INITIATIVE EnergieEffizienz
Industrie & Gewerbe

dena
Deutsche Energie-Agentur

Ratgeber.

Energieeffizienz bei Wärmeversorgungs-systemen in Industrie und Gewerbe.

Energieeffiziente Wärmeversorgungssysteme. Ein Hebel zum Kostensenken bei Prozesswärme.

In zahlreichen technischen Prozessen und Verfahren in Industrie und produzierendem Gewerbe werden große Mengen an Prozesswärme benötigt. Hierzu müssen Unternehmen meist beachtliche Kosten für Energie aufwenden. Durch eine umfassende energetische Optimierung des Wärmeversorgungssystems lassen sich Energieverbrauch und -kosten von Feuerungsanlagen deutlich senken – im Durchschnitt um 15 Prozent. Diese Energieeffizienzmaßnahmen sind hoch rentabel und amortisieren sich in der Regel innerhalb von ein bis vier Jahren.

Im Rahmen ihrer Initiative EnergieEffizienz möchte die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) gemeinsam mit dem Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) und mit Unterstützung durch die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) Unternehmen über die hohen Energieeinsparpotenziale bei Wärmeversorgungssystemen informieren und zu Investitionen motivieren. Neben grundlegenden Informationen zur energetischen Optimierung von Wärmeversorgungssystemen in diesem Factsheet finden Sie beigelegt vier Datenblätter mit vorbildlichen Projekten zu durchgeführten Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen aus Industrie und Gewerbe.

Hoher Energieverbrauch für Prozesswärme.

Prozesswärme wird aus diversen Energieträgern erzeugt (bspw. Strom, Öl und Gas), auf verschiedenste Weise transportiert (z. B. Warmwasser / Heißwasser, Dampf und Heißluft) und auf unterschiedlichen Temperaturniveaus benötigt. In Deutschland werden zur Versorgung von thermischen Prozessen pro Jahr insgesamt rund 400 TWh Endenergie aufgewendet. Das wirtschaftliche Energieeinsparpotenzial in Industrie und Gewerbe liegt für thermische Prozesse insgesamt bei mindestens 30 TWh pro Jahr (7,5 Prozent). Für die Bereitstellung von Raumwärme werden weitere 96 TWh pro Jahr benötigt. Davon lassen sich etwa 18 Prozent durch Energieeffizienzsteigerung einsparen.

Dampf- und Heißwassererzeugung.

Mit einem Anteil von rund 30 Prozent am industriellen Prozesswärmebedarf[1] gehört die Dampf- und Heißwassererzeugung in Kesselanlagen zu den am weitesten verbreiteten Verfahren zur Prozesswärmeerzeugung. Dabei sind 80 Prozent der industriellen Wärme- und Dampferzeugungsanlagen in Deutschland älter als zehn Jahre und entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Alleine durch den Einsatz effizienter Technologien ließe sich bei diesen Altanlagen eine jährliche Energieeinsparung von 9,6 TWh erzielen – immerhin zwei Prozent des gesamten Energieverbrauchs für Prozesswärme in Deutschland.

Im Durchschnitt lässt sich – inklusive Wärmerückgewinnung – der Energieverbrauch bei der Dampf- und Heißwassererzeugung um 15 Prozent senken. Wird das gesamte Wärmeversorgungssystem ganzheitlich optimiert – durch Anpassung und bessere Abstimmung der Komponenten aufeinander – können die höchsten Energie- und Kostenreduktionen erreicht werden.

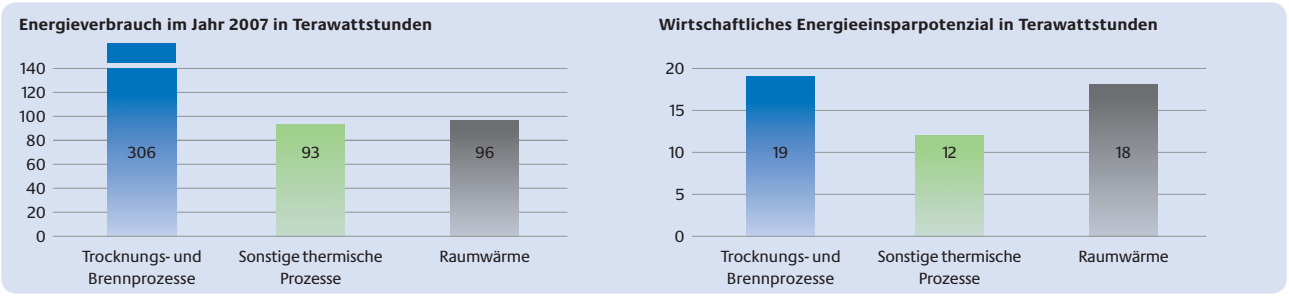
Vorgehen bei der Systemoptimierung.

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Wärmeversorgungssystem sollten stets als Teil einer Optimierung des Gesamtsystems betrachtet werden. Denn: Die größten Energieeffizienzsteigerungen lassen sich erzielen, indem alle Komponenten aufeinander abgestimmt werden und eine Optimierung der Regelung und Steuerung der Anlage umgesetzt wird.

Um wirkungsvolle Maßnahmen zur Energieeinsparung entwickeln zu können, sollte in einem ersten Schritt zunächst eine detaillierte Istanalyse des Energieverbrauchs der Anlage, des Wärmebedarfs sowie der einzelnen Anlagenkomponenten erstellt werden. Dann sollte die Energieeffizienz der einzelnen Komponenten überprüft werden, um ggf. alte Komponenten (z. B. Brenner) auszutauschen. Weitere Einsparungen lassen sich durch die Optimierung von Regelung und Steuerung einer Feuerungsanlage erzielen. Bei einem etwaigen Anlagenneubau sollte von vornherein auf die Energieeffizienz der Komponenten und des Gesamtsystems geachtet werden.

Sind vorgelagerte Maßnahmen zur Verminderung von Wärmeverlusten ausgeschöpft, ist es sinnvoll, die Abwärme durch Wärmerückgewinnung nutzbar zu machen. Rund 40 Prozent der zur industriellen Prozesswärmeerzeugung eingesetzten Energie geht als Abwärme verloren. Hierbei ist die Erstellung eines Wärmeschaltplans hilfreich, der sämtliche Temperaturen sowie die transportierten und übertragenen Wärmemengen im Prozess abbildet. Mithilfe einer Pinch-Analyse lässt sich ermitteln, wie die verfügbare Abwärme jeweils am effizientesten genutzt werden kann.

Energieverbrauch und Energieeinsparpotenzial bei industriellen Prozesswärmeanwendungen.



[1] *Diese Anwendungen sind in der obigen Abbildung auf die Kategorien sonstige thermische Prozesse und Raumwärme verteilt.*

So optimieren Sie das Gesamtsystem Wärmeversorgung.

1 Bedarf und Verluste minimieren.

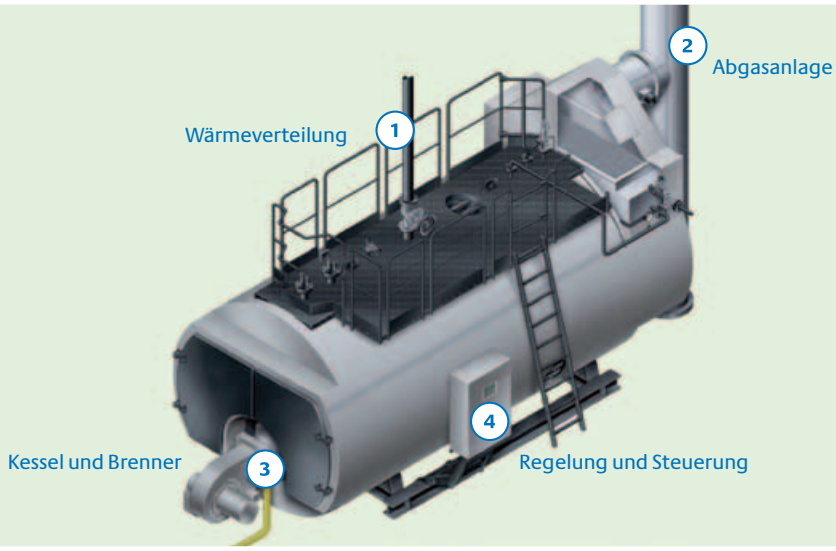
Bevor die Einzelkomponenten eines Wärmeversorgungssystems optimiert werden, sollten zunächst Maßnahmen zur **Minimierung von Wärmebedarf und -verlusten** umgesetzt werden. Dabei gilt: Elektrische Energie ist höherwertig als Dampf, Dampf ist höherwertig als Warmwasser. Für den jeweiligen Prozessschritt sollte daher in Abhängigkeit von den Anforderungen ein möglichst **niederwertiges Versorgungsmedium** gewählt werden. Bereits durch den Einsatz von Warmwasser statt Dampf kann der Wirkungsgrad um 10 bis 15 Prozent gesteigert werden. Ebenso ermöglicht eine **Senkung der Temperatur** des Versorgungsmediums in vielen Fällen den Einsatz von Wärmerückgewinnung und Kraftwärmekopplung zur weiteren Reduktion des Energiebedarfs.

Um **Verluste zu minimieren,** sollte die Wärmedämmung an den Wärmeerzeugern, den Rohrleitungen und ggf. an den Wärmespeichern überprüft und bei Bedarf ausgebessert werden.

2 Warmerückgewinnung nutzen.

Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung maximieren den Wirkungsgrad des Gesamtsystems und steigern damit die Energieeffizienz einer Anlage. Generell gilt: Eine Wärmerückgewinnung ist umso lohnender, je größer die **Differenz zwischen Abwärmetemperatur und benötigter Temperatur** ist.

Wärmepotenziale sollten ortsnah und möglichst direkt genutzt werden. In Frage kommt eine weitere Nutzung der Abwärme zur Brauch- und Prozesswassererwärmung, Warmwasserbereitung, Vorwärmung von Verbrennungs- und Trocknungsluft oder als Raumwärme. Empfehlenswert ist beispielsweise der Einsatz eines **Economisers** zum Vorheizen des Speisewassers. Bei der **Brennwerttechnik** wird dem Economiser ein zusätzlicher Wärmeübertrager nachgeschaltet, der die Abgase unter die Kondensationstemperatur von Wasser abkühlt, sodass auch die Kondensationswärme des im Abgas enthaltenen Wassers genutzt werden kann.



3 Energieeffiziente Komponenten verwenden.

Auch beim Einsatz energieeffizienter Komponenten sollte das Ziel stets die Optimierung des Gesamtsystems sein. Dies wird erreicht, indem alle neuen und vorhandenen Komponenten wirksam aufeinander abgestimmt werden.

Modulierende (regelbare) Brenner können in weiten Teillastbereichen gefahren werden. Sie sind wesentlich effizienter als Brenner, die einzeln an- und abgeschaltet werden.

Durch **Kessel mit großen Wärmeübertragerflächen** lassen sich Abgastemperaturen und Energieverbrauch reduzieren. Bei Warmwassersystemen empfiehlt sich der Einsatz energieeffizienter Brennwertkessel, da ihr Einsatz zu deutlich geringeren Abgastemperaturen führt und ihr Wirkungsgrad deutlich höher ist.

Drehzahlgeregelte Antriebsmotoren für Gebläsebrenner und Pumpen ermöglichen deutliche Einsparungen beim Energieverbrauch.

4 Regelung und Steuerung optimieren.

Feuerungsanlagen sollten grundsätzlich auf den tatsächlichen Wärmebedarf abgestimmt werden. So sorgt beispielsweise eine **Mehrkesselregelung** dafür, dass – je nach Bedarf – nur die erforderliche Anzahl von Kesseln geschaltet wird.

Durch die Installation einer **Abgas-Sensorregelung** kann die Zusammensetzung der Abgase kontinuierlich gemessen werden. Die Regelung der Luftzufuhr erfolgt nach dem jeweils optimalen Sauerstoffanteil (O_2-Anteil) im Abgas. Bereits eine einprozentige Absenkung des O_2-Anteils führt – je nach Alter der Anlage – zu einer Verbesserung des Wirkungsgrads um 0,5 bis 1 Prozent. Durch die Kontrolle und Regelung weiterer Verbrennungsparameter wie CO-Gehalt, Abgastemperatur, Rußziffer oder Feuerraumdruck und die Installation von automatischen Abgas- oder Verbrennungsklappen lässt sich der Energieverbrauch zusätzlich senken.

Herausgeber:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Energiesysteme und Energiedienstleistungen
Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin

Kontakt:
Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600
Fax: +49 (0)30 72 61 65-699
E-Mail: info@dena.de

Internet:
www.dena.de
www.industrie-energieeffizienz.de

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

03/11

Art.-Nr. 13770

Energetische Optimierung industrieller Wärmeversorgungssysteme.

Dieses Factsheet wurde gemeinsam von der *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) und dem Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) erarbeitet und unterstützt durch die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG).

Die *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) ist eine bundesweite Informations- und Motivationskampagne für effiziente Stromnutzung in allen Verbrauchssektoren. Mit zielgruppenspezifischen Angeboten werden Endverbraucher in privaten Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie im Dienstleistungssektor und in öffentlichen Einrichtungen über die Möglichkeiten des effizienten Energieeinsatzes informiert und zum energieeffizienten Handeln motiviert. Die Kampagne wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Die *Initiative EnergieEffizienz* bietet für Unternehmen auch zu zahlreichen weiteren Themen – von Energiemanagement bis Finanzierung – Informationen und praxisnahe Unterstützung, um Strom effizienter zu nutzen und Kosten einzusparen. Näheres zu den Angeboten unter: **www.industrie-energieeffizienz.de**

Der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) sowie die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) vertreten die wirtschaftlichen, technischen und politischen Interessen ihrer Mitglieder gegenüber Politik, Verwaltung und der Öffentlichkeit. Die im BDH organisierten Unternehmen stellen innovative energieeffiziente Systeme der Versorgungstechnik auf Basis Gas, Öl, Strom und besonders zur Nutzung erneuerbarer Energien mit dem Schwerpunkt Wärmeerzeugung für die Bereiche Haushalt, kommerzieller Gebäudebereich und Industrie her. **www.bdh-koeln.de**

Eine Initiative von:

dena
Deutsche Energie-Agentur

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Unsere Partner:

BDH
Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.

Interessengemeinschaft
Energie · Umwelt
Feuerungen GmbH

dena
Deutsche Energie-Agentur

INITIATIVE EnergieEffizienz
Industrie & Gewerbe

Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe.

Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan: Optimierung des Gesamtsystems Wärmeversorgung.

Die Initiative EnergieEffizienz der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) stellt beispielgebende Projekte für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe vor – motivierend für Unternehmen aller Größen und Branchen. Die dargestellten Projekte zeichnen sich durch innovative Lösungen zur Erschließung von Energie- und Kosteneinsparungen aus – und sind gut auf andere Unternehmen übertragbar. Lassen Sie sich zur Nachahmung anregen. Weitere Informationen zur Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe finden Sie unter: www.industrie-energieeffizienz.de.

Projektbeschreibung.

Die Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan produziert mit rund 100 Mitarbeitern jährlich etwa 250.000 Hektoliter Bier. Im Jahr 2010 führte die Brauerei eine Modernisierung und Optimierung der Feuerungsanlage durch, um Emissionen, Energieverbrauch und -kosten zu reduzieren.

In einem ersten Schritt wurde die Schwerölkesselanlage der Brauerei gegen einen modernen, erdgasbefeuerten Dampfkessel mit einer Leistung von 6,5 MW ausgetauscht. Durch den Umstieg auf Erdgas und den Austausch des Kessels konnte der Ausstoß an Stickoxiden, Schwefeloxiden und Staub deutlich verringert werden, der Ausstoß an Ammoniak wurde auf null gesenkt. Neben dem Einbau des Dampfkessels wurden weitere Komponenten installiert, die zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen: Um die Abwärme besser nutzen zu können, ließ die Brauerei einen Abgas-Wärmeübertrager zur Speisewasservorwärmung einsetzen. Darüber hinaus trägt ein kondensierender Abgas-Wärmeübertrager zur Erwärmung des Brauwassers und damit zur weiteren Minderung der Abwärmeverluste bei.

Durch die Integration der Kälteanlage in das Wärmeversorgungssystem konnte die Energieeffizienz gesteigert werden. So nutzt ein weiterer neu installierter Wärmeübertrager die Abwärme aus der Kälteanlage nun unter anderem zur Vorwärmung der Verbrennungsluft. Auch die Regelung der Feuerungsanlage wurde optimiert: So konnte die Brauerei durch die Implementierung einer CO-Verbrennungsregelung mit Abgassensoren den Restsauerstoffanteil im Rauchgas auf unter ein Volumenprozent reduzieren und damit den Kesselwirkungsgrad weiter optimieren. Alle Komponenten wurden so ausgelegt, dass die gesamte Anlage bei Bedarf mit flüssigen oder gasförmigen Biobrennstoffen in einer Mischfeuerung betrieben werden kann.

Neben Maßnahmen zur Reduzierung des Brennstoffbedarfs wurde auch die Regelung des Verbrennungsluftgebläses optimiert. So konnte der Stromverbrauch der Feuerungsanlage durch die Installation einer Drehzahlregelung um mehr als 45 Prozent gesenkt werden.

Energieeffizienzmaßnahmen.

- Austausch des alten Schwerölkessels
- Einbau eines Wärmeübertragers zur Speisewasservorwärmung
- Einbau eines kondensierenden Wärmeübertragers zur Brauwassererwärmung
- Einbau eines Luftvorwärmers (LUVO) zur Abwärmenutzung der Kälteanlage
- Einbau einer CO-Regelung
- Drehzahlregelung des Verbrennungsluftgebläses

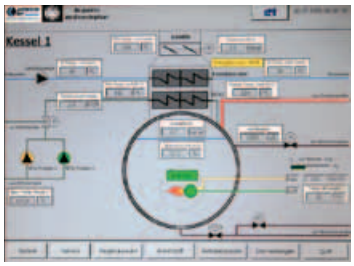
Zahlen, die für sich sprechen.

Energieträger	Erdgas/Heizöl	Strom
Senkung Energieverbrauch	2.800.000 kWh/Jahr	45.000 kWh/Jahr
Prozentuale Energieeinsparung	10,5 %	45,5 %
CO_2-Reduzierung*	2.230 t/Jahr	28,5 t/Jahr
Investition	154.800 €	5.500 €
Kostensenkung	153.500 €/Jahr	9.000 €/Jahr
Kapitalrendite	99 %	164 %

**Folgende Äquivalenzwerte liegen nach Gemis 4.5 zugrunde: Deutscher Strommix 633 g CO_2/kWh, Erdgas 244 g CO_2/kWh, Heizöl 302 g CO_2/kWh.*

Bewertung.
Mithilfe der umgesetzten Maßnahmen nutzt die Brauerei Weihenstephan einen großen Teil der anfallenden Abwärme konsequent. Dies wird vor allem möglich durch den Einsatz eines kondensierenden Abgas-Wärmeübertragers. Die zusätzliche Nutzung der Abwärme aus der Druckluftanlage, der Einsatz einer modernen CO-Regelung und die Installation einer Drehzahlregelung zeigen beispielhaft, wie Energieeffizienzpotenziale durch eine Optimierung des Gesamtsystems erschlossen werden können. Die Staatsbrauerei Weihenstephan verfügt nunmehr über eine der modernsten – und effizientesten – Kesselanlagen in der Brauereibranche.

Ergebnis: jährliche Kostenersparnis 162.500 Euro.
Die Umsetzung des Projekts zur Energieeffizienzsteigerung ergab eine jährliche Energieeinsparung von ca. 2.845.000 kWh – und damit eine jährliche Kosteneinsparung von ca. 162.500 Euro. Die Kapitalrendite der Energiesparinvestition beträgt 101 Prozent. Allein durch den Einbau der O_2-/CO-Regelung können pro Jahr rund 640.000 kWh Gas eingespart werden.



Von links nach rechts:
Economiser und nachgeschalteter Brennwert-Economiser, Gasbrenner mit LUVO zur Nutzung der überschüssigen Kompressorenabwärme, CO-Regelung

Das Anwenderunternehmen.
Die Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan, gegründet im Jahr 1040, ist die älteste noch bestehende Braustätte der Welt. Als Regiebetrieb des Freistaats Bayern wird sie als modernes Unternehmen geführt, das seine Biere in mehr als 35 Länder weltweit vertreibt. Für ihre „Weihenstephaner Bierspezialitäten" wurde die Brauerei mit dem Qualitätsstandard „Premium Bavaricum" sowie einer Vielzahl nationaler und internationaler Preise ausgezeichnet.

Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan
Ansprechpartner: Hans Wolfinger · Technischer Leiter
Alte Akademie 2 · 85354 Freising
Tel.: +49 (0)8161 536-0 · Fax: +49 (0)8161 536-202
www.weihenstephaner.de · info@weihenstephaner.de

Das Anbieterunternehmen.
Beratung, Planung und Ausführung:
Bayerische Ray Energietechnik GmbH & Co. KG
Ansprechpartner: Helmut Reiter · Verkaufsleiter
Dirnismaning 34 a · 85739 Garching
Tel.: +49 (0)89 329 004-0 · Fax: +49 (0)89 329 004-40
www.bayray.de · info@bayray.de

Hersteller Industriekesselanlage:
Loos Deutschland GmbH
Ansprechpartner: Franz Dörr · Vertriebsleiter Deutschland
Nürnberger Straße 73 · 91710 Gunzenhausen
Tel.: +49 (0)9831 56-253 · Fax: +49 (0)9831 5692-253
www.loos.de · vertrieb@loos.de

Die *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) und die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) stellen vorbildliche Projekte zur „Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe" vor. Industriepartner dieses Projekts sind Mitglieder des BDH. Die *Initiative EnergieEffizienz* informiert Unternehmen und Verbraucher über Vorteile und Chancen der effizienten Energienutzung. Sie wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Weitere Referenzobjekte und Informationen unter **www.industrie-energieeffizienz.de.** Kontakt: **info@industrie-energieeffizienz.de.**

Eine Initiative von: dena

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Unsere Partner: BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.
Interessengemeinschaft Energie · Umwelt Feuerungen GmbH

Herausgeber: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin, Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600, Fax: +49 (0)30 72 61 65-699. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena. 03/11, Artikel-Nr. 13740

dena
Deutsche Energie-Agentur

Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe.

GRUNDFOS Pumpenfabrik GmbH: Energetische Modernisierung der Heizzentrale.

Die Initiative EnergieEffizienz der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) stellt beispielgebende Projekte für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe vor – motivierend für Unternehmen aller Größen und Branchen. Die dargestellten Projekte zeichnen sich durch innovative Lösungen zur Erschließung von Energie- und Kosteneinsparungen aus – und sind gut auf andere Unternehmen übertragbar. Lassen Sie sich zur Nachahmung anregen. Weitere Informationen zur Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe finden Sie unter: www.industrie-energieeffizienz.de.

Projektbeschreibung.

Im Jahr 2008 führte die GRUNDFOS Pumpenfabrik GmbH eine Energieanalyse am Fertigungsstandort Wahlstedt durch. Die Analyse kam zu dem Ergebnis, dass durch die Modernisierung der Heizzentrale große Einsparpotenziale bei Energieverbrauch und -kosten erzielt werden können. Im Zuge der umfangreichen Anlagenmodernisierung wurden alte Brenner gegen neue Modelle ausgetauscht. Darüber hinaus wurde eine Mehrkesselregelung implementiert, die dafür sorgt, dass – je nach Bedarf – nur die erforderliche Anzahl an Kesseln betrieben wird. Auf diese Weise wird der exakt erforderliche Volumenstrom transportiert, sodass die Kessel im optimalen Lastpunkt und mit maximalem Wirkungsgrad betrieben werden können.

Die Gesamtleistung der Wärmeversorgung war mit 8,5 MW aufgrund von Reserve und Redundanz überdimensioniert. Zudem war die Hydraulik nicht auf die Leistungen abgestimmt, sodass Lastschwankungen aufgetreten sind. Die ursprünglich auf insgesamt drei Kessel verteilte Gesamtleistung wurde auf zwei Kessel mit 0,9 MW und 1,95 MW verteilt, da ein Kessel nicht mehr weiter betrieben werden konnte und außer Betrieb genommen wurde. Durch die Installation einer Mehrkesselregelung, die in die vorhandene Gebäudeleittechnik integriert wurde, konnte die Leistung der vorhandenen Kessel optimal genutzt werden. Neben neuen Kesseln mit Abgaswärmetauschern wurden auch zwei energieeffiziente Brenner mit Drehzahl- und O_2-Regelung eingebaut. Bereits innerhalb von zwei Jahren führte diese Optimierung zu einer Reduzierung des Brennstoffverbrauchs in Höhe von 1,8 Millionen kWh pro Jahr. Weitere positive Effekte: Durch die Regelung der beiden Wärmeerzeuger konnte die Betriebsweise der Anlage optimiert werden. Lastschwankungen werden nun verlässlich aufgefangen und Temperaturschwankungen im Netz können nicht mehr auftreten.

Neben der Versorgung wurde auch die Wärmeverteilung angepasst: So wurde die gesamte Hydraulik durch Entkoppelung des Heiz- und Prozesswärmekreislaufs optimiert. Mithilfe einer Drehzahlregelung können die installierten Pumpen nun in Abhängigkeit vom tatsächlichen Volumenstrom gesteuert werden. Insgesamt ermöglichen diese zusätzlichen Maßnahmen eine jährliche Stromkosteneinsparung von 66.500 €.

Energieeffizienzmaßnahmen.

- Austausch der vorhandenen Kessel gegen Niedertemperaturkessel mit Abgaswärmetauscher und kompletter Abgasanlage
- Einbau von zwei neuen Brennern inkl. Drehzahl- und O_2-Regelung
- Installation einer Mehrkesselregelung
- Anpassung der gesamten Hydraulik inklusive Entkoppelung des Heiz- und Verbraucherkreises und Einsatz drehzahlgeregelter Pumpen sowie Steuerung durch Messung des Volumenstroms

Zahlen, die für sich sprechen.

Senkung Brennstoffverbrauch	1.806.000 kWh/Jahr
Senkung Stromverbrauch[1]	60.000 kWh/Jahr
Prozentuale Energieeinsparung im Jahr	22 %
CO_2-Reduzierung[2]	479 t/Jahr
Investition	265.000 €
Kostensenkung	66.500 €/Jahr
Kapitalrendite	25 %

[1] *Die Stromeinsparungen können nur geschätzt werden, da keine separaten Stromzähler für das Heizhaus vorhanden sind.*

[2] *Folgende Äquivalenzwerte liegen nach Gemis 4.5 zugrunde: Deutscher Strommix 633 g CO_2/kWh, Erdgas 244 g CO_2/kWh, Heizöl 302 g CO_2/kWh.*

Bewertung.
Das umfangreiche Maßnahmenpaket beinhaltet neben der Optimierung der Wärmeversorgung auch eine Anpassung des Heizsystems, sodass der Bedarf an Raumwärme deutlich gesenkt werden konnte. Bei der Auswahl neuer Komponenten – z. B. Niedertemperaturkessel mit Abgaswärmetauscher – wurde konsequent auf Energieeffizienz geachtet. Eine Mehrkesselregelung ermöglicht den bedarfsgerechten Betrieb der Kessel. Auch der Stromverbrauch der im Heizsystem eingesetzten Pumpen wurde mittels Drehzahlregelung und Steuerung über den Volumenstrom deutlich reduziert. Insgesamt zeigt sich, dass die bedarfsgerechte und optimal aufeinander abgestimmte Steuerung der Energieflüsse den Grundstein für die Optimierung des Energieverbrauchs im Gesamtsystem bildet.

Ergebnis: jährliche Kostenersparnis 66.500 Euro.
Neben der Kosteneinsparung von ca. 58.700 Euro jährlich für die Maßnahmen zur Optimierung der Wärmeversorgung ergeben sich weitere Einsparungen aufgrund des gesenkten Stromverbrauchs in Höhe von 7.800 Euro pro Jahr. Die Kapitalrendite der Energiesparinvestition liegt bei 25 Prozent. Durch den geringeren Brennstoffeinsatz und die Senkung des Stromverbrauchs werden die CO_2-Emissionen um 479 Tonnen pro Jahr reduziert.

Von links nach rechts:
modernisiertes Heizhaus mit neuen Brennern,
Brenner mit aufgesetztem Frequenzumrichter,
Steuerung der Mehrkesselregelung mittels SPS

Das Anwenderunternehmen.
Am Standort Wahlstedt unterhält die GRUNDFOS-Gruppe mit der GRUNDFOS Pumpenfabrik GmbH eine Produktionsgesellschaft, die sich auf die Herstellung und Montage von Umwälzpumpen für die Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik sowie von Hochdruck-Kreiselpumpen und Druckerhöhungsanlagen für die Wasserversorgung spezialisiert hat.

GRUNDFOS Pumpenfabrik GmbH
Ansprechpartner: Matthias Wiese · Leiter Instandhaltung
Willy-Pelz-Straße 1 – 5 · 23812 Wahlstedt
Tel.: +49 (0)45 54 98-0 · Fax: +49 (0)45 54 98-6273
info@grundfos.de · www.grundfos.de

Das Anbieterunternehmen.
Weishaupt ist einer der international führenden Hersteller für Brenner, Heiz- und Brennwertsysteme sowie von Solartechnik, Wärmepumpen und Gebäudeautomation. Die Weishaupt-Gruppe beschäftigt in ihren 20 Tochtergesellschaften weltweit ca. 3.000 Mitarbeiter. Im Stammwerk in Schwendi arbeiten rund 1.000 Mitarbeiter.

Max Weishaupt GmbH · Niederlassung Hamburg
Ansprechpartner: Frank Gries · Niederlassungsleiter
Lademannbogen 16 · 22339 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 5380-9420 · Fax: +49 (0)40 5380-9480
nl.hamburg.gries@weishaupt.de · www.weishaupt.de

Die *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) und die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) stellen vorbildliche Projekte zur „Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe“ vor. Industriepartner dieses Projekts sind Mitglieder des BDH. Die *Initiative EnergieEffizienz* informiert Unternehmen und Verbraucher über Vorteile und Chancen der effizienten Energienutzung. Sie wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Weitere Referenzobjekte und Informationen unter **www.industrie-energieeffizienz.de.** Kontakt: **info@industrie-energieeffizienz.de.**

Eine Initiative von: dena

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Unsere Partner: BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.
Interessengemeinschaft Energie · Umwelt Feuerungen GmbH

Herausgeber: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin, Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600, Fax: +49 (0)30 72 61 65-699. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena. 03/11, Artikel-Nr.: 13730

dena
Deutsche Energie-Agentur

INITIATIVE EnergieEffizienz
Industrie & Gewerbe

Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe.

Pulcra Chemicals GmbH, Werk Geretsried: Optimierung der Dampferzeugung.

Die Initiative EnergieEffizienz der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) stellt beispielgebende Projekte für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe vor – motivierend für Unternehmen aller Größen und Branchen. Die dargestellten Projekte zeichnen sich durch innovative Lösungen zur Erschließung von Energie- und Kosteneinsparungen aus – und sind gut auf andere Unternehmen übertragbar. Lassen Sie sich zur Nachahmung anregen. Weitere Informationen zur Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe finden Sie unter: www.industrie-energieeffizienz.de.

Projektbeschreibung.

Die Pulcra Chemicals GmbH produziert in ihrem Werk Geretsried Prozesschemikalien wie Farb- und Hilfsstoffe für die Textil-, Faser- und Lederindustrie. Da für zahlreiche Produktionsschritte thermische Energie benötigt wird, stellt die Dampfversorgung eine zentrale Rolle des Werks dar. Aufgrund gestiegener Emissionsanforderungen und höherer Brennstoffkosten hat sich das Unternehmen im Jahr 2008 dazu entschlossen, die Energieeffizienz der Dampferzeugung im Werk Geretsried zu erhöhen. Hierzu wurde die Dampferzeugungsanlage mit modernster Feuerungstechnik und Feuerungsmanagementsystemen ausgerüstet.

In ihrem ursprünglichen Zustand bestand die Anlage aus einem Dampfkessel zur Erzeugung von bis zu 6 t/h Dampf und einem Leichtölbrenner mit einer Feuerungsleistung von 4 MW. Hohe Abgastemperaturen von bis zu 270 °C führten jedoch zu geringen Kesselwirkungsgraden von maximal 86 Prozent. Um die Effizienz der Anlage zu erhöhen, wurde der vorhandene Leichtölbrenner gegen einen neuen, energieeffizienten Gasbrenner ausgetauscht. Um die im Abgas enthaltene thermische Energie nutzen zu können, rüstete das Unternehmen die Anlage darüber hinaus mit einem Economiser und einem Rauchgaskondensator nach. Im Economiser wird das Kesselspeisewasser zunächst durch die heißen Abgase vorgewärmt. Bereits ein Absenken der Abgastemperatur um 100 Kelvin bewirkt eine Steigerung des Kesselwirkungsgrads um vier Prozent. Mithilfe des Rauchgaskondensators kann die Kondensationswärme des Wasserdampfs im Abgas zur Vorwärmung von Frischwasser genutzt werden. Die Nachrüstung ist besonders dann empfehlenswert, wenn die Rücklauftemperatur der Prozessströme besonders niedrig ist, da in diesem Fall ein besonders tiefes Abkühlen (bis 60 °C) der Rauchgastemperatur möglich wird.

Durch die Optimierung der Anlage wird das Abgas des Dampferzeugers bis auf 60 °C abgekühlt, sodass die Abgasverluste minimiert werden. Der Gesamtkesselwirkungsgrad wird in Volllast von 84,9 Prozent auf 98 Prozent gesteigert. Da Erdgas nahezu schwefelfrei ist, besteht trotz der niedrigen Abgastemperaturen nicht die Gefahr einer Säuretaupunktunterschreitung. Der Gasbrenner reduziert außerdem den Stickstoffoxid-Ausstoß der Anlage (Low-NOx-Gasbrenner). Durch die energetische Optimierung kann das Unternehmen den Energieverbrauch der Anlage pro Jahr um rund 1,4 Millionen kWh senken.

Energieeffizienzmaßnahmen.

- Ersetzen des Ölbrenners durch einen Low-NOx-Gasbrenner
- Nachrüstung Economiser
- Nachrüstung Rauchgaskondensator

Zahlen, die für sich sprechen.

Senkung Energieverbrauch	1.420.000 kWh/Jahr
Prozentuale Energieeinsparung im Jahr	10 %
CO_2-Reduzierung*	1.170 t/Jahr
Investition	240.000 €
Energiekostensenkung	57.000 €/Jahr
Kapitalrendite	24 %

**Folgende Äquivalenzwerte liegen nach Gemis 4.5 zugrunde: Erdgas 244 g CO_2/kWh, Heizöl 302 g CO_2/kWh.*

Bewertung.
Das Unternehmen setzte bei der Anlagenmodernisierung konsequent auf energieeffiziente Komponenten wie z. B. Low-NOx-Gasbrenner. Durch die Ausrüstung der Anlage mit einem Feuerungsmanagement können alle Parameter, die die Energieeffizienz des Verbrennungsvorgangs maßgeblich beeinflussen, kontinuierlich gesteuert und überwacht werden. Durch Nutzung von Wärmerückgewinnung wird die Energieeffizienz der Anlage zusätzlich erhöht. Alle Faktoren – Einbau energieeffizienter Komponenten, Optimierung der Anlagensteuerung und Wärmerückgewinnung – tragen im Zusammenspiel dazu bei, den Gesamtwirkungsgrad der Dampferzeugungsanlage zu optimieren.

Ergebnis: jährliche Kostenersparnis 57.000 Euro.
Durch die Nachrüstung des Dampfkessels mit einem Rauchgaskondensator, einem Economiser und einem Low-NOx-Gasbrenner kann die Pulcra Chemicals GmbH ihren Jahresbrennstoffverbrauch um 10 Prozent senken, was zu einer Energiekosteneinsparung von 57.000 € pro Jahr führt. Die Kapitalrendite der Energiesparinvestition liegt bei 24 Prozent. Durch den geringeren Brennstoffeinsatz und den Wechsel des Brennstoffs werden darüber hinaus die CO_2-Emissionen um 1.170 Tonnen pro Jahr reduziert.

Von links nach rechts:
Dampfkessel mit Economiser und Rauchgaskondensator, Dampfkessel vor Umrüstung, Rauchgaskondensator und Economiser

Das Anwenderunternehmen.
Die Pulcra Chemicals GmbH produziert im Werk Geretsried mit 100 Mitarbeitern Textil-, Faser- und Lederhilfsstoffe, die für Herstellung von Kleidungsstücken, Schuhen und Lederprodukten für Autos und Möbel benötigt werden. Das Unternehmen – mit Hauptsitz in Düsseldorf – hat weltweit rund 500 Mitarbeiter.

Pulcra Chemicals GmbH
Ansprechpartner: Bernhard Neumaier · Technikleitung
Am Isardamm 79 – 83 · 82538 Geretsried
Tel.: +49 (0)81 71 6 280
bneumaier@pulcrachem.de · www.pulcra-chemicals.com

Das Anbieterunternehmen.
Die SAACKE Gruppe gehört zu den weltweit führenden Herstellern industrieller Öl- und Gasbrenner sowie von Anlagen- und Energietechnik. Als mittelständische Unternehmensgruppe im Familienbesitz beschäftigt das Unternehmen mit Stammsitz in Bremen weltweit rund 1.000 Mitarbeiter.

SAACKE Gruppe
Ansprechpartner: Sven Gose · Projektleiter F&E
Südweststraße 13 · 28237 Bremen
Tel.: +49 (0)421 64 950 · Fax: +49 (0)421 64 95 5224
s.gose@saacke.de · www.saacke.de

Die *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) und die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) stellen vorbildliche Projekte zur „Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe“ vor. Industriepartner dieses Projekts sind Mitglieder des BDH. Die *Initiative EnergieEffizienz* informiert Unternehmen und Verbraucher über Vorteile und Chancen der effizienten Energienutzung. Sie wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Weitere Referenzobjekte und Informationen unter **www.industrie-energieeffizienz.de.** Kontakt: **info@industrie-energieeffizienz.de.**

Eine Initiative von: dena

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Unsere Partner: BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.

Interessengemeinschaft Energie · Umwelt Feuerungen GmbH

Herausgeber: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin, Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600, Fax: +49 (0)30 72 61 65-699. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena. 03/11, Artikel-Nr.: 13750

dena
Deutsche Energie-Agentur

INITIATIVE EnergieEffizienz
Industrie & Gewerbe

Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe.

Rittal International GmbH & Co. KG, Werk Rittershausen: Modernisierung der Wärmeerzeugung.

Die Initiative EnergieEffizienz der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) stellt beispielgebende Projekte für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe vor – motivierend für Unternehmen aller Größen und Branchen. Die dargestellten Projekte zeichnen sich durch innovative Lösungen zur Erschließung von Energie- und Kosteneinsparungen aus – und sind gut auf andere Unternehmen übertragbar. Lassen Sie sich zur Nachahmung anregen. Weitere Informationen zur Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe finden Sie unter: www.industrie-energieeffizienz.de.

Projektbeschreibung.

Am Standort Rittershausen produziert die Rittal International GmbH & Co. KG auf einer Produktionsfläche von 65.000 m² täglich rund 2.500 Großschaltschränke. Im Zeitraum 2006 bis 2009 wurden zahlreiche Energieeffizienzmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen durchgeführt. Hauptwärmelieferanten im Werk sind zwei Kesselanlagen, die je mit einem effizienten Brenner betrieben werden. Beide Brenner sind bereits mit einer O_2- und Drehzahlregelung ausgerüstet. Die Gesamtleistung der beiden Kessel beträgt 4,76 MW.

Des Weiteren steht ein mit Bioöl[1] betriebenes BHKW mit einer Leistung von 420 KW sowie zwei katalytische Abgasreinigungsanlagen (KNV) aus der Produktion als Wärmelieferanten zu Verfügung. Hauptabnehmer für die anfallende Wärme ist die Lackieranlage, deren Vorbehandlungsbecken sowohl im Sommer als auch im Winter auf konstanter Temperatur gehalten werden müssen. Im Winter ist die Gebäudeheizung der größte Energieverbraucher im Werk Rittershausen.

Um die Anlage zu optimieren, wurde im Jahr 2007 eine Mehrkesselregelung am Standort umgesetzt. Im Zuge dessen wurden auch die Primär- und Sekundärkreispumpen gegen drehzahlgeregelte Pumpen ausgetauscht. Die für die Mehrkesselregelung erforderliche Volumenstrommessung wurde im Primärkreis (Heizungssystem) eingesetzt, der Sekundärkreis (Sekundärverbraucher) wurde durch eine hydraulische Weiche entkoppelt. Durch die Installation zusätzlicher Temperaturfühler konnte die Wärmeerzeugung dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden. Die energieeffizienten Kesselkreispumpen der Wärmeerzeuger sorgen für einen ausgeglichenen Wasservolumenstrom im System und korrigieren eventuelle Abweichungen rechtzeitig, bevor eine für das System nachteilige Temperaturentwicklung entstehen kann. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das BHKW ganzjährig die erforderliche Grundlast liefert, während die Abwärme der Abgasanlage konstant in das System eingespeist werden kann. Die beiden Heizkessel müssen daher nur noch zum Einsatz kommen, um temporäre Bedarfsspitzen abzudecken. Weiterhin wurden die Kessel im Zuge der Umbaumaßnahmen mit Abgaswärmeübertragern nachgerüstet. Im Vergleich zum Jahr 2006 reduziert sich der Verbrauch der Anlage durch die Energieeffizienzmaßnahmen um rund 9 Prozent.

Umsetzungsstufen der Energieeffizienzmaßnahme.

1. Einbau der Mehrkesselregelung und eines effizienten Brenners
2. Einbau eines weiteren Brenners, Inbetriebnahme des mit Bioöl betriebenen BHKW. Umstellung von thermischer Abgasreinigung auf katalytische Abgasreinigung mit Wärmerückgewinnung
3. Einbau der Abgaswärmeübertrager in die vorhandenen Kessel

Zahlen, die für sich sprechen.

Senkung Gasverbrauch	8,056 Mio. kWh/Jahr
Bioölverbrauch für Wärme	6,72 Mio. kWh/Jahr
Senkung Energieverbrauch	1,337 Mio. kWh/Jahr
Prozentuale Einsparung	9 %
CO_2-Reduzierung[2]	1.095 t/Jahr
Investition	620.000 €
Kostensenkung	270.670 €/Jahr
Kapitalrendite	44 %

[1] Für die Berechnung der CO_2-Emissionen wird der Einsatz von Rapsöl angenommen.
[2] Folgende Äquivalenzwerte liegen zugrunde: Erdgas 244 g CO_2/kWh (Gemis 4.5), Rapsöl 129,6 g CO_2/kWh (BioSt-NachV).

Bewertung.
Mithilfe der umgesetzten Maßnahmen erreicht die Rittal GmbH eine erhebliche Energie- und Kosteneinsparung. Dies wird vor allem möglich durch den Einsatz der Mehrkesselregelung in Zusammenarbeit mit einem BHKW für die Bereitstellung der Wärmegrundlast. Die zusätzliche Nutzung der Abwärme aus der katalytischen Abgasreinigung sowie der Einsatz eines Abgaswärmetauschers zeigen beispielhaft, wie Energieeffizienzpotenziale durch eine Optimierung des Gesamtsystems erschlossen werden können.

Ergebnis: jährliche Kostenersparnis 270.670 Euro.
Die Umsetzung des Projekts zur Energieeffizienzsteigerung ergibt eine jährliche Energieeinsparung von 1.337.000 kWh und damit eine Kosteneinsparung in Höhe von 270.670 Euro pro Jahr. Die Energiekosten für die Bereitstellung der Prozesswärme aus dem BHKW werden vollständig durch den Verkauf des im BHKW erzeugten Stroms gedeckt. Die Kapitalrendite der Energiesparinvestition beträgt 44 Prozent.

Von links nach rechts: Gasbrenner, Heizkreisverteilung, Schaltanlage

Das Anwenderunternehmen.
Die Rittal International GmbH & Co. KG ist Teil der Friedhelm Loh Group (Hessen), die weltweit 11.100 Mitarbeiter beschäftigt. Am Standort Rittershausen produziert das Unternehmen mit 1.000 Mitarbeitern Schaltschränke (und weitere Produkte) für den internationalen Markt. Die Projektumsetzung wurde durch die Max Weishaupt GmbH Siegen begleitet.

Rittal International GmbH & Co. KG
Ansprechpartner: Rafael Armbruster · Gruppenleiter
im Bereich Energieeffizienz und Umweltschutz
Auf dem Stützelberg · 35745 Herborn
Tel.: +49 (0)2772 505-0 · Fax: +49 (0)2772 505-2319
info@rittal.de · www.rittal.de

Das Anbieterunternehmen.
Weishaupt ist einer der international führenden Hersteller für Brenner, Heiz- und Brennwertsysteme sowie von Solartechnik, Wärmepumpen und Gebäudeautomation. Die Weishaupt-Gruppe beschäftigt in ihren 20 Tochtergesellschaften weltweit ca. 3.000 Mitarbeiter. Im Stammwerk in Schwendi arbeiten rund 1.000 Mitarbeiter.

Max Weishaupt GmbH · Niederlassung Siegen
Ansprechpartner: Björn Kowohl · Niederlassungsleiter
In der Steinwiese 25 · 57074 Siegen
Tel.: +49 (0)271 660 42-20 · Fax: +49 (0)271 660 42-80
nl.siegen.kowohl@weishaupt.de · www.weishaupt.de

Die *Initiative EnergieEffizienz* der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), der Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH) und die Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH (IG) stellen vorbildliche Projekte zur „Energieeffizienz von Wärmeversorgungsanlagen in Industrie und Gewerbe“ vor. Industriepartner dieses Projekts sind Mitglieder des BDH. Die *Initiative EnergieEffizienz* informiert Unternehmen und Verbraucher über Vorteile und Chancen der effizienten Energienutzung. Sie wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Weitere Referenzobjekte und Informationen unter **www.industrie-energieeffizienz.de.** Kontakt: **info@industrie-energieeffizienz.de.**

Eine Initiative von: dena

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Unsere Partner: BDH Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V.

Interessengemeinschaft Energie · Umwelt Feuerungen GmbH

Herausgeber: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Chausseestraße 128 a, 10115 Berlin, Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600, Fax: +49 (0)30 72 61 65-699. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena. 03/11, Artikel-Nr.: 13760