

## Electrical Heating: With Intelligent Design for Greater Energy Efficiency according to DIN EN ISO 50001

With regard to the turnaround in energy policy, DIN EN ISO 50001 is currently receiving a lot of attention for various reasons, particularly after the formation of the government in Berlin. The increase in energy efficiency reduces energy costs and consequently competitive ability is increased. It is not only due to the uncertain future of governmental credits for energy-intensive companies that it is in their best interest to design their products to be as energy-efficient as possible.

# Elektrowärme: Mit intelligenter Anlageauslegung zu mehr Energieeffizienz nach DIN EN ISO 50001

Dipl.-Ing. Matthias Boehme,  
Montalba le Château, Frankreich

Im Hinblick auf die Energiewende genießt die DIN EN ISO 50001 aus verschiedenen Gründen, aktuell insbesondere nach der Regierungsbildung in Berlin, eine hohe Aufmerksamkeit. Die Steigerung der Energieeffizienz senkt die Energiekosten und folgerichtig wird die eigene Wettbewerbsfähigkeit gestärkt. Nicht nur angesichts der unbestimmten Zukunft der staatlichen Entlastungen energieintensiver Betriebe liegt es in deren unmittelbaren Interesse, ihre Produktion so energieeffizient wie möglich zu gestalten.

### Einleitung

Im folgenden Dialog stellen Dipl.-Wirt.-Ing. Dirk M. Schibisch, Bereichsleiter Vertrieb/Marketing und Loïc de Vathaire, Abteilungsleiter Service Ersatzteile, beide bei SMS Elotherm GmbH in Remscheid, Möglichkeiten vor, die eine Reduzierung des Energieverbrauchs beziehungsweise eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrads einer induktiven Erwärmungsanlage hervorbringen. Durch konsequente Überarbeitung aller Details wird so der Leistungsfaktor erhöht. Insbesondere bei Elektrowärme-Anlagen ist es durch eine

intelligente Anlagenauslegung möglich, Teilwirkungsgrade deutlich zu verbessern.

Zuvor sind einige Aspekte und Richtlinien zu erörtern, die dieses aktuelle Thema der Energieeffizienz in Hinblick auf die Energiewende beleuchten. Für Deutschland gilt auch nach der Regierungsbildung im Dezember 2013 das erklärte Ziel, dass bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 neben einer Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen um 80 Prozent auch der bereitgestellte Strom zu mehr als

80 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen stammen soll.

Zur Finanzierung der Energiewende wurde unter anderem bereits im Jahr 2000 das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) erlassen. Es soll die Verteilung der Kosten, die durch Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen entstehen, auf die Stromendverbraucher über die EEG-Umlage regeln.

Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben zum Erhalt ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit Möglichkeiten, ihre EEG-Umlage und die Energiesteuerlast zu reduzieren. Ab einer bestimmten Größe müssen sie dafür nach DIN EN ISO 50001 zertifiziert sein. Dadurch werden die Bestrebungen, die Energieeffizienz zu erhöhen, systematischer und stetiger. Die energieintensiven Unternehmen der Massivumformung und Wärmebehandlung sind seit jeher bestrebt, in vorausschauender Weise die Energieeffizienz zu erhöhen, denn falls die Entlastungsregelungen angepasst werden sollten, wird der Druck auf die Unternehmen weiter zunehmen, in noch effizientere, innovative Prozesse und Verfahren zu investieren.

Für diese vorgenannten Unternehmen gilt es auch, das durch Anlagenbauer angebotene Potenzial zu nutzen. So kann auch für die Zukunft der Wettbewerbsvorteil aufrechterhalten werden.



Bild 1: Ziel ist die Steigerung der Anlageneffizienz und Senkung der Fertigungsstückkosten.

? Was ist der Kern der DIN EN ISO 50001?

! Schibisch: Die DIN EN ISO 50001 beschreibt Managementsystem-Normen mit dem Ziel einer kontinuierlichen Verbesserung der Energiebilanz und stellt dabei die Prozesse in der Organisation in den Mittelpunkt. Das Ziel ist die Reduzierung von Treibhausgasemissionen und anderer Umweltauswirkungen sowie die Verringerung von Energiekosten. Übergeordnet trägt die weltweite Anwendung dieser Norm zudem zur effizienteren Nutzung der verfügbaren Energiequellen und zu einer besseren Wettbewerbsfähigkeit bei. Im Mittelpunkt der Norm steht im Wesentlichen eine Verbesserung der Energieeffizienz, die als das Verhältnis zwischen einer erzielten Leistung und der eingesetzten Energie, dem Energieverbrauch, definiert ist.

? Wie kann man Induktionsanlagen für die Schmiedeindustrie nach der DIN EN ISO 50001 so optimieren, dass eine nachhaltige Verbesserung der Energieeffizienz und damit Verringerung der Stromkosten sowie Reduzierung von Emissionen bewirkt werden kann?

! de Vathaire: Die Schmiedeindustrie gehört zu den energieintensivsten Branchen der deutschen Industrie. Aus diesem Grund beobachtet sie mit großer Aufmerksamkeit die mit der Energiewende verbundenen Entwicklungen, die unter anderem durch rasante Preissteigerungen, höhere Netzentgelte, steigende Umlagen und vor allem durch eine große

Unsicherheit über die künftigen Rahmenbedingungen gekennzeichnet sind.

Schibisch: Hier müssen wir erst einmal zwei wichtige Erscheinungen betrachten, die den Energieverbrauch kennzeichnen. Allgemein bekannt ist die Scheinleistung oder Anschlussleistung. Sie kennzeichnet die einem elektrischen Verbraucher zugeführte oder zuzuführende elektrische Leistung. Die Scheinleistung ergibt sich aus den Effektivwerten von elektrischer Stromstärke und elektrischer Spannung und setzt sich zusammen aus der tatsächlich umgesetzten Wirkleistung und einer zusätzlichen Blindleistung.

Neben der elektrischen Wirkleistung sind vor allem energieintensive Betriebe an der Blindleistung interessiert. Diese entsteht, wenn Strom und Spannung gegeneinander phasenverschoben werden. Alternativ wird der Anteil

an Wirkleistung über den Phasenwinkel beziehungsweise dessen Cosinus angegeben, der auch Leistungsfaktor genannt wird. Als Faustformel gilt: Ein Leistungsfaktor von 0,9 entspricht ungefähr der Aussage „Blindleistung = 50 Prozent der Wirkleistung“.

Eine Wirkleistung wird über das Versorgungsnetz bezogen, wenn Spannung und Strom dasselbe Vorzeichen haben. Wenn jedoch die Vorzeichen gegensätzlich sind, werden sie in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt des elektrischen Verbrauchers ganz oder teilweise als Blindleistung wieder zurückgespeist.

? Welcher Weg muss eingeschlagen werden, damit ein Elektrizitätsgroßverbraucher seine Energiebilanz verbessern kann?



Bild 2: Stangenerwärmungsanlage für die flexible Produktion.

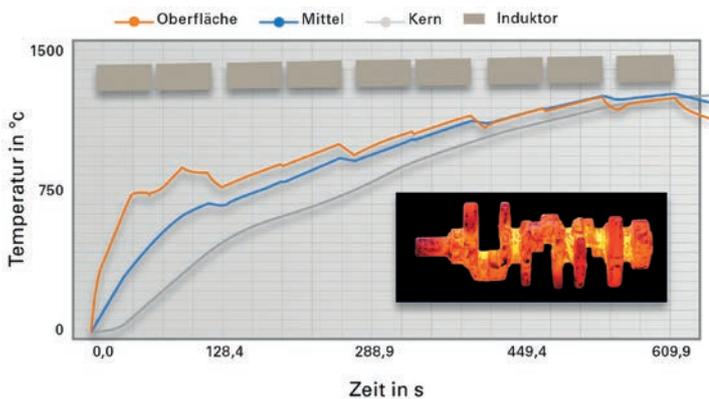


Bild 3: Erwärmungsprofile für Kurbelwellenrohlinge auf einer EloForge™ XL. Erwärmungsanlage.

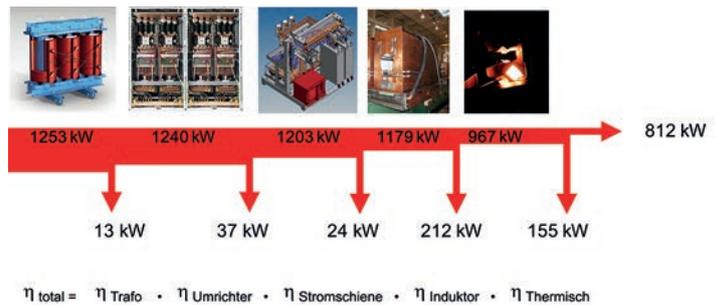


Bild 4: Energieverbrauch am Netz. Beispiel: Durchsatz: 3.500 kg/h, Netzverbrauch: 358 kWh/t, Werkstücktemperatur: 1.250 °C.

Bilder: SMS Elotherm

de Vathaire: Elektrische Großverbraucher in der Industrie müssen neben der bezogenen Wirkenergie auch für ihren Blindenergiebezug bezahlen. Es ist somit im Interesse der energieintensiven Betriebe, die Blindleistung stark zu begrenzen, wenn nicht sogar komplett zu eliminieren. Zur Begrenzung werden sogenannte Blindleistungskompensationsanlagen eingesetzt, die allerdings ihrerseits die Energiebilanz wieder verschlechtern.

Schibisch: Besser ist es, eine arbeitspunktunabhängige Optimierung des Verbraucherleistungsfaktors auf einen konstanten Wert nahe 1 (kaum Blindleistung) durch Auswahl geeigneter Schaltungstopologien zu bringen.

Wie können Unternehmen der Umformindustrie vor diesem Hintergrund ihr Energieaudit optimieren?

de Vathaire: Der Anteil der Energiekosten an der Wertschöpfung hat auch bei modernen Betrieben massiv an Bedeutung gewonnen. Um im heutigen Umfeld bei langfristig steigenden Energiekosten bestehen zu können, ist jeder Betreiber gut beraten, seine Energiekosten zu kontrollieren beziehungsweise zu optimieren.

Obwohl induktive Erwärmungsanlagen im Vergleich zu anderen Technologien aufgrund des Verfahrensprinzips besonders energieeffizient arbeiten, verursachen sie nach wie vor den Großteil der Energiekosten. Betrachten wir den Gesamtwirkungsgrad einer Produktionsanlage, zum Beispiel eine Anlage zum induktiven Erwärmen von Blöcken oder Stangen vor den Umformaggregaten. Der Gesamtwirkungsgrad einer Induktionserwärmungsanlage ist das Produkt der Einzelwirkungsgrade der unterschiedlichen Einzelkomponenten, nämlich des Mittelspannungstransformators, des Frequenz-

umrichters, der Stromschiene und des Induktors sowie des thermischen Wirkungsgrads.

Wie sind denn die Einzelwirkungsgrade bei solch einer Anlage verteilt?

Schibisch: Ich möchte hier nicht alle Einzelwirkungsgrade und die energetische Verluste nacheinander aufzählen, sondern versuche zu veranschaulichen, wie es in einer realen Situation in einem Schmiedebetriebs vorkommt: Von 1.253 kW Energieverbrauch am Netz stehen zur Erwärmung eines Werkstücks auf 1.250 °C nur 812 kW zur Verfügung, was einem Gesamtwirkungsgrad von knapp 65 Prozent entspricht. Die energetischen Verluste der einzelnen Komponenten der Erwärmungsanlagen summieren sich zu 441 kW, wovon alleine der Induktor gute 200 kW Verlustleistung produziert. Es ist ferner ganz klar, dass es bei einem modernen Mittelspannungstransformator mit einem sehr hohen Wirkungsgrad von rund 99 Prozent kaum noch etwas zu verbessern gibt, ausgenommen die Induktionsspule. Denn sie hat mit knapp 75 Prozent Einzelwirkungsgrad einen starken Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad der Anlage. Hier liegt der Ansatz der Optimierung und somit leistet jeder Betrieb, der seine Anlage einem Audit unterzieht, auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit.

Wenn Wirkungsgrade optimiert werden, dann doch wohl am besten bei der Umrichtertechnologie und bei der Spule. Oder noch woanders?

de Vathaire: Bleiben wir erst bei der Umrichtertechnologie und der Induktionsspule. Wir konnten, wie im Beispiel beschrieben, die neu entwickelte Umrichtergeneration

mit dem optimierten L-LC-Schwingkreis zum Einsatz bringen, der einen Umrichterwirkungsgrad  $\eta_{\text{Umrichter}}$  von 0,97 Prozent hervorbringt. L-LC bezeichnet hier die Beschaltung am Ausgang der Wechselrichter. Obwohl die L-LC-Schaltung zwei Resonanzstellen aufweist – eine Parallel- und eine Serienresonanz – können beide abhängig von den angestrebten Eigenschaften der Schaltung und der Applikation genutzt werden. Es müssen spezielle Algorithmen zur Steuerung des Wechselrichters eingesetzt werden, um die gewünschte Resonanzstelle (parallel oder seriell) zu finden und den Arbeitspunkt eindeutig und energieeffizient festzulegen.

Schibisch: Ein weiterer wichtiger und effizienter Ansatz zur Verbesserung der Energieeffizienz kann bei der Optimierung der Induktionsspule erreicht werden. Beim Einsatz von höherwertigem Kupfer entstehen weniger Verluste. Der elektrische Wirkungsgrad ist entsprechend höher. Wir haben Spulen aus Cu-DHP mit der Werkstoff-Nr. CW024A – also mit Kupferanteil von größer als 99,9 Prozent – mit Spulen aus Cu-HCP (Werkstoff-Nr. CW021A) – mit Kupferanteil von größer als 99,95 Prozent – verglichen. Dabei stellten wir fest, dass die Energieeffizienz bei Cu-HCP sehr gut ist, im Vergleich zur guten Energieeffizienz der Spule aus Cu-DHP.

Mit dem Einsatz des Cu-HCP verteuern sich zwar sowohl die Material- als auch die Herstellungskosten auf Grund aufwendigerer Bearbeitungsverfahren, dennoch profitiert der Anwender durch die energieeffizienten Eigenschaften des hochwertigen Kupfermaterials in den Induktionsspulen. Der deutlich geringere spezifische Widerstand trägt über die langen Produktionszeiträume deutlich dazu bei, dass Energie eingespart wird. Dieser Aspekt der Wirtschaftlichkeit ist nicht mehr wegzudenken.

de Vathaire: Selbstverständlich spielen zur Energieeinsparung weitere Faktoren ebenso eine wichtige Rolle wie zum Beispiel das genaue Analysieren des Produktspektrums

des Schmiedebetriebs und des Managements desselben. Durch die Zusammenfassung von sinnvollen Durchmessern der Produkte und der entsprechenden geometrischen Auslegung der Spule wird wirtschaftlich effizientes Produzieren praktiziert. Diese Auslegung der Spule stellt stets einen Kompromiss aus optimaler Anpassung und hoher Flexibilität dar.

Das sind alles einzelne Schritte zur Energieeinsparung einer Erwärmungsanlage. Ist denn nicht auch die Betrachtung der durchsatzbezogenen Anlagenauslegung ein möglicher Weg, um Effizienzmaßnahmen durch neue Systeme und Prozesse durchführen zu können?

Schibisch: Mit unserer gesamtheitlichen Betrachtung der L-LC-Umrichtertechnologie als Basis hat SMS Elotherm die intelligente Zonensteuerung iZone™ mit hohen Wirkungsgraden und verbesserter Energieeffizienz so weiterentwickelt, dass der Betreiber einer Erwärmungsanlage hier die Möglichkeit der flexiblen Anpassung der Anlage an unterschiedliche Teildurchsätze bekommt und die Effizienzmaßnahmen ohne Bedenken durchführen kann.



Sollten Betreiber einer Induktionserwärmungsanlage ein Energieeffizienzaudit erstellen lassen, um dann gezielte Maßnahmen ergreifen zu können?



de Vathaire: Hier können wir ihm helfen und aufzeigen, dass schon über die Optimierung eines Teilaspekts, wie beispielsweise ein angepasster Spulensatz, bereits nachhaltig Energiekosten eingespart werden und nennenswerte Erfolge im Sinne der Reduzierung der Emissionswerte erzielt werden können. Natürlich auch unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Randparameter bis hin zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit.

Vorteil der Mühen solcher Energieeffizienzaudits ist es, dass nicht nur kurzfristig praktische Lösungen erarbeitet und umgesetzt werden, die direkt die Energieeffizienz einzelner Induktionserwärmungsanlagen vor den Umformaggregaten verbessern und somit sofort zu

einem reduzierten Energieverbrauch beitragen. Darüber hinaus rechnet sich langfristig der Aufwand der Implementierung eines Energiemanagementsystems nach DIN ISO 50001. Die Folge wird eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz des Gesamtunternehmens sein.

Schibisch: Durch eine intelligente Anlagenauslegung wie die iZone™ können die Teilwirkungsgrade deutlich erhöht werden. Dieses wegweisende Steuerungssystem wird von SMS Elotherm sowohl in den Block- und Stangen erwärmungsanlagen wie auch in den großen Quench- und Temper-Linien, also den Vergütungsanlagen für Langprodukte, bei nachweislich guter Energieeffizienz erfolgreich eingesetzt. ■



Dipl.-Ing.  
Matthias Boehme



Loïc de Vathaire



Dipl.-Wirt.-Ing.  
Dirk M. Schibisch