

Energieeffizienzsteigerung in Unternehmen der stahlverarbeitenden Industrie durch Abwärmenutzung im Niedertemperaturbereich

DI (FH) Christina Krenn, Dr. Johannes Fresner, DI Erich Meixner¹

STENUM GmbH, Geidorfgürtel 21, 8010 Graz, Tel.: 0316/367156-0, c.krenn@stenum.at, www.stenum.at

Kurzfassung: In der österreichischen stahlverarbeitenden Industrie werden jährlich ca. 32.239.489 GJ Öl, 46.675.484 GJ Erdgas und 0,93 GJ Strom² eingesetzt, wobei ein Teil der eingesetzten Energie in Form von Abwärme bisher ungenutzt in die Umgebung abgegeben wird. Betrachtet man die fünf Prioritätsstufen zur Nutzung von Abfallenergien, sind energieintensive Unternehmen, wie z.B. die stahlverarbeitende Industrie, mehrheitlich am Schritt vier, der internen Energienutzung, angelangt. Die Energieeffizienzsteigerung in energieintensiven Unternehmen kann somit erreicht werden, indem Unternehmen die gesamten Abwärmeströme identifizieren und Konzepte zur Nutzung der Abwärmeströme entwickeln, mit dem Ziel, den Primärenergieeinsatz zu reduzieren.

In Unternehmen der stahlverarbeitenden Industrie entsteht die Abwärme im Verlauf des Produktionsprozesses. Die im Strangguss erzeugten Knüppel werden in Drehherdöfen oder Hubbalkenöfen erhitzt und weiterverarbeitet. Weitere im Verlauf des Fertigungsprozesses eingesetzte Ofentypen sind Patentieröfen, Härteöfen, Trockenöfen und Glühöfen zur Erstellung des gewünschten Gefüges. Diese Öfen verfügen über eine rekuperative als auch regenerative Vorwärmung der Verbrennungsluft, trotzdem entweicht das Ofenabgas noch bei einer Temperatur von ca. 300 °C ungenutzt in die Umgebung. Im Verlauf des Produktionsprozesses wird den Walzprodukten die noch enthaltene Wärme über Luftkühlung (Kühlbetten) oder durch Wasserkühlung (Quenchkühlung) entzogen.

Die Identifikation von Wärmesenken und die Einbindung in die unternehmensinterne Energieversorgung erfordert meist eine komplexe Betrachtung der Prozesse. Dazu sind aus derzeitiger Sicht folgende Schritte notwendig:

- Schaffung einer Datenbasis in Form von Messungen
- Prozess- und Energieanalyse (Pinch-Analyse, Sankeydiagramme)
- Simulation von Möglichkeiten der Nutzung der Wärmeenergie aus Abwärmeströmen
- Risikoanalyse der identifizierten Möglichkeiten (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse - FMEA)

¹ voestalpine Austria Draht GmbH, Bahnhofstraße 2, 8600 Bruck, Tel.: 03862/893-262, Fax: 03862/893-402, erich.meixner@voestalpine.com, www.voestalpine.com/austriadraht

² vgl. Statistik Austria, Investitions- und Bilanzstatistik 2006, Erstellt am 23.05.2007

- Wirtschaftlichkeitsberechnung (Statische und dynamische Amortisationszeit, interner Zinssatz, Barwertmethode)

Zur Nutzung des Energieinhaltes des Ofenabgases sind der Einsatz von ORC-Anlagen zur Erzeugung von elektrischer Energie und der Einsatz von Abhitzekesteln zur Wärmeauskoppelung denkbar. Eine weitere Wärmequelle stellen die Kühlwasserkreisläufe dar. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, wärmere Teilströme zu separieren und beispielsweise mit Absorptionswärmepumpen auf ein nutzbares Niveau zu bringen, um diese Energie in Nebenprozessen verwenden zu können.

Vorstudien in drei österreichischen stahlverarbeitenden Unternehmen haben gezeigt, dass theoretisch ca. 5 % des Eigenstroms aus Abwärme erzeugt und ca. 10 % des Primärenergieeinsatzes vermieden werden können. In diesen stahlverarbeitenden Unternehmen ist demnach ein enormes Potenzial zur Ausnutzung von Abwärmeströmen zu sehen.

Aus Sicht der Unternehmen ist für den Einsatz neuer Technologien ein ganzheitliches Konzept notwendig, welches den unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen entspricht, kein Risiko für die Produktqualität darstellt, eine optimale Energieausnutzung zum Ziel hat und die Amortisationszeiten für getätigte Investitionen berücksichtigt.

Keywords: Energieeffizienzsteigerung, Abwärmenutzung, ORC-Anlagen, interne Wärmenutzung

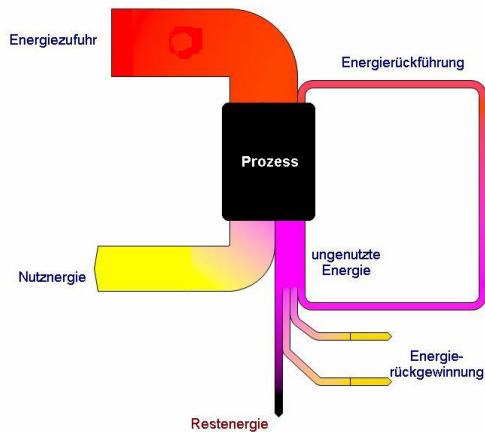
1 Einleitung

Im Verlauf des Produktionsprozesses fallen in der stahlverarbeitenden Industrie Abfallenergien auf verschiedenen Temperaturniveaus an, welche bisher ungenutzt in die Umgebung abgegeben werden. Als wesentliche Quelle für Abfallenergien kann das Ofenabgas gesehen werden. Aufgrund der bereits durchgeführten Optimierung der Brenner (Einsatz von Regenerativbrennern) wurden einerseits Energieeinsparungen erzielt und andererseits liegen die Abgastemperaturen auf einem niedrigen Temperaturniveau vor, sodass eine Abwärmenutzung im Industrieprozess selbst nicht mehr durchgeführt werden kann. Eine weitere Abwärmequelle stellen die Kühlwasserkreisläufe dar. Im Verlauf des Produktionsprozesses wird den Walzprodukten durch Wasserkühlung (Quenchkühlung) Wärme entzogen. Das Temperaturniveau ist ebenfalls im Niedertemperaturbereich anzusiedeln, d.h. die Temperatur des Kühlwassers ist derzeit auf einem Temperaturniveau, welches nicht in Nebenprozessen genutzt werden kann.

Verfahren zur Nutzung der Abwärme unterliegen häufig vielen unternehmensspezifischen Einflussfaktoren. Die Wirtschaftlichkeit der angewandten Verfahren hängt im Wesentlichen von der Effektivität der Wärmerückgewinnung und der identifizierten Wärmesenke ab. Zu diesem Zweck ist es unumgänglich, den Abwärmeeinfall einer ganzheitlichen Betrachtung zu unterziehen, unter Berücksichtigung, dass der Produktionsprozess störungsfrei abläuft und keine negativen Auswirkungen auf die Produktqualität entstehen.

2 Energiesparstrategie

Im Zusammenhang mit Energieeffizienzsteigerung in Unternehmen und die zusätzliche Nutzung von Abwärme hat sich die Energiesparstrategie mit den fünf Prioritätsstufen³ bewährt.



(1) Einführung verlustarmer Technologien

Bei der Neuplanung und bei bestehenden Anlagen wird geprüft, ob energieintensive Prozessstufen vermieden oder durch andere verlustärmere ersetzt werden können.

(2) Prozessoptimierung

Der Energie- und Stoffeinsatz kann durch Prozessoptimierung gezielt reduziert werden, was gleichzeitig auch dazu führt, dass die Energieverluste minimiert werden können.

(3) Energierückführung

Die Nutzung von Restenergie ist dann besonders effizient, wenn sie unmittelbar wieder dem Prozess zugeführt werden kann. In diesem Zusammenhang ist es wesentlich, dass eine Zeitgleichheit zwischen Angebot und Bedarf, sowie eine örtliche Nähe besteht. Dies ist beispielsweise bei der Vorwärmung von Verbrennungsluft gegeben.

(4) Energieabgabe intern

Ist eine Rückführung von Restenergie in den Prozess nicht oder nur teilweise möglich, ist zu prüfen, ob diese anderen Prozessen zuzuführen ist bzw. ob andere Prozesse diese Restenergie aufnehmen können. In der stahlverarbeitenden Industrie kann die Beize, die Hallenheizung usw. als Wärmesenke gesehen werden, was zu einer deutlichen Reduktion des Primärenergieverbrauchs führt.

(5) Energieabgabe extern

Können innerbetrieblich keine Wärmesenken mehr identifiziert werden, sollte eine Energieverwertung in Form von Fernwärme an andere Unternehmen und Kommunen in Betracht gezogen werden. Diese Möglichkeit der Wärmeabgabe ist häufig mit einem hohen Investitionsaufwand verbunden.

In Tabelle 1 werden die fünf Prioritätsstufen nach deren Wirtschaftlichkeit und Investitionsaufwand beurteilt.

³ vgl. Held B., Nyland H., Reinitzhuber F. (1985)

Tabelle 1: Beurteilung der fünf Prioritätsstufen nach Wirtschaftlichkeit und Investitionsaufwand

Sparmaßnahme	Wirtschaftlichkeit	Investitionsaufwand
(1) Einführung verlustarmer Technologien	Hoch	Hoch
(2) Prozessoptimierung	Hoch	Niedrig
(3) Energierückführung	Hoch	Mittel
(4) Energieabgabe intern	Mittel	Mittel
(5) Energieabgabe extern	niedrig	hoch

Abgesehen von neuen verlustarmen Technologien, was meist mit dem Austausch einer ganzen Fertigungsstufe einher geht und der externen Energieabgabe, in Form von Fernwärme an andere Unternehmen oder Kommunen, sprechen die angeführten Kriterien für die Umsetzung der Energiesparstrategie. Die Reihenfolge für die Umsetzung der beschriebenen Schritte kann variieren, da durch die ganzheitliche Betrachtung der unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen oftmals Einsparungspotenziale, der Einsatz neuer Technologien und Maßnahmen der Energierückführung identifiziert werden. Die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen hängt wesentlich von der Wirtschaftlichkeit und der Amortisationszeit für getätigte Investitionen ab. In die Wirtschaftlichkeitsberechnung sollten Energiepreisentwicklungen und Kosten für CO₂ Zertifikate einbezogen werden.

3 Energieeffizienzsteigerung in Unternehmen

3.1 Vorgehensweise

Die Identifikation von Wärmesenken und die Einbindung in die unternehmensinterne Energieversorgung erfordert eine komplexe Betrachtung der Prozesse. Dazu sind aus derzeitiger Sicht folgende Schritte notwendig:

- Schaffung einer Datenbasis in Form von Messungen und die Durchführung einer Prozess- und Energieanalyse. Die zur Anwendung kommenden Instrumente sind die Pinch-Analyse und die Darstellung der Energieflüsse und Abwärmeströme anhand von Sankeydiagrammen.
- Simulation von Möglichkeiten der Nutzung der Wärmeenergie aus Abwärmeströmen
- Risikoanalyse der identifizierten Möglichkeiten (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse - FMEA)
- Wirtschaftlichkeitsberechnung (Statische und dynamische Amortisationszeit, interner Zinssatz, Barwertmethode)

Nachfolgend werden die notwendigen Schritte im Detail dargestellt.

3.2 Prozess- und Energieanalyse

3.2.1 Sankeydiagramm

Ein Sankeydiagramm ist die grafische Darstellung von Stoff-, Energie- und Abwärmeströmen (Menge pro Zeiteinheit) durch ein System. Üblicherweise werden die Ströme als Pfeile dargestellt, wobei die Breite des Pfeils proportional zur Größe des repräsentierten Stromes ist. Mit einem Sankeydiagramm sind Ströme besser darstellbar als in Form von Beschreibungen mit Zahlen und ein Sankeydiagramm zeigt rasch, welche Energiemenge genutzt wird und welche ungenutzt in die Umgebung abgegeben wird. Parallel zur Darstellung der Energieströme können die Abwärmeströme und deren mögliche Wärmesenken übersichtlich dargestellt werden.

In Abbildung 1 wird der Energiefluss bei der voestalpine Austria Draht GmbH am Standort Leoben am Beispiel des Energieeinsatzes am Hubbalkenofen dargestellt.

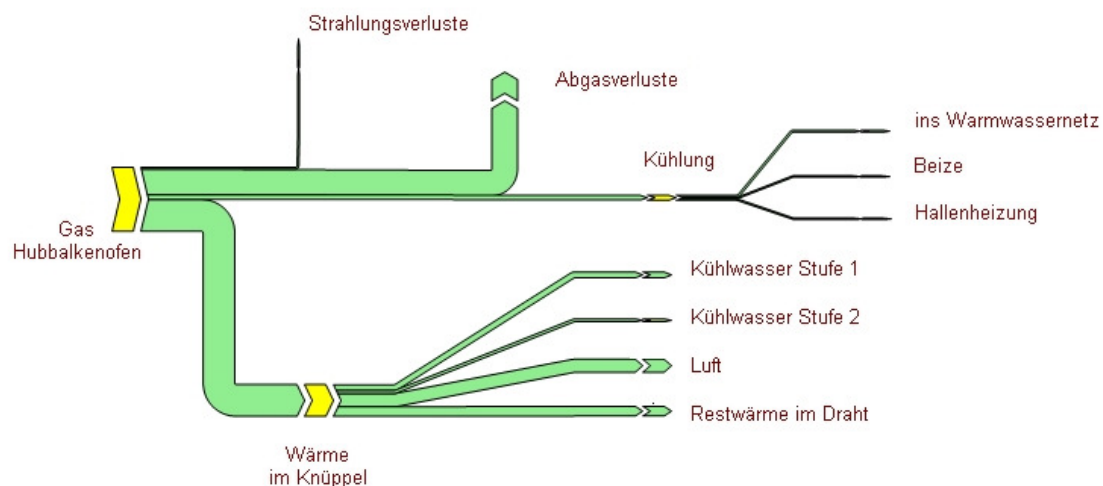


Abbildung 1: Sankeydiagramm voestalpine Austria Draht GmbH⁴

Bei der Betrachtung des Sankeydiagramms wird deutlich, dass ca. 40 % der eingesetzten Primärenergie im Hubbalkenofenabgas enthalten sind. Das Temperaturniveau liegt bei ca. 300 °C. Aufgrund dieser Tatsachen ist ein Potenzial zur Nutzung in einer ORC-Anlage durchaus gegeben.

Eine weitere Abwärmequelle stellt der Kühlwasserkreislauf dar. Derzeit sind ca. 14 % des im Hubbalkenofen eingesetzten Wärmeinhaltes im Kühlwasser enthalten. Das Temperaturniveau ist ebenfalls im Niedertemperaturbereich anzusiedeln.

Im Anschluss an die erste Analyse und Darstellung der Energie- und Abwärmeströme ist es notwendig, eine Pinch-Analyse in Hinblick auf die Identifikation der optimalen Energieversorgung und die Nutzung von Abfallenergien durchzuführen.

⁴ Erstellt mit der Software von www.sankeeditor.net

3.2.2 Pinch-Analyse

Die Pinch-Methode ist eine thermodynamische Methode zum Auffinden des optimalen Energieversorgungssystems für jeden Prozess. Die Prozessströme werden durch Angabe ihrer Anfangs- und Endtemperaturen sowie des Produktes aus spezifischer Wärme und ihres Massenstromes oder ihrer Verdampfungs- bzw. Kondensationsleistung sowie einer Wärmeübergangszahl charakterisiert. Die Prozessströme werden im Temperatur-Energiefluss-Diagramm dargestellt (vgl. Abbildung 2).

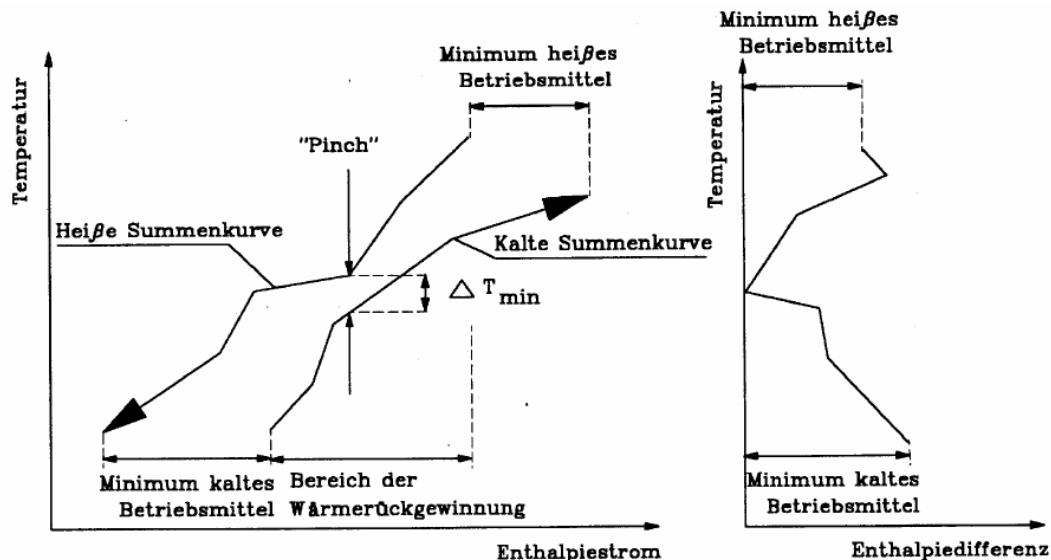


Abbildung 2: Darstellung eines Prozesses als Composite Curve und Grand Composite Curve⁵

Ströme, die erwärmt werden sollen, werden dabei als "kalte" Ströme, die abgekühlt werden müssen als "heiße" Ströme bezeichnet. Die Einzelströme werden zu einer heißen und einer kalten Summenkurve addiert. Diese Summenkurven ("Composite Curves") stellen den kumulierten Kühl- und Heizbedarf des Prozesses auf den jeweiligen Temperaturniveaus dar, sie bilden den Prozess also praktisch als einen einzigen "Superwärmetauscher" ab.

Die Summenkurven lassen sich entlang der Energiefluss-Achse beliebig verschieben. Der Unterschied zwischen den beiden Kurven auf der Temperaturachse zeigt die für den Wärmetausch zur Verfügung stehende Temperaturdifferenz. Am Pinch-Punkt nähern sich die beiden Summenkurven bis auf die minimale Temperaturdifferenz. Der Bereich, in dem sich beide Kurven überlappen, stellt den Bereich dar, in dem Wärme im Prozess rückgewonnen werden kann, indem sie durch Wärmetausch von heißen Strömen an die kalten Ströme übertragen wird. Die restliche Erwärmung der kalten Ströme muss mit heißen Betriebsmitteln (Heizdampf, Wärmeträgeröl, Direktheizung) und die übrige Abkühlung der heißen Ströme mit kalten Betriebsmitteln (Kühlwasser, Kältemittel) durchgeführt werden.

Der Pinch teilt den Prozess in ein Gebiet über dem Pinch, das mit einer Wärmequelle von außen im Gleichgewicht steht und in ein Gebiet unter dem Pinch, das mit einer äußeren Wärmesenke im Gleichgewicht steht. Über dem Pinch darf keine Wärme vom Prozess nach

⁵ vgl. Linnhoff, B., et al. (1982)

außen abgeführt werden, da dies zusätzlichen Heizbedarf zur Folge hätte; unter dem Pinch darf keine Wärme von außen zugeführt werden, da dies einen zusätzlichen Bedarf an Kühlung verursachen würde.

Die so erhaltenen Werte für den Betriebsmittelbedarf stellen die für eine vorgegebene minimale Temperaturdifferenz thermodynamisch minimal möglichen Werte dar. Die Flächen der benötigten Wärmetauscher werden im Wärmerückgewinnungsbereich unter Annahme von idealem Gegenstrom und ohne Berücksichtigung realer Einschränkungen der Kombinierbarkeit der Ströme, wie sie durch die Korrosivität einzelner Ströme oder aus regel- und sicherheitstechnischen Überlegungen entstehen können, abschnittsweise mit den u -Werten der Ströme und den mittleren logarithmischen Temperaturdifferenzen aus den Wärmeleistungen ermittelt. Ähnlich werden die Wärmetauscherflächen im Heiz- und im Kühlbereich errechnet.

Bei der voestalpine Austria Draht GmbH am Standort Leoben sind die wesentlichen Energieverbraucher im Bereich des Hubbalkenofens und der Glühöfen zu sehen.

Wärmeverbraucher mit relativ geringer Leistungsaufnahme auf Temperaturniveaus unter 300 °C sind die Beize, der Trockenofen, das Spülwasser, die Hallenheizung und die Ölvorwärmung. Diese angeführten Wärmesenken könnten theoretisch vollständig aus Abwärme beheizt werden oder die im Hubbalkenofenabgas enthaltene Energie wird durch den Einsatz von ORC-Anlagen in Strom umgewandelt.

3.3 Möglichkeiten der Abwärmenutzung im Niedertemperaturbereich

3.3.1 ORC-Anlagen

Die Anwendung des Rankine-Prinzips als Energieumwandlungssystem von thermischer in mechanische Energie ist Stand der Technik für die Erzeugung von Strom in Kraftwerken. Wasser wird unter hohem Druck durch Zufuhr von thermischer Energie verdampft, betreibt eine Turbine (Entspannungsprozess), wird im Kondensator verflüssigt und mit einer Speisepumpe unter Druckerhöhung wieder in den Verdampfer befördert.

Das ORC-Prinzip (Organic Rankine Cycle Principle) unterscheidet sich im Wesentlichen in zwei Punkten vom Wasserdampfkreislauf:

- Statt Wasser wird als Arbeitsmedium eine organische Substanz mit geeigneten thermodynamischen Parametern verwendet.
- Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, ist wegen dieser Stoffeigenschaften häufig ein Rekuperator notwendig.

Die Verwendung organischer Fluide als Arbeitsmedium im Rankine-Kreislauf lässt in beschränktem Maße seine Anpassung an die thermische Energie liefernde Quelle zu. Es können Wärmequellen verwendet werden, deren Temperaturen und Leistungen deutlich unter denjenigen liegen, die ein effizienter und wirtschaftlich betriebener Wasserdampfkreislauf hätte⁶.

⁶ Huppmann G., Weichselgartner J., Schmidt G., Duré G., Öchslein W., Raasch E. (1985)

Alternativ zur Nutzung der im Ofengas enthaltenen Wärmeenergie durch ORC-Anlagen bzw. im Anschluss an die ORC-Anlage kann eine Wärmerückgewinnung durch den Einsatz eines Abhitzekeessels umgesetzt werden. Ein Abhitzekeessel kann je nach Ofengröße und den betrieblichen Erfordernissen aus nur einem Überhitzer- und Verdampfungsteil, jeweils mit oder ohne Speisewasservorwärmer oder auch als Vollkeessel aus allen drei Heizflächenteilen bestehen. Die Energierückgewinnung in einem Abhitzekeessel ist hauptsächlich von der Ofenfahrweise, d.h. von der Abgasmenge und -temperatur, abhängig. Je nach Anlagenkonzept ist mit einem Abhitzekeessel hinter einem Stoß- oder Hubbalkenofen eine Energierückgewinnung von ca. 180 – 325 MJ/t Durchsatz möglich. Der höhere Wert ist eher bei Ofenanlagen älterer Bauart zu erreichen⁷. Diese rückgewonnene Wärme kann im Unternehmen beispielsweise zur Beheizung der Produktionshallen, Beizbäder, Ölkreisläufe oder auch als Fernwärme für die Versorgung von umliegenden Gebäuden genutzt werden.

Zur Integration von ORC-Anlagen in die betrieblichen Rahmenbedingungen sind folgende Überlegungen, basierend auf den ermittelten Daten, erforderlich:

- Analyse der Abwärmequellen: inwieweit kann die Menge der Abwärme reduziert werden (Erhöhung des Wirkungsgrades des Wärmeerzeugers, z.B. durch Einsatz modernerer Brenner, Wärmerückgewinnungs-Anlage, Optimierung von Erzeuger und Betrieb, etc.)
- Untersuchung, wo das (ökologisch-ökonomische) Optimum liegt zwischen thermischer Abwärmenutzung und Nutzung zur Stromproduktion;
- Entwicklung eines Rechenmodells zur Anpassung der ORC-Anlage an die Abwärmequelle und Optimierung des Verbundes Abwärmequelle und Abwärmenutzungsanlage;
- Vergleich der Resultate mit dem Rechnungsmodell. Justierung des Modells als Basis für die Multiplikation der Anlage resp. den Einsatz unter anderen Bedingungen in anderen Industrien.

Das Rechenmodell berechnet anhand der zur Verfügung stehenden Temperaturniveaus, der Leistung der Wärmequelle und vorgegebener unterer Kreislauftemperaturen die zu erwartende elektrische Leistung. Die benötigten Komponenten der ORC-Anlage (Wärmetauscher, Turbine, Pumpe) und der Einfluss von externen Wärmeüberträgern sollen Berücksichtigung finden.

3.3.2 Absorptionswärmepumpen

Bei der voestalpine Austria Draht GmbH und anderen Unternehmen der stahlverarbeitenden Industrie fallen erhebliche Mengen an Kühlwasser an. Sei dies zur Anlagenkühlung oder zur raschen Abkühlung des Endprodukts in Form einer Quenchkühlung. Das anfallende Kühlwasser wird gereinigt, aufbereitet und dem Prozess wieder zugeführt. Dieses Kühlwasser weist üblicherweise eine zu niedrige Temperatur auf, um den Energieinhalt wieder im Unternehmen nutzen zu können.

Eine aus wirtschaftlichen Gründen bisher nicht genutzte Möglichkeit zum Austausch der Kühlwasserwärme aus einem Betriebswasserkreislauf ist der Einsatz einer

⁷ vgl. Nolzen H.-M. (1984)

Gaswärmepumpe. Im Rahmen einer älteren Studie⁸ wurden die Walzöfen eines Rohrwerks betrachtet. Im betrachteten Fall konnte dem Kühlkreislauf eine Wärmeleistung von 30 GJ/h entzogen werden. Eine passende Gaswärmepumpe gibt dann 75 GJ/h ab, wobei der Unterschied von 45 GJ/h über Erdgaseinsatz für Motorenbetrieb und Verluste aufzubringen ist. In Anbetracht der Wärmemenge und erzielbaren Temperaturniveaus würde sich der Anschluss an ein Fernwärmenetz anbieten. Größenordnungsmäßig entspricht das einem Anschlusswert von 18.000 Wohnungen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen haben (vor 25 Jahren) für diesen Fall ergeben, dass die Kapitalrücklaufzeit größer als die geplante Nutzungsdauer des Investitionsprojektes ist.

Eine realisierbare Alternative zur Gaswärmepumpe ist die Verwendung einer Absorptionswärmepumpe, um die im Kühlwasser enthaltene Wärme auf ein nutzbares Temperaturniveau, beispielsweise für die Beheizung der Fertigungshallen oder der Beizbäder, anzuheben.

3.4 Risikoanalyse

Energieeffizienzsteigernde Maßnahmen, die Nutzung von Abwärmequellen und die Integration von identifizierten Lösungsansätzen erfordern Veränderungen in der betrieblichen Energieversorgung und müssen deshalb einer Risikoanalyse unterzogen werden, welche folgendem Schema folgt:

- Risikoidentifikation: Im ersten Schritt werden Risiken, welche im Zusammenhang mit Produktqualität, ggf. auftretende Rückkoppelungen, welche sich durch geänderte Prozessführung ergeben können etc., identifiziert.
- Risikobewertung: Durch die Risikobewertung werden die Auswirkungen durch die identifizierten Risiken für die festgelegten Kriterien, wie Produktqualität, Produktionssicherheit etc. dargestellt und die Grundlage für die Auswahl der Maßnahmen zur Risikobewältigung wird gelegt.
- Risikobewältigung: In diesem Zusammenhang kann zwischen aktiver und passiver Risikobewältigung unterschieden werden. Die aktive Risikobewältigung hat zum Ziel, die Risiken zu determinieren, indem auf die Eintrittswahrscheinlichkeit und auf die Tragweite des Risikos Einfluss genommen wird. Die passive Risikobewältigung verändert die Risikostrukturen nicht. Es werden Maßnahmen vorgeschlagen, um die Konsequenzen des Risikos zu minimieren. Weiters kann die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass aufgrund der großen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos eine der machbaren Optimierungsmaßnahmen als zu risikoreich eingeschätzt und dadurch ausgeschlossen wird.
- Prozessbegleitende Kontrolle und Risikonachbereitung: Mit diesem Schritt wird die Wirksamkeit und Effizienz der zur Risikobewältigung vorgeschlagenen Maßnahmen beurteilt, mit dem Ziel, mögliche Verbesserungspotenziale zu identifizieren⁹.

⁸ vgl. Klammer H., Porst G.(1981)

⁹ vgl. Rücker, U.-C. (1999)

Ziel der Risikoanalyse ist es, Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren, welche keine negativen Einflüsse auf die Produktqualität und den Prozessablauf haben.

3.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen ist für die Unternehmen eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der identifizierten und machbaren technischen Lösungen unter Abbildung verschiedener Szenarien hinsichtlich der Energiepreisentwicklung und Entwicklungen des CO₂-Emissionshandels.

Mit Hilfe der Szenarioanalyse kann eine Abbildung von alternativen Umfeldern vorgenommen werden. Diese alternativen Umfelder basieren auf hypothetischen Annahmen der Entwicklungen von Energiekosten und eventuellen Kosten für CO₂-Zertifikate. Dadurch können kausale Prozesse und Entscheidungsmomente identifiziert werden. Bei der Durchführung der Analyse müssen zwei Fragestellungen beachtet werden:

- Wie kann das Zustandekommen der hypothetischen Situation erklärt werden?
- Welche Möglichkeiten existieren im Verlauf des Prozesses, um diese Szenarien zu verhindern oder in eine andere Richtung zu lenken und bei positiven Szenarien zu verstärken?

Für die Beantwortung dieser Fragen, müssen Annahmen aus der Umfeldersituation getroffen und Beschreibungen der Umfeldentwicklungen durchgeführt werden.

Ausgehend von der Gegenwart wird ohne Berücksichtigung von Störgrößeneignissen, die nahe Zukunft (zwei bis fünf Jahre), welche weitgehend dem gegenwärtigen Zustand entspricht, abgebildet. Bei der Betrachtung der fernen Zukunft (fünf bis zehn Jahre) kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der gegenwärtigen Gegebenheiten abnimmt. Aufgrund dieser Tatsache wird das Spektrum an möglichen Zukunftsbildern größer – es entstehen Trendszenarien bzw. Extremszenarien. D.h. es ergeben sich für die Wirtschaftlichkeitsberechnung verschiedene Szenarien, welche auf die Entwicklungen der Energiepreise zurückzuführen sind¹⁰.

Aus diesen Szenarien kann die optimale Konfiguration der integrierten Abwärmenutzung der Unternehmen individuell unter den jeweiligen Randbedingungen (prozesstechnisch, lokal, regional, unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung des jeweiligen Betriebes) ermittelt und dargestellt werden.

4 Resümee und Ausblick

In energieintensiven Unternehmen, wie der stahlverarbeitenden Industrie, besteht ein Potenzial der Abwärmenutzung im Niedertemperaturbereich in Form von ORC-Anlagen zur Stromerzeugung, der weiteren Abwärmenutzung mit Hilfe von Abhitzekeesseln und aus dem Kühlwasserkreislauf. Den Prioritätsstufen der Energiesparstrategie zu Folge sind Unternehmen der stahlverarbeitenden Industrie am Schritt vier, der internen Energienutzung, angelangt und es scheint sinnvoll, diesen Ansatz zu verfolgen. Am Beispiel der voestalpine

¹⁰ vgl. Baum, H.-G., Coenberger, A., Günther, T. (2004)

Austria Draht GmbH wurde dargestellt, dass unternehmensinterne Wärmesenken vorhanden sind und eine externe Energieabgabe in Form von Fernwärme sehr von den örtlichen Rahmenbedingungen abhängig ist. Die Wirtschaftlichkeit kann als gering und der Investitionsaufwand als hoch eingeschätzt werden. Für die Umsetzung der beschriebenen Möglichkeiten der Abwärmenutzung ist eine ganzheitliche Betrachtung der innerbetrieblichen Energieversorgung notwendig. Es ist ebenfalls unerlässlich, die betrieblichen Rahmenbedingungen in die Betrachtung miteinzubeziehen und die möglichen, risikofreien Lösungsansätze einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu unterziehen. Da die Optimierung der innerbetrieblichen Prozesse soweit fortgeschritten ist, dass in diesem Bereich kaum mehr Potenzial zu sehen ist, ist es notwendig, neue Technologien einzusetzen, um bisher ungenutzte Wärmequellen zu nutzen und auf diese Weise eine Reduktion des Primärenergieeinsatzes zu erzielen und einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

5 Literaturverzeichnis

- Baum, H.-G., Coenberger, A., Günther, T. (2004): Strategisches Controlling, 3. Auflage, Verlag: Schäfer-Pöschel, Stuttgart, 2004
- Fresner, J. (1992): Wirtschaftlich optimierte Integration von Wärmepumpen in industrielle Prozesse mit einem wissensbasierten System, Dissertation 1992
- Held B., Nyland H., Reinitzhuber F. (1985): Betriebliche Erfahrungen in Abgaswärmenutzung in Eisenhüttenwerken für Fernheizzwecke, Stahl und Eisen 105 Nr. 22, 1885
- Huppmann G., Weichselgartner J., Schmidt G., Duré G., Öchslein W., Raasch E. (1985): Abwärmenutzung in der Industrie unter Verwendung des organischen Rankine Kreisprozesses (ORC), Bundesministerium für Forschung und Technologie, Oktober 1985, S 15 - 18
- Klammer H., Porst G. (1981): Möglichkeiten und Grenzen der Abwärmenutzung an Warmöfen in Walzwerken, Stahl und Eisen 101, Nr. 7/81, Seite 445 ff, 1981
- Linnhoff, B., et al., (1982) User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy, IChemE, UK, 1982
- Nolzen H.-M. (1984): Möglichkeiten der Energie-Rückgewinnung in der Hüttenindustrie, insbesondere bei der Walzstahlerzeugung, Stahl und Eisen 104, Nr. 14, Seite 671 ff, 1984
- Rücker, U.-C. (1999): Finanzierung von Umweltrisiken im Kontext eines systematischen Risikomanagements. Verlag: Wissenschaft & Praxis Dr. Brauner GmbH, Sternenfels, 1999

Danksagung: Den Unternehmen voestalpine Austria Draht GmbH, voestalpine Tubulars GmbH & Co KG und der Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH für das Interesse und die aktive Teilnahme an den Überlegungen zur Energieeffizienzsteigerung durch Abwärmenutzung in der stahlverarbeitenden Industrie, sowie der SFG und FFG für die Unterstützung der Forschungsprojekte.