

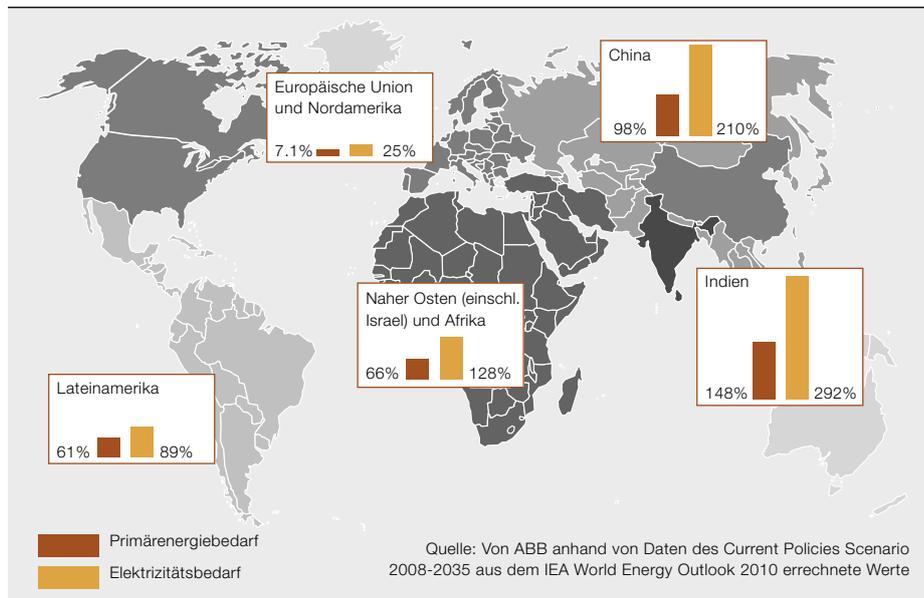


Die andere alternative Energiequelle

Energieeffizienz als entscheidender Bestandteil einer nachhaltigen Energiepolitik für Kraftwerke

WERNER JANIK, JOSEPH LAUER – Mit der Weltbevölkerung steigt auch der weltweite Energiebedarf. Langfristig wird dies zu einer Verknappung der fossilen Brennstoffe führen, unserer derzeit wichtigsten Energiequelle. Hinzu kommt, dass fossile Brennstoffe für einen Großteil des CO₂-Ausstoßes verantwortlich sind, der das globale Klima bedroht. Solange unsere Energieversorgung von fossilen Brennstoffen abhängig ist, stecken wir in dieser Klemme. Dass erneuerbare Energien einen Ausweg aus dieser Lage bieten, ist hinlänglich bekannt. Doch trotz rascher Fortschritte bei dem Vorhaben, thermische Kraftwerke durch erneuerbare Energiequellen zu ersetzen, müssen noch zahlreiche Hürden genommen werden, bis alternative Energieträger einen entscheidenden Beitrag zum Gesamtenergiemix leisten können. Leider läuft unserem Planbeten die Zeit davon, während er auf weitere Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien oder den langersehten Durchbruch auf dem Gebiet der Kernfusion wartet. Daher müssen parallel zu diesen Bemühungen weitere Maßnahmen getroffen werden, um die Erde zu schützen und ihre Ressourcen und ihre Biosphäre für zukünftige Generationen zu bewahren. Dies kann mithilfe energieeffizienter Methoden und Technologien erreicht werden, die bereits heute zur Verfügung stehen.

1 Vergleich des steigenden Bedarfs an Primärenergie und elektrischer Energie



Ein Großteil der heutigen Stromversorgung basiert auf der Verbrennung fossiler Energieträger. Tatsächlich werden über 40 % des weltweit produzierten Stroms aus Kohle erzeugt. Damit ist die Stromerzeugung der größte und am schnellsten wachsende Verursacher von CO₂-Emissionen. Die Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung nimmt stark zu, und der Zusammenhang zwischen der Energienutzung und dem Emissionsausstoß könnte durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen deutlich reduziert werden. Leider ist der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergiemix noch immer recht gering, und an der effizienten Integration erneuerbarer Energien im großen Maßstab wird noch geforscht.

Da der Erde die Zeit davonläuft, sind parallel hierzu weitere Maßnahmen erforderlich, um die globale Energienutzung und den damit zusammenhängenden CO₂-Fußabdruck zu verbessern. Laut Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) könnten durch eine effizientere Energienutzung in den nächsten 20 Jahren mehr CO₂-Emissionen eingespart werden als durch alle anderen Möglichkeiten zusammengenommen. Die Verwendung energieeffizienter Technologien, Methoden und Verhaltensweisen kann sich unmittelbar (d. h. positiv) auf den Zusam-

menhang zwischen wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch auswirken. Für den Bereich der Stromerzeugung und insbesondere für Wärmekraftwerke stehen die dafür erforderlichen Technologien bereits heute von ABB zur Verfügung.

Aktuelle Herausforderungen

In allen Regionen der Welt steigt der Bedarf an elektrischer Energie doppelt so schnell wie der Primärenergiebedarf → 1. Dies zeigt sich besonders in den Schwellenwirtschaften des Nahen Ostens, in Indien und China, wo der erwartete Anstieg des Strombedarfs bei 140–261 % (im Vergleich zu 89–116 % für Primärenergie) liegt.

Bei der Deckung des Bedarfs geht es jedoch vorrangig darum, die richtige Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch zu finden. Das globale Ziel hinsichtlich einer effizienten Energienutzung besteht also darin, so viel Energie wie möglich aus den verfügbaren fossilen Brennstoffen zu gewinnen und gleichzeitig so wenig wie möglich von dieser Energie zu verbrauchen. Hierbei kann jedes Barrel-Äquivalent an gesparter elektrischer Energie als „zusätzliche alternative Energiequelle“ betrachtet werden, der für andere Zwecke zur Verfügung steht.

Energieeffizienz – die andere alternative Energiequelle

Entlang der elektrischen Energiekette von der Erzeugung bis zum Verbrauch treten für gewöhnlich Verluste auf. Die größten hiervon sind in → 2 aufgeführt. Wie in der Zeichnung zu sehen, können auf dem Weg von den Primärenergiequellen wie Gas oder Öl bis zu den industriellen oder privaten Verbrauchern rund 80 % der Energie verloren gehen. Ein Großteil der Verluste tritt bei der Erzeugung im Kraftwerk auf und ist vorrangig auf die thermodynamischen Grundprinzipien des Prozesses selbst zurückzuführen. Dies soll am Beispiel eines konventionellen Kohlekraftwerks mit einer elektrischen Bruttoleistung von 500 MW verdeutlicht werden. Die Anlage ist ca. 25 Jahre alt und besitzt einen typischen thermischen Wirkungsgrad von 34 % bei einem Netto-Wärmebedarf von 10,2 BTU/kWh¹. Obwohl das Kraftwerk ursprünglich für den Grundlastbetrieb vorgesehen war, wurde die Be-

Entlang der elektrischen Energiekette von der Erzeugung bis zum Verbrauch können bis zu 80 % der Energie verloren gehen, wobei die größten Verluste bei der Erzeugung auftreten.

triebsstrategie mittlerweile geändert, um dem stärker schwankenden Bedarf in heutigen Stromnetzen Rechnung zu tra-

gen. Dazu wurde der jährliche Kapazitätsfaktor auf ca. 70 % gesenkt, wobei häufig ein Teillastbetrieb zwischen 50 und 90 % gefahren wird. Dies ist mehr oder weniger zur gängigen Praxis in vielen heutigen Kraftwerken geworden und birgt gleichzeitig die Möglichkeit zur Erschließung einer „alternativen Energiequelle“ durch Verbesserung der Energieeffizienz.

Doch bevor ein Kraftwerk in die Verbesserung der Energieeffizienz investiert, gilt es drei grundlegende Fragen zu klären:

- Wer verfügt über das Know-how und die Technologie, um kostengünstige Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz umzusetzen?
- Welche Art von Einsparungen kann realisiert werden?
- Wie kann dies erreicht werden?

Die ersten beiden Fragen können in einem Satz beantwortet werden: Mithilfe von Methoden und Technologien von ABB kann eine Steigerung der Energieeffizienz um 8–10 % erreicht werden. Für unser oben genanntes 500-MW-Kohlekraftwerk ergeben sich daraus im Hinblick auf die zusätzlich zur Verfügung stehende Brennstoffmenge und mögliche Einsparungen folgende (jährliche) Werte:

- Ursprünglicher Brennstoffverbrauch: 1,4 Millionen Tonnen
- Zusätzlich ins Netz eingespeiste Energie: 21,25 MWh
- Eingesparte Energie: 22,5 Millionen kWh
- Senkung der CO₂-Emissionen: 260.000 Tonnen
- Äquivalente Menge an „alternativer Energie“ in Form von zusätzlich verfügbarem Brennstoff: 154.000 t (dies reicht aus, um etwa 850 Autos ein Jahr lang zu betreiben!)

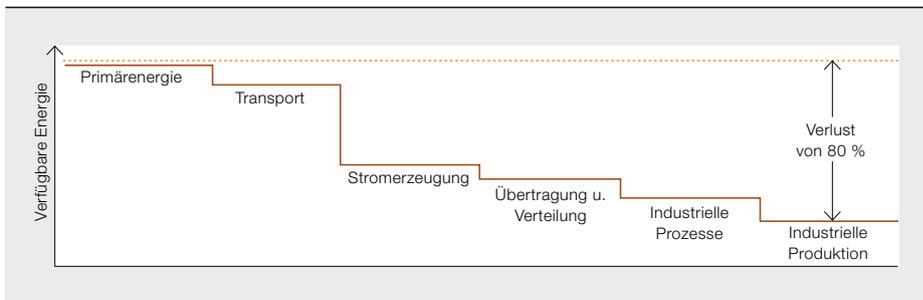
Was die wirtschaftliche Umsetzung energieeffizienter Methoden und Technologien angeht, hat die Erfahrung von ABB gezeigt, dass diese Ziele mit einer durchschnittlichen Amortisationszeit von zwei bis drei Jahren erreicht werden können.

ABB-Methodik zur Steigerung der Energieeffizienz

Der ABB-Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz umfasst drei Phasen:

- Phase 1: Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten
- Phase 2: Masterplan
- Phase 3: Umsetzung

2 Die Verluste entlang der gesamten Energiewertschöpfungskette können bis zu 80 % betragen.



3 Die ABB-Studie beinhaltet eine umfassende Beurteilung einer Vielzahl von Aspekten des Energiemanagements.

Technologie und Steuerung

Identifikation von Verbesserungsmöglichkeiten durch Prozesssteuerung, Modifikation der Ausrüstung oder alternative energieeffiziente Technologien, typischerweise für folgende Systeme:

- Befeuerte Betriebsmittel (Gasturbinen, Öfen, Heizkessel usw.)
- Dampfkessel, -turbinen und -systeme
- Stromerzeugung und elektrische Betriebsmittel
- Größere Pumpen-, Gebläse- und Motorsysteme
- Elektrische Systeme – Hochspannungs- und lokale Mittel-/Niederspannungsverbraucher
- Druckluft und Industriegase
- Heizung, Klima und Lüftung (HKL)
- Industrielle Gefrier- und Kühlsysteme

Verhalten und Verfahrensweisen

Beurteilung von Verhaltens- und Verfahrensweisen hinsichtlich der Energieeffizienz von betrieblichen Prozessen und der Energieversorgung durch Vergleich mit bewährten „Best Practices“. Hierzu gehören:

- Energiestrategie und -politik
- Energiemanagementmethoden
- Kapitalinvestitionen
- Informationstechnologie
- Betriebsführung
- Betriebsplanung und Performance
- Schulung und Entwicklung
- Instandhaltungsverfahren und -strategien
- Mitarbeitermotivation

Die für diese Methodik verwendeten Werkzeuge und Verfahren basieren auf langjährigen Erfahrungen, die ABB mit einer Vielzahl verschiedener Prozesse zur Energieerzeugung und -nutzung in zahlreichen Kundenanlagen gesammelt hat. Ziel jedes einzelnen Schritts der Methodik ist es, Kraftwerksbetreibern genau die Informationen zu liefern, die sie benötigen, um entsprechende Verbesserungsprogramme umzusetzen, die zu echten und nachhaltigen Energieeinsparungen führen.

Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten

Die erste Phase umfasst eine Beurteilung der Energieeffizienz mit folgenden Zielen: Identifizierung spezifischer Verbesserungsmöglichkeiten durch Feststellung, wie, wo und warum Energie verbraucht wird; Identifizierung von Bereichen mit mangelnder Effizienz; Vergleich der aktuellen Performance mit branchenweit anerkannten „Best Practices“. Eine Reihe von entsprechenden Energiemanagementaspekten ist in → 3 aufgeführt.

Die Aspekte, die bei einem typischen Kohlekraftwerk ähnlich der oben beschriebenen 25 Jahre alten Anlage (elektrische Bruttoleistung von 500 MW, Wirkungsgrad von 34 %, Netto-Wärmebedarf

Laut Prognosen der IEA könnten durch eine effizientere Energienutzung in den nächsten 20 Jahren mehr CO₂-Emissionen eingespart werden als durch alle anderen Möglichkeiten zusammengekommen.

Fußnote

- 1 Die British Thermal Unit (BTU) ist eine traditionelle Energieeinheit und entspricht ca. 1,055 Kilojoule. Dies ist in etwa die Energiemenge, die erforderlich ist, um 0,454 kg Wasser um 0,556 °C zu erwärmen.

4 Komponenten einer Studie für ein 25 Jahre altes Kohlekraftwerk mit einer elektrischen Bruttoleistung von 500 MW und einem Wirkungsgrad von 34 %

Dampfturbinenleistung und -steuerung

- Thermodynamische Leistung
- Kondensatorleistung (wenn zutreffend)
- Optimierung der Steuerung von Anzapf-/ Gegendruckdampf
- Turbinensteuerung – einzelner Einheiten und der gesamten Flotte zur Optimierung des Wärmebedarfs

Gasturbinenleistung und -steuerung

- Thermodynamische Leistung
- Vorausschauende Instandhaltung
- Leistungsverlust
- Turbinensteuerung – einzelner Einheiten und der gesamten Flotte zur Optimierung des Wärmebedarfs

Kesselleistung und -steuerung

- Thermodynamische Leistung
- Speisewasserbedingungen
- Kesselsteuerung – einzelner Einheiten und der gesamten Flotte zur Optimierung des Wärmebedarfs
- Dampfverteilungssysteme

Elektrische Nebenanlagen

- Motoren und Antriebe (Pumpen und Gebläse)
- Transformatoren
- Schaltanlagen
- Feldgeräte
- Druckluftsystem

Energiemanagementsystem(e)

- Messung, Überwachung und Aufzeichnung des Energieverbrauchs
- Umfang der KPI-Analyse und der fortlaufenden Leistungsbeurteilung
- Integration in die Energiemanagementpolitik

Verteilerausrüstung

- Datenerfassungssystem
- Alarmsysteme
- Hilfssysteme

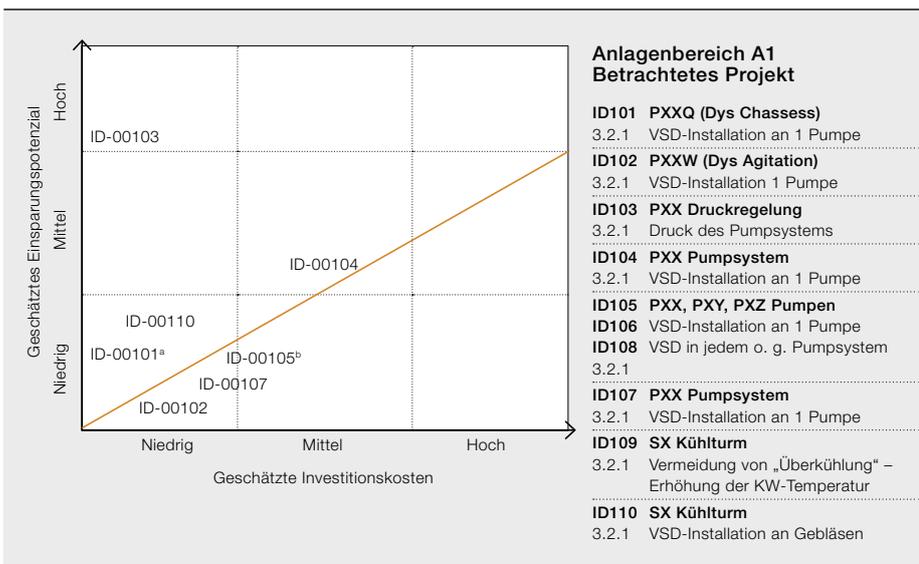
Gesamtwärmebedarf der Anlage

- Möglichkeiten zur weiteren Optimierung

6 Identifizierte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in einem Kohlekraftwerk

- Optimierung des Kohletransports
- Verbesserung der Durchflussregelung von Saug- und Druckgebläsen
- Verbesserung der Steuerung von Kessel-Speisewasserpumpen
- Einführung von hocheffizienten Motoren und Antrieben
- Optimierte Turbinenregelung
- Fortschrittliche Dampftemperaturregelung
- Stabilisierung der Feuerleistung und Optimierung der Verbrennung
- Reduzierung von überschüssigem Sauerstoff bei der Verbrennung im Kessel
- Verbesserte Regelung von Speisewasserdruck und -stand
- Verbesserung der elektrischen Anlage (Maschinen- und Hilfstransformatoren)
- Reduzierung von Leckagen
- Reduzierung der thermischen Verluste
- Thermische Optimierung des Kühlbetriebs

5 Diagramm zur Amortisation identifizierter Verbesserungsmöglichkeiten



von 10,2 BTU/kWh, jährlicher Kapazitätsfaktor von ca. 70 %) in die Studie zur Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten einfließen würden, sind in → 4 aufgeführt.

Die Beurteilung aller Aspekte ermöglicht es ABB, die Art und den Umfang der Einsparungsmöglichkeiten zu beschreiben und klare Empfehlungen zu weiteren Schritten zu geben, die zur Realisierung zusätzlicher Vorteile erforderlich sind. Nach der Energieeffizienzbeurteilung werden aus einer größeren Auswahl an identifizierten Möglichkeiten für Verbesserungsprojekte die vielversprechendsten umgesetzt.

Eine andere Möglichkeit zur Bestimmung der umzusetzenden Einzelmaßnahmen ist der Einsatz eines Amortisationsdiagramms, das einen qualitativen Überblick über die identifizierten Möglichkeiten im Hinblick auf die zu erwartenden Energieeinsparungen und die voraussichtlichen Investitionskosten liefert → 5. Anders ausgedrückt stellt das Diagramm die Amortisation der verschiedenen Möglichkeiten in visueller Form dar. Mithilfe dieser grafischen Auswertung lässt sich schnell erkennen, welche Maßnahmen (normalerweise die oberhalb der orangefarbenen Linie) eine hohe Rentabilität versprechen. Die für unser Beispielkraftwerk als rentabel identifizierten Maßnahmen zur Steigerung

der Energieeffizienz sind in → 6 aufgeführt und für diese Art von Beispiel sehr typisch.

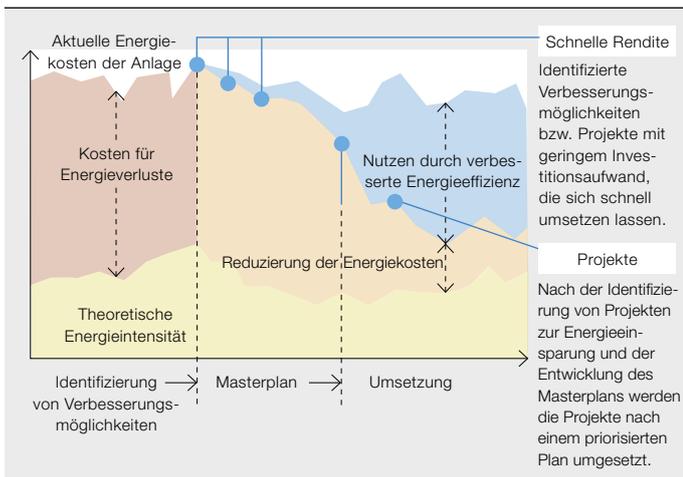
Eine Verbesserung der Energieeffizienz von Kraftwerken lässt sich jedoch nicht nur durch technische Maßnahmen erreichen. Auch eine Verbesserung der betrieblichen Verfahrensweisen sowohl auf der Anlagenmanagement- als auch der Bedienerenebene kann einen erheblichen Einfluss haben. Entsprechende Beispiele für mögliche Verbesserungen sind in vielen Kraftwerksprozessen zu finden:

- Manuelle Abschaltung von nicht benötigten Geräten
- Rationalisierung von Anlagenbegehungen
- Entwicklung einer wirksamen Austauschstrategie für Beleuchtungseinrichtungen
- Entwicklung einer Austauschstrategie für Geräte auf der Basis einer Beurteilung der Lebenszykluskosten (LCA)
- Entwicklung einer vorausschauenden Instandhaltungsstrategie
- Entwicklung eines Programms zur Bestimmung von Energieeffizienzzielen

Masterplan

In dieser Phase werden die bei der Beurteilung identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten zu einem detaillierten Umsetzungsplan ausgearbeitet. Der Masterplan umfasst eine Reihe von Verbesserungsprojekten mit bekanntem und berechenbarem Nutzen. Der Masterplan

7 Beurteilung der Energiekosten mithilfe der Drei-Phasen-Methodik von ABB



wird üblicherweise von ABB gemeinsam mit dem Kunden entwickelt. Am Ende dieser Phase steht die Entwicklung einer klaren „Roadmap“ einschließlich detaillierter Projektspezifikationen, um eine möglichst wirtschaftliche Umsetzung der Energieeinsparungspotenziale zu unterstützen. Einige der schnelleren und einfacheren Maßnahmen können vom Kunden bereits während dieser Phase ohne die Unterstützung von ABB umgesetzt werden. Während viele Verbesserungsmöglichkeiten mithilfe von ABB-Kerntechnologien umsetzbar sind, können andere, die nicht auf diesen Technologien basieren, von Drittanbietern implementiert werden.

Umsetzung

Die Umsetzungsphase umfasst die Ausführung der Umsetzungsprojekte und wird üblicherweise von ABB gemeinsam mit dem Kunden oder – je nachdem, was zum Erreichen der definierten Ziele erforderlich ist – von ABB und entsprechenden Technologiepartnern oder anderen OEM-Herstellern durchgeführt.

Messung des Erfolgs

Jede umgesetzte Methode zur Steigerung der Energieeffizienz ist praktisch wertlos, wenn sich ihr Nutzen nicht täglich bemerkbar macht. Deshalb ist der Einsatz geeigneter Werkzeuge erforderlich, die die Aufzeichnung und Darstellung der erzielten Verbesserungen in allen relevanten Bereichen der Anlage ermöglichen. Diese Informationen sind für alle Maßnahmen erforderlich, ganz gleich ob sie sich auf die Anlagentechnik und -steuerung, Überwachung und Zielsetzung oder auf Verhaltens- und Verfahrensweisen beziehen.

Der Erfolg hängt – besonders bei Kohlekraftwerken – stark von der Betriebsart der Anlage ab. So bieten Kraftwerke im stationären Betrieb nur ein geringes Optimierungspotenzial, während sich Kraftwerke mit ausgeprägtem Teillastbetrieb ideal für Studien zur Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten eignen → 7.

Für das in diesem Artikel beschriebene 500-MW-Kohlekraftwerk lässt sich eine etwa 8%ige Verbesserung des Wärmebedarfs erzielen. Der Ausstoß von Treibhausgasen kann in Relation zur gesteigerten Kraftwerksleistung ebenfalls um 8% gesenkt werden. Dieser Wert verteilt sich mehr oder weniger auf die verschiedenen Anlagenbereiche, je nachdem, welchen Einfluss die einzelnen Bereiche auf die parasitäre Last der Anlage haben → 8.

Ermöglicht werden diese Ergebnisse durch das Know-how und die Flexibilität, die ABB bei der Ermittlung der bestmöglichen Lösung zur Verbesserung der Energieeffizienz in Kraftwerken bietet.

Werner Janik

ABB Power Generation
Mannheim, Deutschland
werner.janik@de.abb.com

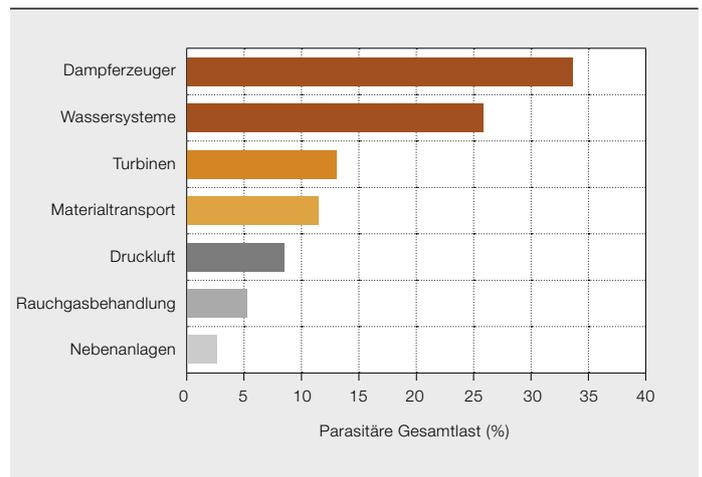
Joseph Lauer

ABB Process Automation
Montréal, Kanada
joseph.lauer@ca.abb.com

Titelbild

Trotz des starken Wachstums im Bereich der erneuerbaren Energien wird an ihrer effizienten Integration im großen Maßstab noch geforscht.

8 Bestimmte Bereiche eines Kraftwerks tragen stärker zum Gesamtenergieverbrauch der Anlage bei als andere.



In allen Regionen der Welt steigt der Bedarf an elektrischer Energie doppelt so schnell wie der Primärenergiebedarf. Dies zeigt sich besonders in den Schwellenwirtschaften des Nahen Ostens, in Indien und China.