

**gwi**  
gaswärme  
international

Zeitschrift für gasbeheizte Thermoprozesse

**SCHWERPUNKT**  
Thermoprosesstechnik

ISSN 0020-9384

[www.gaswaerme-online.de](http://www.gaswaerme-online.de)

Sonderdruck

 Vulkan-Verlag

***NOXMAT***  
Combustion Technology

# Effizienzsteigernde Instandhaltung von Beheizungseinrichtungen

von Dirk Mäder, Octavio Schmiel Gamarra,  
Mario Schulze, René Lohr

**Bericht erschienen in der gwi gaswärme international 03/2014**

Vulkan-Verlag GmbH, Essen (Germany)

Editor: Dipl.-Ing. Stephan Schalm, Tel. +49 201 82002-12, E-Mail: [s.schalm@vulkan-verlag.de](mailto:s.schalm@vulkan-verlag.de)

# Effizienzsteigernde Instandhaltung von Beheizungs-einrichtungen

von **Dirk Mäder, Octavio Schmiel Gamarra, Mario Schulze, René Lohr**

Die Beheizungseinrichtung verursacht naturgemäß einen Großteil der laufenden Betriebs- und Instandhaltungskosten einer Thermoprozessanlage. Nicht selten schlummern in ihr für den Betreiber nicht unmittelbar erkennbare Einsparpotenziale. Bezüglich des feuerungstechnischen Wirkungsgrades, der Kennzahl für die Effizienz der Verbrennung, ist hier entgegen dem weitverbreiteten Glauben nicht ausschließlich der Brenner allein verantwortlich, sondern weitere zentrale Komponenten der Beheizungseinrichtung. Der Beitrag zeigt verschiedene Instandhaltungskonzepte und beschreibt anhand von Praxisbeispielen, wo und wie sich Optimierungspotenziale durch einfache Maßnahmen, z. B. im Rahmen einer effizienzsteigernden Instandhaltung erschließen lassen.

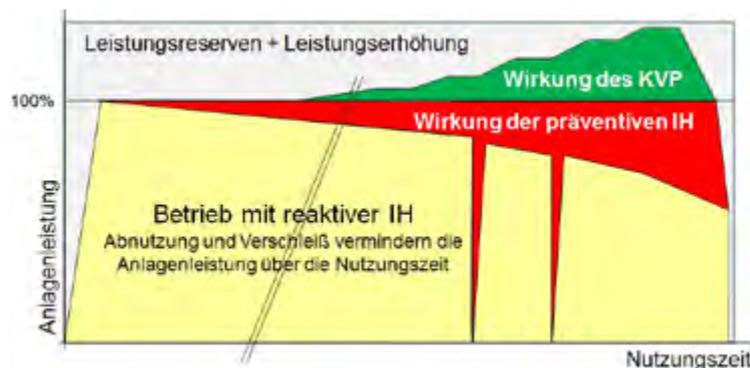
## Efficiency-enhancing maintenance of heating systems

As a matter of fact, the heating system engenders a major part of current operating and servicing costs of a thermo-processing installation. It is not rare that saving potentials are latent therein which cannot be immediately detected by the end-user. As regards firing efficiency, the index for combustion efficiency, this is not only attributable to the burner but also to other central components of heating system; contrary to the widespread belief. The present article shows various maintenance concepts and describes, on the basis of examples, where and who optimisation potentials can be opened-up by simple measures, for instance, in terms of efficiency-enhancing maintenance.

Für eine Thermoprozessanlage (TPA) ist die Beheizungseinrichtung gleichermaßen fundamental wie der Motor für ein Automobil. In beiden Fällen lassen sich optimale Ergebnisse und eine lange Lebensdauer nur durch gute Pflege, oder anders formuliert, eine intelligente Instandhaltung (IH) erzielen.

Bei der Anschaffung einer TPA treten zahlreiche Optionen zur möglichen Energieeinsparung aufgrund ihres Mehrpreises meist spätestens bei der Preisverhandlung in den Hintergrund und werden aufgrund des enormen Kostendrucks entgegen aller Vernunft wieder verworfen. Die Kosten für den laufenden Betrieb der TPA werden, verglichen mit den Anschaffungskosten, eher zweitrangig behandelt. Die erst im dritten Schritt anfallenden Kosten für die Instandhaltung werden zu diesem Zeitpunkt nicht selten völlig vernachlässigt. Eine Unachtsamkeit, die sich für den Betreiber erst im Nachhinein negativ bemerkbar

machen kann. Kommt zu dieser Nachlässigkeit eine nicht mehr zeitgemäße, ausschließlich reaktive Instandhaltung, getreu dem Motto „Abwarten statt Warten“, so sind vermehrt auftretende Störungen, im schlimmsten Fall sogar



**Bild 1:** Auswirkungen verschiedener Instandhaltungskonzepte auf die Anlagenleistung [1]



**Bild 2:** Im Dauereinsatz betriebener Noxmat-Rekuperatorbrenner von 1991



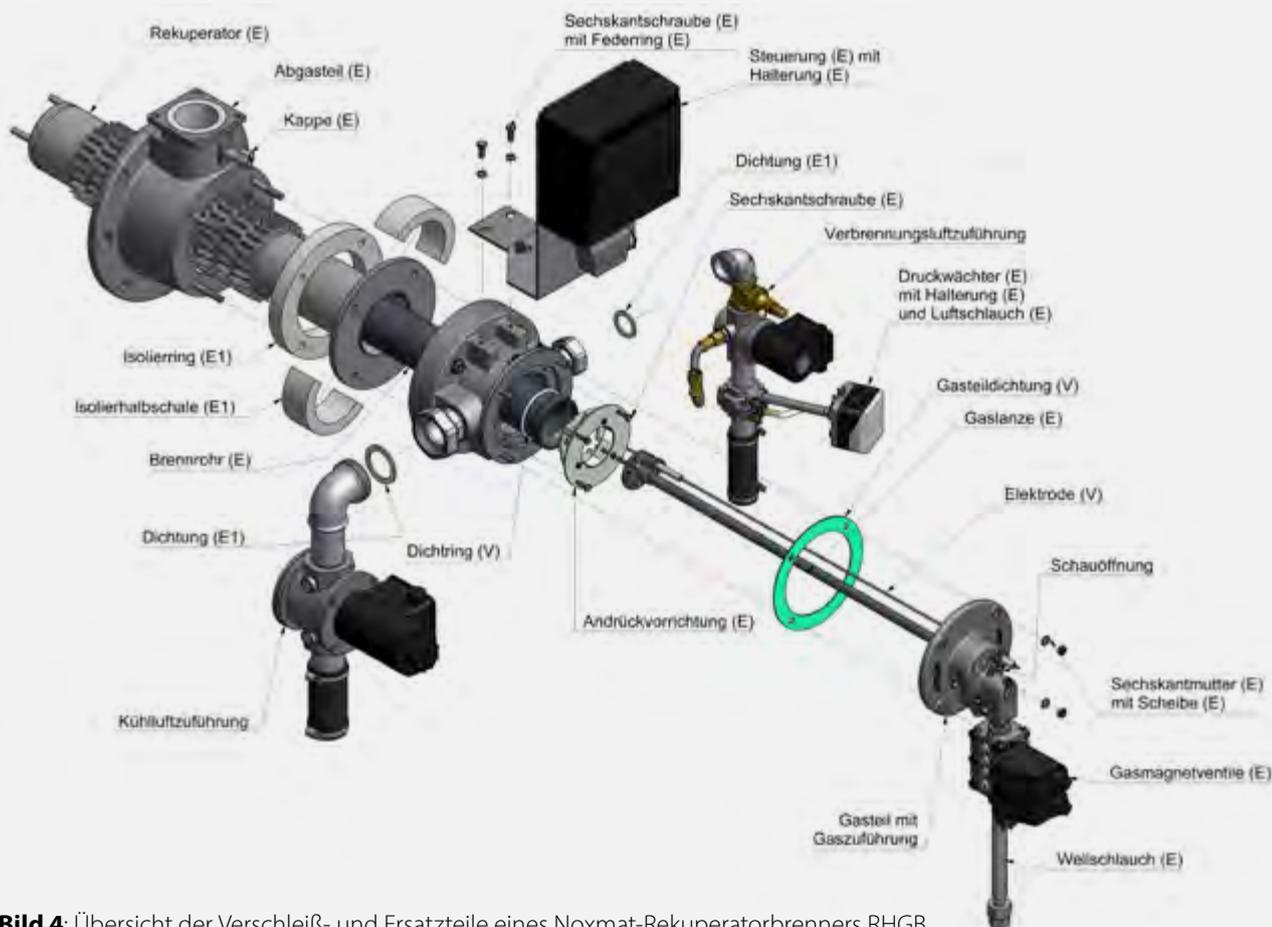
**Bild 3:** Schadensfall an einem Stahlmantelrohr/Rekuperatorbrenner

ungeplante Anlagenstillstände und damit Produktionsausfälle vorprogrammiert. Die Leistung der TPA wird über die Länge der Nutzungszeit immer mehr reduziert und macht den Betrieb der Anlage somit mehr und mehr unwirtschaftlich. Entsprechend bedeutsam ist eine vorausschauende Instandhaltung, die dem Abfall der Anlagenleistung durch höhere Abnutzung und Verschleiß entgegenwirkt und die sie im Idealfall über die gesamte Nutzungszeit konstant hält, wie in **Bild 1** dargestellt. Die Kür stellt dabei zweifelsohne die effizienzsteigernde IH dar, durch die Schwachstellen, bzw. Leistungsreserven z. B. durch einen Check der Beheizungseinrichtung systematisch erfasst werden [1]. Durch deren Beseitigung, bzw. Aktivierung lässt sich die Produktionsleistung der TPA mit zum Teil simplen Optimierungsmaßnahmen spürbar erhöhen. Zum anderen lassen sich die Kosten für den laufenden Betrieb in ähnlichem Maße erkennbar reduzieren.

### REAKTIVE IH IST VERGANGENHEIT

Bei der Auslegung von TPA war es lange Zeit üblich, größere Leistungsreserven vorzusehen und zentrale Komponenten wie z. B. die Brenner nicht ständig nahe ihrer Belastungsgrenze zu betreiben. Entsprechend hoch waren die Standzeiten zahlreicher Komponenten solcher Baugruppen. **Bild 2** zeigt einen Noxmat-Brenner der ersten Produktionsserie, der zwischen 1991 und 1998 im Dauereinsatz nahezu störungsfrei betrieben wurde, ohne dass nennenswerte Wartungsarbeiten daran durchgeführt wurden.

Nicht zuletzt aufgrund solch hoher Standzeiten war es meist gängige Praxis, rein reaktive IH zu betreiben, die sich auf die Reparatur bzw. den Austausch defekter Bauteile beschränkt. Kommt es in einem solchen Fall jedoch zu weiteren Folgeschäden, so ist der Reparaturaufwand meist deutlich höher und der entstandene Schaden an den betroffenen Bauteilen z. T. irreparabel. **Bild 3** zeigt einen typischen Schadensfall an einem Stahlmantelrohr/Rekuperatorbrenner, der auf eine Überhitzung im Bereich des Brennermundes zurückzuführen ist. Die Flammengase wurden in diesem Fall nicht wie vorgesehen durch das Flammrohr zum Boden des Mantelrohres geleitet und dort umgelenkt. Infolge dessen konnten sie ihre enthaltene Energie nicht gleichmäßig im Rückstrom über die Oberfläche des Mantelrohres an die Ofenatmosphäre übertragen, sondern wurden direkt nach dem Brenneraustritt ungekühlt in das Abgasteil des Brenners umgelenkt. Die daraus resultierende partielle Überhitzung zerstörte sowohl das Mantelstrahlrohr als auch den Rekuperator des Brenners. Eine typische Ursache für einen solchen Ausfall ist das Unterlassen der turnusmäßigen Reinigung eines solchen Stahlmantelrohres. Im Gegensatz zu keramischen Mantelrohren lagert sich hier im Bodenbereich im Laufe der Zeit naturgemäß Zunder ab, der den oben beschriebenen normalen Weg für die Flammengase mehr und mehr ver-



**Bild 4:** Übersicht der Verschleiß- und Ersatzteile eines Noxmat-Rekuperatorbrenners RHGB

sperrt. Bemerkbar machte sich dieser Schaden aufgrund der aus dem Mantelrohr austretenden Brenngase durch eine stetig steigende Verunreinigung der Ofenatmosphäre und entsprechende Qualitätsdefizite am Wärmegut. Ein Austausch der zerstörten Komponenten und ein ungeplanter Ofenstillstand mit Produktionsausfall waren die weiteren Folgen für den Betreiber.

## PRÄVENTIVE IH ERHÄLT DIE ANLAGENLEISTUNG

Bei der präventiven IH werden turnusmäßig Bauteile ausgewechselt, deren Versagen einen störungsfreien Betrieb beeinträchtigen könnte. Dies geschieht unabhängig von deren Zustand und stellt neben einigen weiteren durchzuführenden Tätigkeiten das Minimum einer Basiswartung dar. Bei wartungsfreundlichen Brennern, wie in **Bild 4** dargestellt, erstrecken sich die Verschleißteile (V) über sehr wenige und kostengünstige Bauteile. In diesem Fall handelt es sich dabei lediglich um einzelne Dichtungen sowie die Zünd- und Überwachungselektrode. Würde man dies mit anderen, vergleichsweise kostenintensiveren Komponenten, den sogenannten Ersatzteilen (E), die natürlich ebenfalls einem gewissen Verschleiß unterliegen,

gleichermaßen durchführen, so liegt es auf der Hand, dass dem Betreiber unnötige Kosten entstehen würden, da der Austausch in vielen Fällen deutlich vor Erreichen der maximal möglichen Lebensdauer erfolgen würde. Daher werden diese Bauteile im Rahmen einer Wartung erst beim Erreichen einer definierten Abnutzungsgrenze erneuert, bei der die Funktion noch nicht zwangsläufig beeinträchtigt ist. Man spricht hier von zustandsorientierter IH. Voraussetzung dafür ist, dass der Verschleiß des entsprechenden Bauteils messbar ist. Bei einem Brenner betrifft dies zum Beispiel den Rekuperator. Die im Neuzustand kreisrunde Flammenaustrittsöffnung wird auf Rundheit und Durchmesserabweichungen geprüft, die Rippensegmente im vorderen, thermisch besonders beanspruchten Bereich auf Abnutzung. Sind die vom Hersteller zu definierenden Abnutzungsgrenzen erreicht, so wird das Bauteil ausgetauscht, bzw. kann zur Kostenersparnis in vielen Fällen regeneriert werden.

Bei regelmäßig durchgeführten Wartungen ist es mittlerweile möglich, die neben den Verschleißteilen benötigten Ersatzteile hinreichend genau vor auszubestimmen. Dadurch lassen sich Zeit- und Kostenaufwand im Vorfeld sehr genau abschätzen, was dem Betrei-

ber eine entsprechende Planungssicherheit bietet. Die besonderen Vorteile wartungsfreundlich konstruierter Rekuperatorbrenner tragen dazu entsprechend bei. Doch nicht nur der Brenner selbst, sondern auch die Ausführung der vorgeschalteten Gemischregelungsapplikation hat einen entscheidenden Anteil daran, ob es sich um eine störungsunanfällige, energieeffiziente und damit für den Betreiber nachhaltig kostengünstige Ausführung handelt oder nicht. Die in den meisten Fällen überlegene Applikation ist die getrennte Zuführung der Versorgungsmedien über ungedämpfte Gas- und Luftventile, die sich aufgrund des Entfallens der Verbundregelung durch einfachste und präziseste Gemischeinstellung auszeichnet. Sie stellt allerdings auch besondere Anforderungen an das Zündverhalten des Brenners. Die besonderen Vorteile zeigen sich sowohl beim Gasverbrauch, den Emissionen, einer unkomplizierten und damit zeitsparenden Brennereinstellung sowie der Temperaturgleichmäßigkeit im Brennraum der TPA, aber auch durch die vergleichsweise einfach realisierbare, in der Norm geforderte Überwachung der Volumenströme der Versorgungsmedien in allen Betriebszuständen, da diese stets konstant sind [2]. Zwingend zu beachten ist, dass die Einstellung eines Rekuperatorbrenners bei Betriebstemperatur zu erfolgen hat. Die Brennereinstellprotokolle des Herstellers geben darüber Auskunft. Im kalten Zustand liegen aufgrund der fehlenden Luftvorwärmung erhöhte Volumenströme und damit völlig andere Druckverhältnisse vor. Beachtet man dies, so gestaltet sich die optimale Einstellung eines solchen Brenners in der Regel sehr unkompliziert.

Abschluss einer jeden Wartung sollte ein detaillierter Servicebericht sein, aus dem der Betreiber die durchgeführten Tätigkeiten und Prüfungen klar ersehen und nachvollziehen kann, wie zum Beispiel eine Abgasmessung an den Brennern in unterschiedlichen Betriebszuständen, die jährliche Dichtheitsprüfung der Gasmagnetventile, der zur Thermoprozessanlage gehörenden Gasleitung und, sofern vorhanden, der Mantelstrahlrohre.

### KOSTENDRUCK VERURSACHT SCHWACHSTELLEN

Um dem enormen Kostendruck standzuhalten, ist es heutzutage eher üblich, zentrale Komponenten der Beheizungseinrichtung wie z. B. Strahlrohre, Verbrennungsluftventilator, Ventile, Rohrleitungen, etc. so klein wie möglich auszuwählen, sie aber ebenso wie die Brenner mit der maximal möglichen Belastung zu beaufschlagen. Obgleich sich die Qualität vieler Brennerkomponenten ständig verbessert hat, werden aufgrund der gestiegenen Beanspruchung in der Regel deutlich geringere Standzeiten als die des Beispiels aus Bild 1 erreicht. Das Verfehlen des für den jeweiligen Brennertyp möglichen optimalen feuerungstechnischen Wirkungsgrades macht sich als weiterer Effekt daraus negativ bemerkbar.

Viele Umstände, die sich auf den energieeffizienten Betrieb eines Brenners negativ auswirken können und, sofern sie nicht durch den Brenner bzw. die Brenner- oder Ofensteuerung angezeigt werden, unerkannt bleiben, sind dabei häufig auf die Peripherie der Beheizungseinrichtung zurückzuführen. Knapp bemessene oder ungünstig angeordnete Bauteile der Gasdruckregel-, Mess- und Sicherheitsstrecke (GDRMS) können beispielsweise ungewünschte Druckschwankungen in der Gaszufuhr des Brenners verursachen, so dass dieser mit einer zu hohen Luftzahl betrieben wird [3]. Als weitere Folge wird die Anlagenleistung reduziert und verursacht dem Betreiber somit in zweifacher Hinsicht unnötige Kosten. Gleiches gilt analog für den Verbrennungsluftventilator einer Beheizungseinrichtung. Zu knapp bemessen bewirkt er einen erhöhten Druckabfall im Volllastbetrieb. Unterstöchiometrische Verbrennung, unzulässige CO-Konzentrationen im Abgas und erhebliche Mehrverbräuche kommen als mögliche Folgen infrage.



**Bild 5:** Optimierungsmaßnahme an einer Verbrennungsluftsammeleleitung zur Reduzierung von Druckschwankungen (links vorher, rechts nachher)

## EFFIZIENZSTEIGERENDE IH UND BEHEIZUNGSHECK ZEIGEN OPTIMIERUNGSPOTENZIALE AUF

Wie bereits erwähnt steht bei der effizienzsteigernden IH im Gegensatz zu der reaktiven und präventiven IH neben dem Erhalt der Anlage auch deren Optimierung im Focus. Dies können sowohl die Steigerung der Produktion, eine effizientere Betriebsweise oder auch eine Erhöhung der Anlagensicherheit sein. Bei einer genaueren Analyse der Beheizungseinrichtung einer TPA durch entsprechendes Fachpersonal lassen sich in erstaunlich vielen Fällen Optimierungspotenziale aufzeigen. Die Anforderungen an die Qualifikation des IH-Personals sind entsprechend hoch und gehen über rein mechanische/elektrische Kenntnisse über die einzelnen Komponenten, die viele Jahre lang für diese Tätigkeiten ausreichend waren, mittlerweile weit hinaus. Im Idealfall erfolgt ein solcher Beheizungscheck in Zusammenarbeit mit dem Betreiber, der die Anlage bestens kennt und mit seinen Beobachtungen wichtige Hinweise geben kann.

Schwankungen der Anschlussdrücke der Versorgungsmedien sind eine häufig anzutreffende Negativerscheinung. Der Betreiber bemerkt dies in der Regel lediglich indirekt durch einen höheren, für ihn jedoch normal erscheinenden Gasverbrauch, im Extremfall durch auftretende Störungen wie z. B. einen Ausfall der Flamme des Brenners. Strömungstechnisch ungünstig dimensionierte Rohrleitungen haben einen ähnlichen Effekt wie unterdimensionierte Verbrennungsluftventilatoren. **Bild 5** zeigt eine solche Rohrleitung links vor und rechts nach der Optimierungsmaßnahme. Die Druckschwankungen in der Luftversorgung konnten deutlich reduziert, die Emissionswerte verbessert, Brennerstörungen reduziert und die Anlageneffizienz gesteigert werden.

Im Rahmen einer effizienzsteigernden IH sollte ein Servicebericht einen Check der Beheizungseinrichtung beinhalten und dem Betreiber solche oder ähnliche Schwachstellen seiner Anlage, mögliche Gegenmaßnahmen sowie das daraus resultierende Verbesserungspotenzial aufzeigen. Eine Prüfung auf Erfüllung der aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften, z. B. der DIN EN 746-2 sollte dabei ebenfalls nicht fehlen. Da dies im Rahmen einer Wartung durch ein extern beauftragtes Unternehmen real jedoch eher selten stattfindet, stellt die Effizienzsteigerung in dieser Form gewissermaßen die Kür bei der IH dar.

### FAZIT

Ausschließlich reaktive Methoden zur Wartung und IH getreu dem Motto „Abwarten statt Warten“ gehören heutzutage der Vergangenheit an. Im Rahmen einer effizienzsteigernden IH, die gewissermaßen die Königsdisziplin der Instandhaltung darstellt, wird gezielt nach Schwachstellen und Optimierungspotenzialen gesucht. Dies gilt gleichermaßen für die Thermoprozessanlage als Ganzes wie auch für den Teilbereich der Beheizungseinrichtung, welche naturgemäß

einen Großteil der anfallenden Betriebskosten verursacht. Potenziale dieser Art finden sich jedoch nicht ausschließlich in Altanlagen, sondern werden, dem gestiegenen Kostendruck geschuldet, nicht selten auch bei Neuanlagen billigend in Kauf genommen, da die Kosten für den laufenden Betrieb und die Instandhaltung im Vergleich zum Anschaffungspreis meist in den Hintergrund treten. Beheizungschecks und moderne IH-Konzepte zeigen dem Betreiber Schwachstellen seiner Anlage auf, durch deren Beseitigung sich mögliche Leistungsreserven aktivieren, die Sicherheit erhöhen und die Energieeffizienz der gesamten Thermoprozessanlage steigern lassen.

### LITERATUR

- [1] Hiller, M.; Steck-Winter, H.: Kooperative Instandhaltung von Thermoprozessanlagen. gwi – gaswärme international Nr. 3/2013, Vulkan Verlag Essen, 2013
- [2] Mäder, D.; Lohr, R. und Schmiel Gamarra, O.: Praxistaugliche Brennerapplikationen unter Berücksichtigung der DIN EN 746-2, gwi – gaswärme international Nr. 2/2013, Vulkan Verlag Essen, 2013
- [3] Mäder, D.; Rakette, R.; Lohr, R.: Energieeffizienter Betrieb von Erdgasbrennern. gwi – gaswärme international, Nr. 5/2009, Vulkan Verlag Essen, 2009

### AUTOREN



Dipl.-Ing. (FH) **Dirk Mäder**  
Noxmat GmbH  
Hagen  
Tel.: 02334 / 442358  
maeder@noxmat.de



**Octavio Schmiel Gamarra**  
Noxmat GmbH  
Oederan  
Tel. 037292 / 650361  
schmiel@noxmat.de



Dipl.-Ing. **Mario Schulze**  
Noxmat GmbH  
Oederan  
Tel. 037292 / 650369  
m.schulze@noxmat.de



**René Lohr**  
Noxmat GmbH  
Oederan  
Tel. 037292 / 650343  
lohr@noxmat.de