a geschlossen werden. Zusätzlich muss vom Prozesswärmebedarf noch ein kleiner Anteil für Warmwasser im Sanitärbereich abgezogen werden, das ja auch ganzjährig konstant benötigt wird.

Aus Kennzahlen und der Anzahl der Mitarbeiter die im Betrieb anwesend sind wurde der Warmwasserverbrauch für die Sanitäranlagen auf etwa 200 MWh/a berechnet. Das ergibt somit einen Prozesswärmebedarf von ca. 5.610 MWh/a. Zur Erhebung des spezifischen Prozesswärmebedarfs je Produktionsbereich (Härterei, Produktion u. Gießerei) wurden Temperatur- und Volumenstrom-Messungen der Hauptverteiler in der Heizzentrale (Datenaufzeichnung über eine Woche) bzw. Messungen an drei Teilewaschanlagen in der Produktion durchgeführt (ebenfalls über je eine Woche). Die Versorgung der Teilewaschanlagen mit Heißwasser zur Beheizung der Waschbäder erfolgt nach Bauabschnitten und Produktionsbereichen wie folgt:

### Bauabschnitt I – Härterei

- Waschanlage 20558 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.000 l)
- Waschanlage 20983 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.150 l)
- Waschanlage 22279 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.100 l)
- Waschanlage 21883 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.580 l)

### Bauabschnitt I – Produktion

- Waschanlage 21229 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.000 l)
- Waschanlage 20981 ( $\Sigma$  Badvolumen – 4.400 l)

### Bauabschnitt 2 – Produktion

- Waschanlage 19543 ( $\Sigma$  Badvolumen – 10.600 l)

Die Wärmestrom-Messungen erfolgten eingriffslos an den heißwasserführenden Rohren. Lediglich eventuell vorhandene Isolierungen mussten entfernt werden. Die Volumenstrommessungen wurden mittels eines Ultraschalldurchflussmessgerätes (drei Bilder auf der linken Seite in Abbildung 13) durchgeführt, und die Temperaturmessungen mittels eines 4-Kanal Temperaturmessgerätes mit Thermoelementen (zwei Bilder auf der rechten Seite in Abbildung 13).



Abbildung 13: Messgeräte zur Volumenstrom- und Temperaturmessung von Flüssigkeiten

Das Ultraschall-Messgerät funktioniert nach dem Prinzip des „Ultraschall-Laufzeit Differenzverfahrens“. Die Ultraschallsignale werden von einem Sensor ausgesendet der auf der Rohrleitung installiert ist, auf der gegenüberliegenden Seite des Rohres reflektiert und von einem zweiten Sensor empfangen (Sensoren siehe Abbildung 13 Mitte und links unten). Die Signale werden abwechselnd in und entgegen der Flussrichtung gesendet.

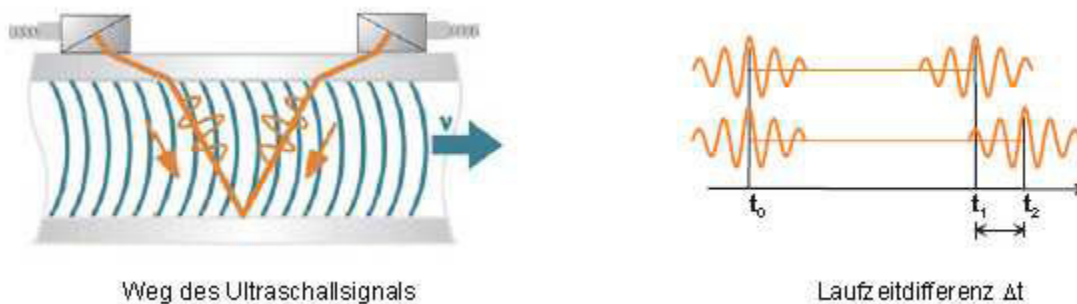


Abbildung 14: Prinzip des Laufzeit- Differenzverfahrens bei der Ultraschalldurchflussmessung

Da das Medium in dem sich der Ultraschall ausbreitet fließt, ist die Laufzeit der Ultraschallsignale in Flussrichtung kürzer als entgegen der Flussrichtung. Die Laufzeitdifferenz  $\Delta t$  wird gemessen und erlaubt die Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit auf dem von Ultraschallsignalen durchlaufenen Pfad. Durch manuelle Eingabe des Innendurchmessers des Rohres kann das Messgerät daraus direkt den Volumenstrom berechnen.

Als Beispiel sind nachfolgend die Ergebnisse der Wärmestrommessungen am Hauptverteiler für die Bereiche „Gießerei und Produktion“ in der Heizzentrale dargestellt.

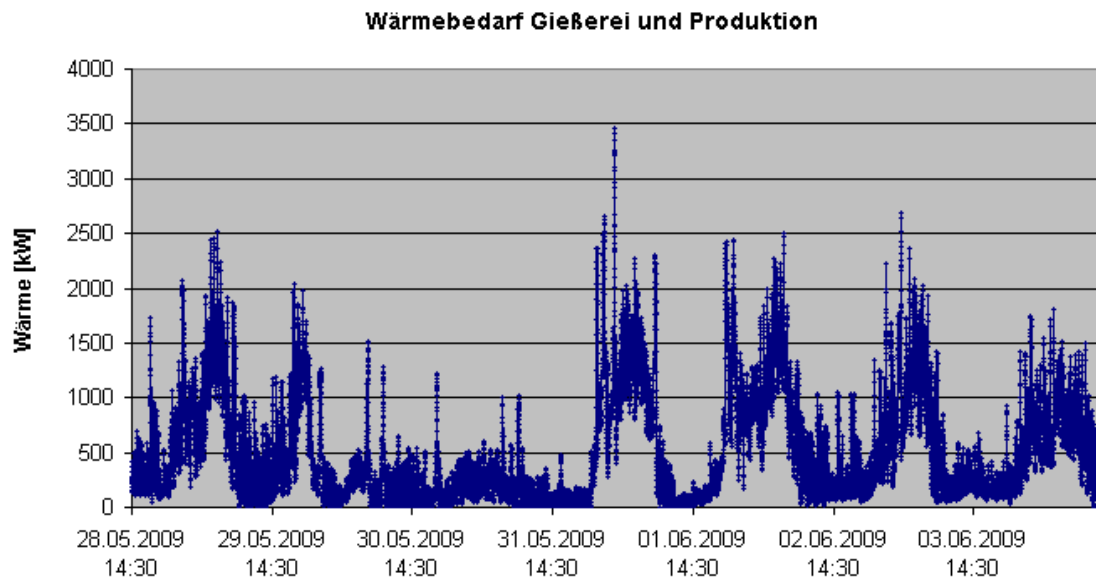


Abbildung 15: Wärmestrom Hauptverteiler „Gießerei und Produktion“

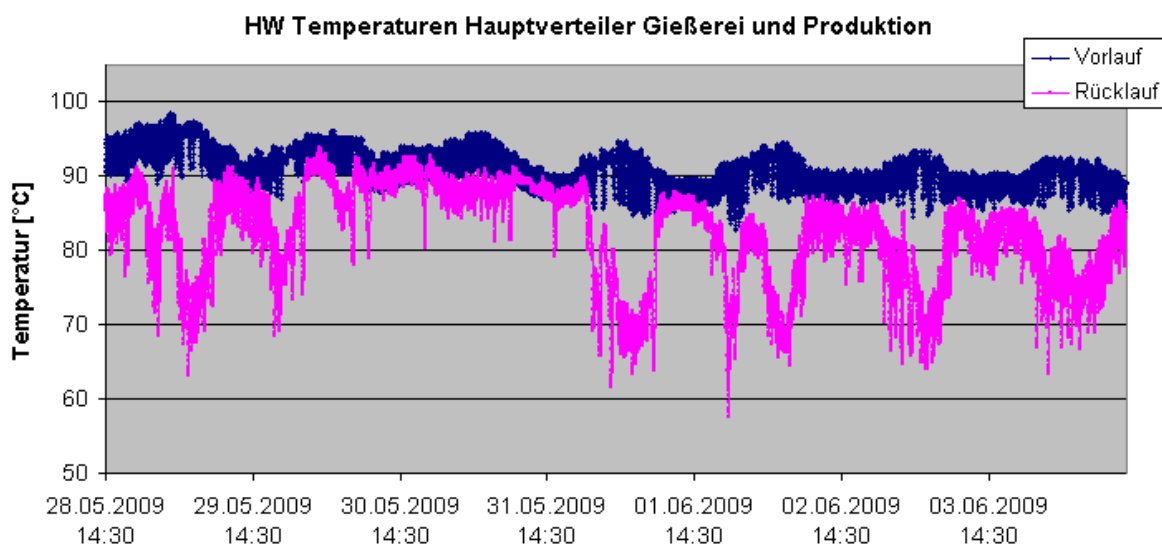


Abbildung 16: Heißwasser Vor- und Rücklauftemperaturen im Hauptverteiler „Gießerei und Produktion“

Die Ergebnisse dieser Messungen und der darauf aufbauenden Bilanzierungen sind in einem Sankey Diagramm (Abbildung 18) dargestellt.

Mit dem heißen Abgas aus den Heizkesseln ( $>130^{\circ}\text{C}$ ), kann über einen Abgas-Wasser-Wärmetauscher („Economizer“) der abgekühlte Rücklauf des Heißwassers aus der Ringleitung vorgewärmt werden, bevor er wieder in die Kessel gelangt. Dies resultiert in einer Einsparung im Primärenergiebedarf (Erdgas), sowie in einer Reduktion des  $\text{CO}_2$  Ausstoßes des Betriebes. Die erzielbaren Einsparungen bei Abkühlung des Abgases auf  $100^{\circ}\text{C}$  sind in Tabelle 6 dargestellt. Zur Wärmerückgewinnung aus dem Kessel-Abgas ist lediglich ein Wärmetauscher nötig, da die Abgase beider Kessel in einen Sammelkamin münden.

| Monat                    | Kessel - 5 MW | Kessel - 3 MW | Summe   |
|--------------------------|---------------|---------------|---------|
| Jän. 08                  | 7.716         | 23.874        | 31.591  |
| Feb. 08                  | 1.774         | 19.803        | 21.576  |
| Mär. 08                  | 112           | 17.090        | 17.202  |
| Apr. 08                  | 0             | 11.726        | 11.726  |
| Mai. 08                  | 0             | 8.109         | 8.109   |
| Jun. 08                  | 66            | 6.917         | 6.983   |
| Jul. 08                  | 481           | 5.727         | 6.207   |
| Aug. 08                  | 3.610         | 3.759         | 7.369   |
| Sep. 08                  | 11.464        | 239           | 11.702  |
| Okt. 08                  | 38            | 10.913        | 10.952  |
| Nov. 08                  | 1.150         | 19.669        | 20.819  |
| Dez. 08                  | 0             | 26.840        | 26.840  |
| Summe                    | 26.411        | 154.665       | 181.076 |
| Gaseinsparung [kWh]      | 28.277        | 163.321       | 191.598 |
| Gaseinsparung [m³]       | 2.885         | 16.665        | 19.551  |
| Mögliche Einsparung [€]: | 1.301         | 7.513         | 8.814   |

Tabelle 6: Wärmerückgewinnung aus dem Abgas der Heizkessel

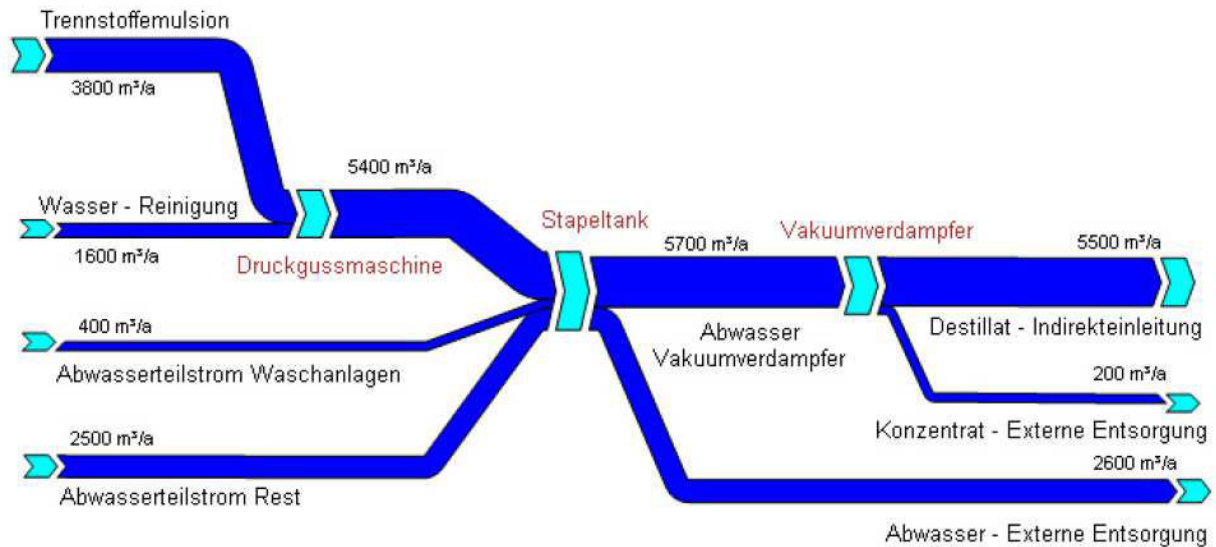


Abbildung 17: Sankey Diagramm der Abwasserflüsse – IST Zustand

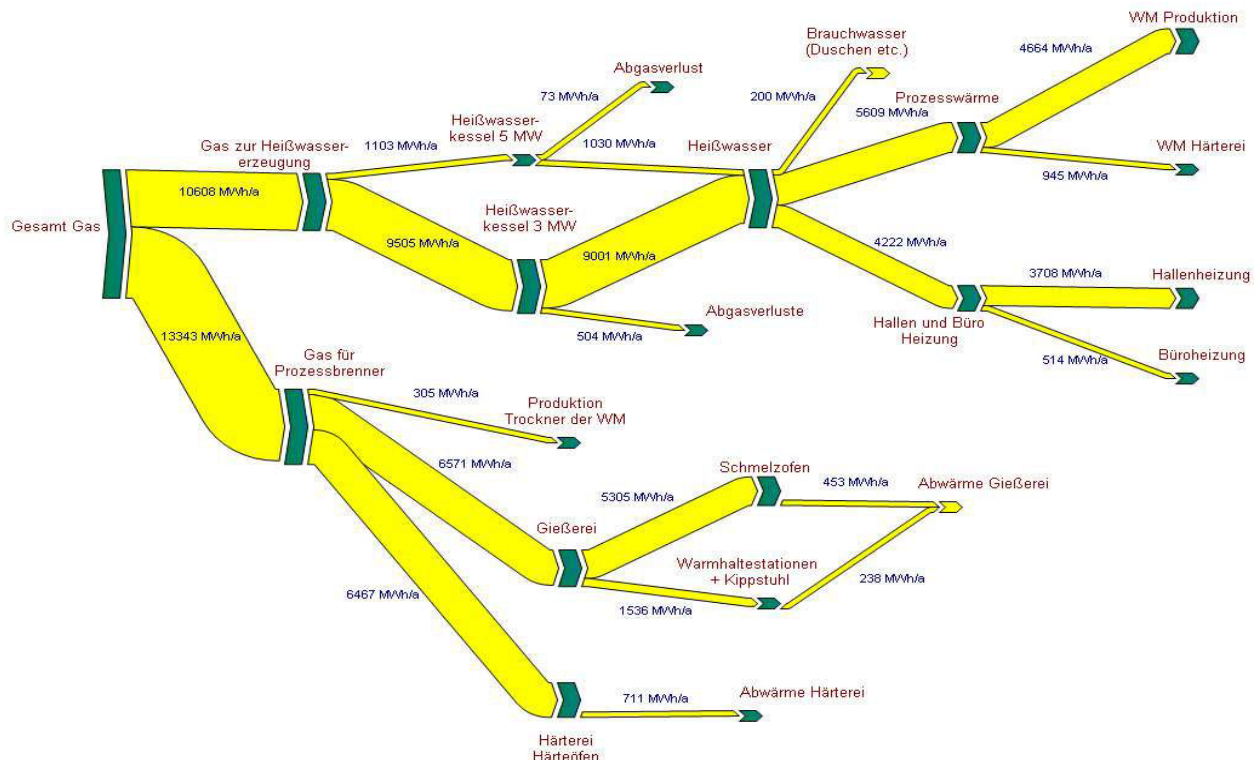


Abbildung 18: Sankey Diagramm der thermischen Energieflüsse – IST Zustand

Die Investitionskosten eines solchen „Economizers“ werden sich in etwa zwischen 5.000 und 15.000 € bewegen. Verglichen mit den erzielbaren Einsparungen stellt diese Maßnahme also

durchaus eine wirtschaftlich interessante Möglichkeit zur Energieeffizienz-Steigerung im Betrieb des Antragstellers dar.

Falls die Konzepte zur Wärmerückgewinnung aus den Sammelkaminen der Gießerei und Härterei umgesetzt werden, bedeutet dies, dass der Erdgas-Bedarf der Heizkessel sinken wird, da ein Teil der benötigten Wärme über die Wärmerückgewinnung und nicht mehr über die Heizkessel bereitgestellt wird. Dadurch ergibt sich auch eine neue Basis für die Berechnung der Wärmerückgewinnung aus den Heizkesseln. Die rückgewinnbare Wärmemenge wird sich ebenfalls reduzieren. Folgende Einsparungen lassen sich erzielen: 179.200 kWh/a oder 18.290 m<sup>3</sup>/a Erdgas bzw. 8.240 €/a.

Die genaue technische und wirtschaftliche Umsetzung aller vorgeschlagenen Energie-Effizienz-Maßnahmen muss in Zusammenarbeit mit Heizungs- bzw. Anlagenbauern und Wärmetauscher-Herstellern geplant werden.

#### 4.4 Darstellung des Gesamtkonzeptes (Wärmerückgewinnung und Prozesswasser-Wiederverwendung)

Das Ziel des Projektes EnWa bestand in der Entwicklung eines Konzeptes zur technologischen Systemoptimierung des Produktionsbereiches „Gießerei“ durch Betrachtung der ansonsten meist getrennt untersuchten Bereiche „Prozesswasser-Wiederverwendung“ und „Wärmerückgewinnung“. Vor allem vor dem Hintergrund einer optimalen Nutzung vorhandener Abwärmeströme wurden die Systemgrenzen des Produktionsbereiches Gießerei auf den gesamten Betriebsstandort erweitert und so ausgehend von einer detaillierten Systemanalyse Möglichkeiten der Abwärmenutzung erarbeitet. Im Zuge der Systemanalyse wurden außerdem Möglichkeiten der Prozesswasser-Wiederverwendung geprüft und entsprechende Konzepte zur prozessnahen Aufbereitung von Abwasser-Teilströmen erarbeitet. Im Rahmen der Darstellung des Gesamtkonzeptes wurden in weiterer Folge nachstehende Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung (WRG) und Prozesswasser-Wiederverwendung zur Weiterverfolgung vorgeschlagen und näher betrachtet:

- **Wärmerückgewinnung aus dem Sammelkamin der Gießerei** durch Installation eines oder mehrerer Abgaswärmetauscher zur Vorwärmung des Heißwasser-Rücklaufs in der Ringleitung
- **Wärmerückgewinnung aus den Heizkesseln** mittels Abgas-Wasser-Wärmetauscher (Economizer) zur Vorwärmung des Heißwasser-Rücklaufs
- **Wärmerückgewinnung aus dem Sammelkamin der Härterei** durch Installation eines oder mehrerer Abgaswärmetauscher zur Vorwärmung des Heißwasser-Rücklaufs in der Ringleitung
- **Absenkung der Heißwasser-Vorlauftemperatur** von 90°C auf beispielsweise 80°C (siehe unten!)

- **Aufbereitung des Abwasserteilstroms Gießerei mittels Ultrafiltration** und Wiederverwendung des generierten Filtrats zum Neuansatz der Trennstoffemulsionen

Durch die Absenkung der Heißwasser-Vorlauf Temperatur lässt sich eine Wirkungsgradsteigerung der beschriebenen Wärmerückgewinnungsmaßnahmen erreichen. Bei einer Absenkung der Heißwasser Temperatur von 90°C auf beispielsweise 80°C könnte mehr Abwärme aus den Abgas-Kaminen durch die tiefere Abkühlung des Abgases rückgewonnen werden. In diesem Zusammenhang ist allerdings darauf zu achten, dass der Abgas-Taupunkt nicht unterschritten wird, da es dadurch zu Korrosionserscheinungen an den Wärmetauscherflächen kommen kann. Eine theoretische Absenkung der Versorgungstemperatur ist insofern vorstellbar, als dass alle mit Heißwasser versorgten Prozesse auf weit geringeren Temperaturniveaus ablaufen (Badtemperaturen der Waschprozesse bis zu 60°C) als derzeit durch das bestehende Heißwasser-Ringleitungssystem zur Verfügung gestellt wird. Für die praktische Umsetzung ist allerdings zu überprüfen, ob die bestehenden Wärmetauscher auch bei niedrigeren Versorgungstemperaturen die benötigten Prozesstemperaturen sicherstellen können bzw. ob die vorhandenen Wärmetauscherflächen eine ausreichende Größe aufweisen. Hierzu müssten alle Auslegungsdaten der betroffenen Wärmetauscher (Wärmetauscher Teilewaschanlagen und Heizregister) verifiziert aber auch die vorhandenen Kompensatoren (flexibles Element zum Ausgleich der thermischen Längenänderungen) auf ihre weitgehende Dichtheit bei geringerem Temperaturniveau überprüft werden. Bei notwendigen Investitions- und Umbaukosten ist die Wirtschaftlichkeit der Effizienzmaßnahme angesichts des eher geringen Einsparpotentials (bei Absenkung der Vorlauf-Temperatur um 10 °C ca. 4.000 €/a bzw. 85.000 kWh<sub>th</sub>/a) im Detail zu prüfen.

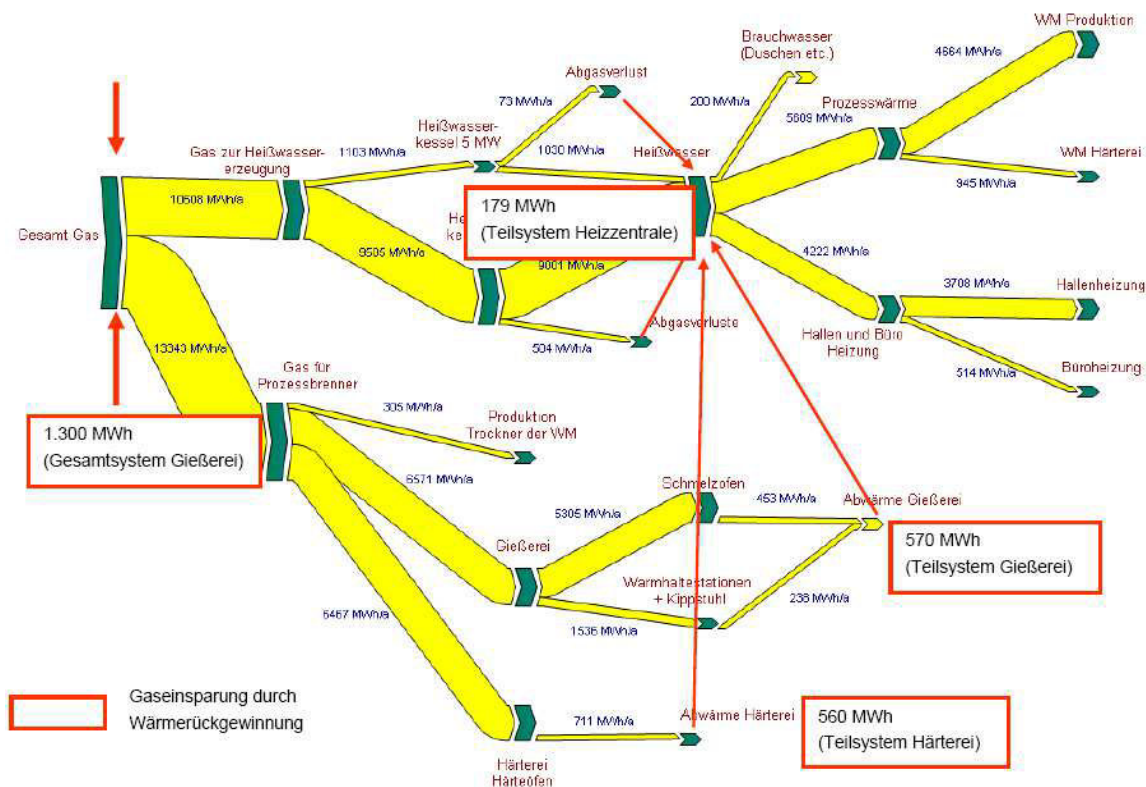


Abbildung 19: Sankey-Diagramm der thermischen Energieflüsse – Optimierte Situation

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmerückgewinnungsmaßnahmen wird großteils durch quantitative Kriterien wie die nutzbare Abwärmemenge bestimmt; hierbei spielen Faktoren wie Abgastaupunkt, Temperaturniveau der Wärmesenke und räumliche Gegebenheiten eine wesentliche Rolle. Optimierungskonzepte zur Wiederverwendung von Prozesswasser erfordern die Berücksichtigung einer Reihe von qualitativer Kriterien, die in Abhängigkeit von den verfahrenstechnischen Anforderungen bzw. der geforderten Produktqualität der jeweiligen Prozesse definiert sind. Der Wiederverwendung von Prozesswasser sind demnach klar definierbare physikalische und chemische Grenzen gesetzt, wobei sich diese durch Einzelparameter (z.B. Glykol) oder Summenparameter (z.B. Chemischer Sauerstoffbedarf) ausdrücken lassen.

Das im Gießereiprozess anfallende Abwasser resultiert im Wesentlichen aus der Aufbringung von Trennstoffemulsionen auf das Druckgussformwerkzeug, wodurch eine gute Entformbarkeit der Fertigteile und eine Abkühlung der Druckgussform garantiert werden soll. Im gegebenen Fall zeigte sich, dass die Rückführung des bei der Druckgussformenabkühlung anfallenden Abwassers ohne entsprechender Zwischenaufbereitung als äußerst kritisch anzusehen ist, da Störstoffe wie Öle, Fette, etc. den Prozess negativ beeinflussen können bzw. leichtflüchtige Trennstoffkomponenten durch die erfolgte thermische Belastung nicht mehr zur Verfügung stehen. Im Gegensatz dazu ist durch die gezielte Entfernung von Störstoffen eine Rückführung des anfallenden Abwasserteilstroms Gießerei vorstellbar. Durch Nutzung des generierten Filtrats zum Neuansatz der Trennstoffemulsion kann zum einen der Abwasseranfall und somit

die Entsorgungskosten auf ein Optimum reduziert werden, zum anderen kann durch Anpassung des Mischverhältnisses der VE-Wasser- und Trennstoffbedarf beim Neuansatz wesentlich optimiert werden. Bei der Durchführung der Ultrafiltrationsversuche zeigte sich eine weitgehende Entfernung emulgierter Öle und Fette, wodurch eine CSB-Reduktion von im Mittel 76,8 % erzielt werden konnte. Ein direkter Wiedereinsatz des generierten Filtrats ohne entsprechenden Zusatz von Trennstoffen bzw. VE-Wasser ist allerdings aufgrund der unter Kapitel 2.1.1 als kritisch bezeichneten Punkte nicht zielführend.

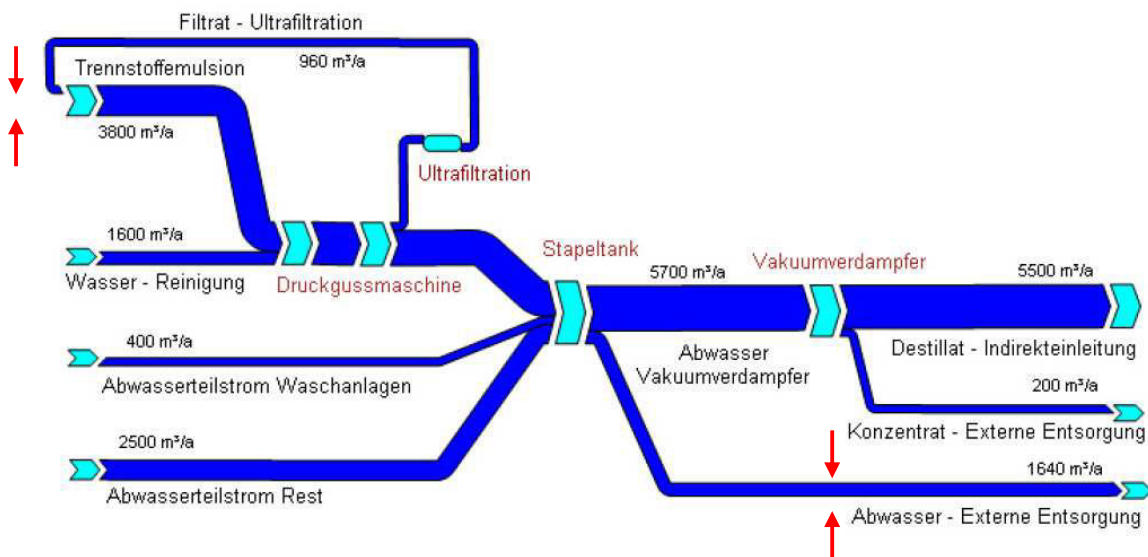


Abbildung 20: Sankey Diagramm der Abwasserflüsse – Optimierter Zustand

Durch Verdünnung des Filtrats mit VE-Wasser kann die Konzentration des für den Prozess limitierenden Faktors Glykol auf ein Niveau gesenkt werden, das eine negative Beeinflussung des Prozesses ausschließen lässt. Zudem wird mit dem neuerlichen Zusatz von Trennstoffen eine ordnungsgemäße Wirkweise der Trennstoffemulsion gewährleistet. Das anzuwendende Mischverhältnis ist im Rahmen von Laborversuchen und Trennstoffversuchen auszutesten. Bei dem oben dargestellten Konzept werden lediglich 25% des anfallenden Abwasserteilstroms Gießerei durch Aufbereitung mittels Ultrafiltration in den Prozess rückgeführt. Da über die bestehende Vakuumverdampferanlage nach derzeitigem Stand lediglich 70% des anfallenden Abwassers aufbereitet werden können, resultiert der wirtschaftliche Erfolg der Maßnahme im Wesentlichen aus der Reduktion der Kosten für die externe Abwasserentsorgung.

Für die Umsetzung der beschriebenen Optimierungsmaßnahmen sind aufbauende Arbeiten durchzuführen. Die technische und wirtschaftliche Detailplanung und Umsetzung der vorgeschlagenen Konzepte werden dabei in enger Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern erfolgen.

### 4.5 Systemoptimierung im Bereich der Druckgussherstellung

Da sich die prozess- und produktionsspezifischen Anforderungen an das betriebliche Energie- und Wassermanagement je nach Industriebetrieb und Produktionsstandort wesentlich unterscheiden können, kommt der Systemanalyse eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen zu. In einem ersten Schritt sollten daher wie schon mehrfach dargestellt alle relevanten Produktionsbereiche und –prozesse (bzgl. (Ab)Wasserströme, thermische Energieströme, etc.) von irrelevanten abgegrenzt und die produktions- und prozessspezifischen Daten dieser Bereiche erfasst und analysiert werden. Eine Erweiterung der Systemgrenzen auf den gesamten Betriebsstandort ist vor allem vor dem Hintergrund einer effektiven Abwärmenutzung der im Bereich der Druckgussfertigung anfallenden Abwärme unumgänglich, da vorhandene Abwärmeströme aufgrund des fehlenden Bedarfs vielfach nicht im Produktionsbereich Gießerei eingebunden werden können. Folgende grundlegende Schritte sollten bei der technologischen Systemoptimierung der Bereiche „Wärmerückgewinnung“ und „Prozesswasser-Wiederverwendung“ daher berücksichtigt werden:

#### **Erste grobe Übersicht über alle Betriebsbereiche (über das „System“ Gießerei hinausgehend!)**

Aus dem vorliegenden Projekt konnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine Gießerei nicht als isolierte Einheit betrachtet werden sollte, sondern dass die Systemgrenzen auf weitere Betriebsbereiche – sofern vorhanden – erweitert werden müssen, um optimale Maßnahmen zur Effizienzsteigerung identifizieren zu können.

#### **Identifikation der thermischen Energieversorgung, -verteilung, –endverbraucher, der wasserführenden Prozesse und der Anlagen zur (Ab)Wasseraufbereitung**

- Thermische Energiequellen (Strom, Erdöl, Erdgas...)
- Energieumwandlung: Heizkessel (Heißwasser Vor- und Rücklauftemperatur), Prozessbrenner etc. und deren Regelung
- Energieverteilung: Heißwasser-Hauptverteiler in den Heizzentralen, Verlauf von Leitungsnetzen (z.B. Ringleitung)
- Thermisch relevante End-Energieverbraucher und Zuteilung zu Wärmeverteilern: z.B. Waschbäder, die per Wärmetauscher mit Heißwasser aus einer Ringleitung beheizt werden oder Heizregister zur Hallenheizung; Prozesstemperaturniveaus der End-Energieverbraucher (z.B. Badtemperatur eines Entfettungsbades)
- Erstellung eines Betriebsfließbildes aller thermisch relevanten Bereiche und Anlagen: Ziel soll es sein, den Prozessen bzw. Strömen in diesem Fließbild in möglichst großem Detailgrad Energieverbrauchswerte und andere Prozessdaten (Temperaturen) zuzuweisen. Diese Werte werden anhand von Energiebilanzierungen und Messungen im Zuge der Projektbearbeitung ermittelt.

- Prozesswasser- und Abwasserversorgung: Anlagenkapazitäten, technische Spezifikationen, Maßnahmen zur Prozesswasser-Wiederverwendung; Ziel soll es sein Abwasser-Teilströme zu identifizieren, die einer Wiederverwendung zugeführt werden können;

### Erhebung genereller Betriebsdaten

- Betriebszeiten (je Betriebsbereich) und Betriebstage pro Jahr; Anzahl an Schichten
- Maschinenauslastung, Nutzungsanalysen, etc.
- Anlagenpläne, Übersichtspläne des Betriebsstandortes

### Aufnahme aller relevanter Daten und Prozesse

Die Energie- und Wasserbilanzierungen werden üblicherweise für ein ganzes Jahr durchgeführt, daher sollten die Daten, auf denen diese basieren, möglichst aus ein und demselben Jahr stammen.

- Aufzeichnungen des primären thermischen Energieverbrauchs (z.B. Erdgasabrechnungen), in möglichst hohem zeitlichen Detailgrad (zumindest monatlich) und soweit vorhanden unterteilt nach verschiedenen Energieverbrauchern (z.B. Heizkessel, Prozessbrenner A, Prozessbrenner B...)
- Aktuelle Brennerprüfprotokolle aller Prozessbrenner und Heizkessel: Diese enthalten Daten wie Abgastemperaturen, Wirkungsgrade oder Luftzahl und müssen vorhanden sein.
- Aufzeichnungen diverser betriebsinterner Wärmemengen- oder Brennstoffzähler, soweit vorhanden.
- Suche nach mechanischen Verbrauchszählern, z.B. Gaszähler an Prozessbrennern: Ablesen der Zähler über mehrere Wochen und Hochrechnen auf Jahresenergieverbrauch
- Aufzeichnungen zum Wasserbedarf und Abwasseranfall (z.B. Verrechnungsübersichten) und soweit vorhanden quantitative Zuordnung zu den jeweiligen Prozessen; Abwasserentsorgungskosten (Indirekteinleitung, Aufbereitung, externe Entsorgung)
- Aufzeichnungen zur Analyse von Wasserproben, Prüfberichte

### Messung und Erhebung fehlender Daten

- Wärmesenken: Für die Wärmerückgewinnung kann es sinnvoll sein, das genaue Lastprofil der Wärmesenken zu kennen, um zu erfahren, zu welchen Zeiten (Ab)Wärme überhaupt benötigt wird und wann eine Wärmerückgewinnung ohnehin sinnlos wäre. Grundsätzlich kann über eine Wärmestrommessung (Durchfluss und Temperatur) das zeitliche Profil des gesamten in den Heizkesseln erzeugten Warmwassers aufgezeichnet werden bzw. die Aufteilung des gesamten Warmwassers auf einzelne Hauptverteiler oder Anlagen. Für ein vollständiges Bild sollte der jeweilige Verlauf über eine ganze Woche aufgezeichnet werden.
- Abwärmequellen: Die Abgastemperaturen und -mengen aus Schmelzöfen oder Heizkesseln können – zur Verifizierung der Angaben auf den Brennerprüfprotokollen – mittels Prandtlrohr und Temperatursonde überprüft werden. Je nach Betriebszustand der Brenner können

punktueller Messungen durchgeführt werden, um ein Profil der minimalen und maximalen Abgastemperaturen und –mengen zu erhalten.

- Trennmittel- und VE-Wasserbedarf: Erhebung des Formtrenn- und Schmiermittelbedarfs bzw. VE-Wasserbedarfs auf Basis Durchflussmessungen; Nutzungsanalyse nach Maschinenlaufzeiten und Takten; Analyse des eingesetzten Formtrenn- und Schmiermittels auf Basis analytischer Untersuchungen
- Abwasserteilstrom Gießerei: Erhebung der spezifischen Abwassermenge aus der Gießerei (Abwasserteilstrom Gießerei) und Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung auf Basis von Durchflussmessungen; Nutzungsanalysen nach Maschinenlaufzeiten und Takten; analytische Untersuchungen
- Abwasseraufbereitung: Erhebung der spezifischen Kosten im Bereich der Abwasseraufbereitung und VE-Wasser Bereitstellung

### **Erstellung einer Energie- und Wasserbilanz**

Ziel der Bilanzierung ist es, einerseits einen Überblick über die Verteilung des gesamten Wasser und Energie Inputs auf unterschiedliche Produktionsbereiche und Anlagen zu erhalten und andererseits Abwärmequellen und Möglichkeiten der Prozesswasser-Wiederverwendung zu identifizieren. Potentiale zu Wärmerückgewinnung können beispielsweise nur dann optimal genutzt werden, wenn genügend Informationen sowohl zu Abwärmequellen, als auch Wärmesenken vorhanden sind.

- Berechnung der erzeugten jährlichen Warmwassermenge und des Abgasverlustes der Heizkessel anhand der Brennstoffaufzeichnungen und der Brennerprüfprotokolle
- Aufteilung des gesamten Warmwasserverbrauchs auf Prozesswärme und Heizungswärme: Dies kann aus dem Verlauf des monatlichen Brennstoffverbrauchs der Heißwasserkessel herausgelesen werden. Der Verbrauch in den Sommermonaten stellt den konstanten monatlichen Prozesswärmebedarf dar, alles was in der Heizperiode darüber hinausgeht, ist dem Heizbedarf zuzurechnen. Für die Konzeptionierung von etwaigen Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung ist es notwendig, zuerst den Wärmebedarf und dessen Verlauf übers Jahr zu kennen.
- Sofern möglich, Aufteilung des Prozesswärmebedarfs auf unterschiedliche Betriebsbereiche (→ Bilanzierungen, Messungen, bestehende Wärmezähler...)
- Berechnung der Abgasverluste der Prozessbrenner (z.B. Schmelz- oder Warmhalteöfen) anhand des Brennstoffverbrauchs (Aufzeichnung, Bilanzierung oder erste Abschätzung) und der Prüfprotokolle der einzelnen Brenner

### **Identifizierung von Maßnahmen zu Wärmerückgewinnung**

Wärmerückgewinnung aus den Abgasen von Heizkesseln oder Prozessbrennern:

- Abgasverlust und Abgastemperatur ist bereits bekannt, falls nicht können mittels Prandtlrohr und Temperatursonden Messungen durchgeführt werden

- Suche nach entsprechenden Wärmesenken, in die die Abwärme integriert werden könnte, beispielsweise der Rücklauf einer Heißwasserleitung. Es muss hierbei darauf geachtet werden, welches Temperaturniveau die Wärmesenke benötigt und ob die Abwärmequelle dieses Temperaturniveau bereitstellen kann. Bei komplizierten Systemen, mit vielen Abwärmequellen und Wärmesenken, könnten mathematische Modelle wie die „Pinch-Analyse“ angewandt werden, um das optimale Wärmetauschernetzwerk zu identifizieren.
- Berechnung der tatsächlich rückgewinnbaren Wärmemenge. Diese hängt von der Zieltemperatur der aufzuheizenden Wärmesenke und dem Delta T der verwendeten Wärmetauscher ab.

Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren oder Kompressions-Kältemaschinen: Temperaturniveau der Abwärme eher niedrig (bis etwa 70/80°C) je nach Bauart

### **Spezifische Punkte zur Wärmerückgewinnung und Prozesswasser-Wiederverwendung in Gießereien**

Abgastaupunkt: Bei Wärmerückgewinnung aus bzw. generell bei Abkühlung von Abgasen, sollte ein entsprechender Abstand zum Taupunkt des Rauchgases eingehalten werden, um die Kondensation von Wasser und eventuell auch Säuren in den Wärmetauscher-Rohren und im Kamin zu vermeiden. Dies würde zu Korrosion und Ablagerungen führen und die Wärmeübertragung beeinträchtigen. Der Taupunkt ist jene Temperatur, bei deren Unterschreiten der erste Wassertropfen aus dem Rauchgas auskondensiert. Gewisse Verunreinigungen im Rauchgas können zudem dazu führen, dass sich Säuren bilden, die schon bei höheren Temperaturen auszukondensieren beginnen. Daher sollten solche Wärmetauscher aus korrosionsbeständigem Material ausgeführt werden. Zusätzlich muss ein Bypass-Rohr um den Wärmetauscher installiert werden, damit bei Reinigungsvorgängen in den Öfen (bei denen eventuell auch Salze eingesetzt werden), das Abgas nicht über den Wärmetauscher sondern über den Bypass gefahren werden kann. Dadurch stellt die höhere Staubbelastung während der Reinigung für den Wärmetauscher kein Problem dar. Jedenfalls muss für Abgase von Schmelzöfen mit höheren Taupunkten gerechnet werden, als in herkömmlichen Warmwasserkessel. Hierzu sollte der Anlagenbauer konsultiert werden.

Typische Abwärmequellen: Abgase von Schmelz- und Warmhalteöfen oder Kippstühlen; eventuell auch Druckluftkompressoren, selten Kältemaschinen

Sammelkamin: In einem Fallbeispiel münden die Abgase aller Schmelz- und Warmhalteöfen der Gießerei in einen gemeinsamen Sammelkamin. Dies vereinfacht die Wärmerückgewinnung und verbessert die Wirtschaftlichkeit, da nur ein Wärmetauscher installiert werden muss.

Wärmerückgewinnung: In einem Fallbeispiel bot sich die Rückgewinnung der Abgaswärme und Integration in das Heißwasser-Netz an. Mit dem heißen Abgas kann der abgekühlte Heißwasser-Rücklauf vorgewärmt werden, bevor er wieder in den Heizkessel zurückgelangt. Dadurch kann eine Reduktion des Primärenergieeinsatzes erreicht werden. Druckluftkompressoren oder auch Kältemaschinen stellen Abwärme auf niedrigerem Temperaturniveau zur Verfügung. Eine potentielle Möglichkeit zur Nutzung dieser Abwärme

stellt die Einbindung in einen Vakuumverdampfer zur Abwasserreinigung dar, der geringere Prozesstemperaturen benötigt.

Prozesswasser-Wiederverwendung: Ein Wiedereinsatz der als Abwasser anfallenden Trennstoff-Alt-emulsion ist erst nach entsprechender Aufbereitung möglich, wobei sich durch Einsatz der Membranfiltration die Möglichkeit der selektiven Rückgewinnung von Trennstoffkomponenten bei gleichzeitiger Störstoffentfernung eröffnet. Zu beachten sind allerdings die als problematisch eingestuften Punkte Organische Restverunreinigung, Korrosionsverhalten und Keimbelastung. Labor- und Pilotversuche sind zur erfolgreichen Implementierung von Zwischenaufbereitungsanlagen mit dem Ziel der teilweisen oder vollständigen Kreislaufschließung unumgänglich.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Rahmen des Projektes EnWa wurde eine Vielzahl von Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Wärmerückgewinnung evaluiert und die Möglichkeit der Prozesswasser-Wiederverwendung im Zuge von Labor- und Pilotversuchen im Detail untersucht. Die primäre Zielsetzung bestand dabei in der technologischen Systemoptimierung des Produktionsbereiches Gießerei durch Betrachtung der meist getrennt untersuchten Bereiche „Wärmerückgewinnung“ und „Prozesswasser-Wiederverwendung“. Durch Einsatz der Membranfiltration zur Aufbereitung und Wiederverwendung des Abwasserteilstroms aus der Druckgussformkühlung bzw. durch Integration eines Wärmetauschernetzwerkes zur effektiven Rückgewinnung vorhandener Abwärmeströme sollte das betriebliche Wasser- und Energiemanagement optimiert und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses „Gießerei“ unter Erweiterung der Systemgrenzen auf den gesamten Betriebsstandort erhöht werden. Diese Erweiterung der Systemgrenzen ist vor dem Hintergrund einer effektiven Abwärmenutzung im Bereich der Druckgussfertigung unumgänglich, da vorhandene Abwärmeströme aufgrund des fehlenden Bedarfs vielfach nicht im Produktionsbereich Gießerei eingebunden werden können. Durch Erweiterung der Systemgrenzen auf den gesamten Betriebsstandort besteht im gegebenen Fall daher die Möglichkeit, die vorhandenen Abwärmeströme durch Einbindung in die Heißwasser-Ringleitung zu nutzen und so den thermischen Primärenergiebedarf (Erdgas) zur Heißwassererzeugung zu reduzieren. Dadurch könnten beispielsweise die Waschbäder der zur Teilereinigung im Bereich der Produktion eingesetzten Teilewaschanlagen indirekt über die Heißwasser-Ringleitung mit Abwärme beheizt, und so der dafür nötige Ressourcenbedarf auf ein Optimum reduziert werden. Daneben bietet die prozessnahe Aufbereitung und Wiederverwendung des Abwasserteilstroms die Möglichkeit, das bestehende End-Of-Pipe Konzept zu entlasten und so die umweltrelevanten Kosten für den Bereich des betrieblichen Wassermanagement zu reduzieren. Bei absehbar steigenden Energie- und Abwasserentsorgungskosten sind Maßnahmen der „Prozesswasser-Wiederverwendung“ und „Wärmerückgewinnung“ daher naheliegende Möglichkeiten, um die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen zu erhöhen und so die ökonomische als auch ökologische Wertschöpfung der eingesetzten Roh-, Betriebs- und Prozesshilfsstoffe zu steigern. Zusammenfassend führten die Arbeiten im Rahmen des Projektes EnWa daher zu nachstehenden Erkenntnissen:

- Die Erhöhung der Ressourceneffizienz stellt ein großes Potenzial zur Verbesserung der Wettbewerbssituation von Unternehmen dar
- Große Einsparungen können nur durch eine intelligente Kombination aus Technologie- und Systemoptimierung erfolgen
- Maßnahmen zur technologischen Systemoptimierung sollten immer in Kombination mit der verbesserten Nutzung aller Produktionsfaktoren erfolgen
- Zur Entwicklung praxisnaher Optimierungskonzepte ist eine systematische Vorgehensweise unumgänglich

## IMPRESSUM

### **Verfasser**

MAGNA Powertrain AG & Co KG

Industriest. 35, 8502 Lannach

Tel: +43 50 444-0

Fax: +43 50 444-2298

Web: [www.magnapowertrain.com](http://www.magnapowertrain.com)

### **Autoren**

MAGNA Powertrain AG & Co KG

Justine Pisjak

Christian Hinteregger

Rotreat Abwasserreinigung GmbH

Robert Gampmayer

Michael Schöffel

JOANNEUM RESEARCH

Forschungsgesellschaft mbH

Peter Enderle

Eva-Maria Heigl

Christoph Brunner

### **Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber**

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

### **Disclaimer**

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

### **Gestaltung des Deckblattes**

ZS communication + art GmbH