



Anpassung thermischer Kraftwerke an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Maßnahmenkatalog

Impressum:

**Fachverband Anlagenbau
Energie. Umwelt. Prozessindustrie.**

Sternstraße 36
40479 Düsseldorf

info@fdbr.de
www.fdbr.de

Düsseldorf, April 2013

Retrofit thermischer Kraftwerke sichert stabile Stromversorgung

Der FDBR-Maßnahmenkatalog zeigt konkrete technische Lösungen für die gesamte Technologiekette im Kraftwerk auf / Anpassung des Marktrahmens für weiterreichende Umbauten bleibt unabdingbar



Dr.-Ing. Reinhard Maaß,
Geschäftsführer des FDBR

Sehr geehrte Damen,
Sehr geehrte Herren,

die Fokussierung auf erneuerbare Energien bringt für den deutschen Strommarkt große Herausforderungen mit sich. Dazu gehört insbesondere der Ausgleich von Stromnachfrage und Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie. Wesentliche Voraussetzung dafür sind neue, flexible thermische Kraftwerke. Doch die entsprechenden Investitionsmöglichkeiten fehlen noch.

Vor diesem Hintergrund muss nach meiner Auffassung die rasche Anpassung der bestehenden thermischen Kraftwerke absoluten Vorrang haben. Thermische Kraftwerke werden künftig ohne Zweifel eine zentrale Rolle zur Sicherung der Stromversorgung spielen. Sie bieten die größten Potenziale und sind vergleichsweise kostengünstig, um den Balanceakt von Stromnachfrage und Stromproduktion aus erneuerbaren Energien zu schaffen.

Retrofit-Maßnahmen sind damit das Gebot der Stunde. Sie machen Bestandskraftwerke flexibler, können ihre Leistung erhöhen und so Kapazitätsengpässe ausgleichen helfen. Auch sind sie weitaus wirtschaftlicher als ein Neubau. Das umfassende Retrofit einer bestehenden Anlage kostet bei einem Steinkohlekraftwerk nur etwa 25 Prozent, bei einem Braunkohlekraftwerk zirka 30 Prozent eines entsprechenden Kraftwerksneubaus. Darüber hinaus sind Retrofit-Maßnahmen weniger komplex und somit deutlich schneller realisierbar. Selbst die umfassende Erneuerung eines Kraftwerks ist innerhalb von zwei Jahren möglich. Einzelmaßnahmen erfordern gar nur wenige Monate.

Das Know-how und die Kompetenz sind vorhanden

Um die Anpassung thermischer Kraftwerke an die künftigen Herausforderungen zu beschleunigen, hat der FDBR in Zusammenarbeit mit seinen wesentlichen Mitgliedsunternehmen des Kraftwerksanlagenbaus einen Maßnahmenkatalog mit konkreten technischen Lösungen erstellt.

Dieser FDBR-Maßnahmenkatalog wurde im Oktober 2012 erstmals veröffentlicht und nunmehr überarbeitet. Maßnahmen für die Dampfturbine und den Wasserdampf-Kreislauf im Kraftwerk ergänzen nun den Katalog; er zeigt somit konkrete technische Lösungen für die gesamte Technologiekette im Kraftwerk auf.

Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen sind davon derzeit diejenigen Maßnahmen realisierbar, die keine wesentliche Veränderung der Anlagenkonfiguration notwendig machen. Optionen für umfassendere Umrüstungen zeigt dieser Maßnahmenkatalog ebenfalls auf.

Allerdings erfordern die weiterreichenden Umbauten die Anpassung des Marktrahmens, damit diese Investitionen für eine flexiblere, sichere Stromerzeugung künftig honoriert werden. Angesichts des immensen kurzfristigen Anpassungsdrucks für den Kraftwerkspark in den kommenden Jahren müssen alle hier aufgezeigten Lösungen wirtschaftlich möglich sein.

Nur so können die Unternehmen des Kraftwerksanlagenbaus in Deutschland zur langfristig sicheren Stromversorgung mit den geringsten Kosten für die Gesamtwirtschaft beitragen.

Düsseldorf, April 2013

Ihr Reinhard Maaß

Anpassung thermischer Kraftwerke an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Eine zentrale Herausforderung im künftigen Strommarkt in Deutschland mit dem Vorrang erneuerbarer Energien in der Stromversorgung wird der Ausgleich zwischen der Stromnachfrage und der schwankenden Erzeugung von Strom aus Wind- und Sonnenenergie sein.

Thermische Kraftwerke werden bei der Bewältigung dieser Herausforderung einen wichtigen Beitrag leisten: "Die größten und voraussichtlich vergleichsweise kostengünstigsten Potenziale für [diesen] Ausgleich... liegen nicht bei Wind und Photovoltaik, sondern im thermischen Kraftwerkspark einschließlich KWK- und Biomasseanlagen... Flexible thermische Kraftwerke werden zur Bereitstellung von Strom bei ‚Knappheit‘ auch langfristig eine zentrale Rolle haben. Jedoch verschiebt sich der Bedarf von so genannten Grundlastkraftwerken hin zu flexibleren Kraftwerken."¹

Die gegenwärtige Situation (ungenügender Netzausbau; keine Amortisation neuer thermischer Kraftwerke, steigende Einspeisung volatilen Stroms aus erneuerbaren Energien) erfordert eine zügige Flexibilisierung der bestehenden thermischen Kraftwerke für eine stabile Stromversorgung.

Retrofit-Maßnahmen zur Anpassung der bestehenden thermischen Kraftwerke an diese Herausforderungen im Strommarkt sind notwendig und vorteilhaft:

- Bestandskraftwerke können durch Retrofit-Maßnahmen flexibler betrieben werden:

Retrofit-Maßnahmen ermöglichen einen Betrieb der Kraftwerke sowohl mit geringeren Mindestlasten als auch höheren Laständerungsgeschwindigkeiten oder kürzere Anfahrzeiten.

- Die Leistung von Bestandskraftwerken kann durch Retrofit-Maßnahmen erhöht werden:

Damit können Kapazitätsengpässe durch die Umgestaltung des Stromnetzes (Abschaltung nuklearer oder unwirtschaftlicher Erzeugungskapazitäten) gemindert werden.

- Retrofit-Maßnahmen sind zumeist wirtschaftlicher als ein Neubau:

Die im FDBR-Maßnahmenkatalog beschriebenen Retrofit-Maßnahmen inkl. Repowering mit einer Topping-Gasturbine an einer bestehenden 600 MW-Anlage kosten etwa 190 Mio. € für Steinkohlekraftwerke und 280 Mio. € für Braunkohlekraftwerke, wobei hier eine Braunkohletrocknungsanlage berücksichtigt ist. Dies sind nur etwa 25% (Steinkohle) bzw. 30% (Braunkohle) der entsprechenden Neubaukosten bezogen auf eine Gesamtanlage².

Damit kann auch die vollständige Erneuerung eines bestehenden Kraftwerks kostengünstiger sein als ein Neubau an einem neu zu erschließenden Kraftwerksstandort.

- Retrofit-Maßnahmen sind weitgehend kombinierbar:

Sie sind damit unter Nutzung bestehender Technologien und Infrastrukturen am Standort passgenau und damit kostengünstiger als ein Neubau umsetzbar.

Die Möglichkeiten und Kosten hängen naturgemäß vom Einzelfall ab. Der wirtschaftliche Vorteil einer einzelnen Maßnahme kann sich – sofern nicht eigenständig sichtbar – gegebenenfalls innerhalb des Gesamtmaßnahmenpakets erschließen.

- Retrofit-Maßnahmen sind deutlich schneller realisierbar als ein Neubau:

Retrofit-Maßnahmen sind im Vergleich zu einem Kraftwerksneubau zumeist weniger komplex und mit höherer Akzeptanz verbunden; sie sind somit deutlich schneller realisierbar.

Realisierungszeiten für Einzelmaßnahmen geben ungenügend Rückschluss für die Realisierung eines Maßnahmenpakets in der Praxis. Dennoch: Eine umfassende Vitalisierung eines Bestandskraftwerks mit wesentlichen Veränderungen der Anlagenkonfiguration ist generell binnen 2 Jahren realisierbar; Einzelmaßnahmen sind naturgemäß in deutlich kürzerer Zeit (wenige Monate) umsetzbar.

¹ vgl. Bundesministerium Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Plattform "Erneuerbare Energien" AG Interaktion; 23.08.2012

² Bei einer üblicherweise angenommenen Amortisationsdauer von 10 Jahren.

Alle im FDBR-Maßnahmenkatalog genannten Retrofit-Maßnahmen sind gemäß dem aktuellen Stand der Technik – abhängig von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen – umsetzbar.

Unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erscheinen vorrangig Maßnahmen ohne wesentliche Veränderungen der Anlagenkonfiguration umsetzbar – wie z.B.

- die Optimierung des Feuerungssystems - ohne die aufwändige Umrüstung auf eine indirekte Feuerung - und anderer Hauptsysteme und Nebenanlagen zur Lastbereichserweiterung;
- relativ kurzfristig und damit kostengünstig durchführbare Maßnahmen zur Optimierung des Dampferzeugers / Wasser-Dampf-Kreislaufs (Bypass von Vorwärmern und von Economisern oder die Rezirkulation des Speisewassers im Dampferzeuger) und der Dampfturbine (Anpassung der Schluckfähigkeit) zur Minimierung der Mindestlast und damit Erweiterung des Lastbereiches der Anlage;
- die Frequenzregelung der Großverbraucher im Kraftwerk (Frischlüfter, Saugzug, Mühlenlüfter, Speisewasserpumpen) zur Minderung des Eigenbedarfs des Kraftwerks, was zu einer Wirkungsgradsteigerung über den gesamten Lastbereich des Kraftwerks führt;
- eine Nachrüstung von Zündbrennern zum Einsatz von Festbrennstoffen (Trockenbraunkohle, Steinkohlestaub, Ersatzbrennstoffe) für Anfahr- und Stabilisierungsvorgänge der Anlage zur Einsparung teurer Brennstoffe wie Öl für diese Vorgänge.

Darüber hinaus stehen technische Optionen zur Verfügung, die weiterreichende Veränderungen der Anlagenkonfiguration erfordern – wie z.B.

- Umrüstung auf ganze oder teilweise indirekte Feuerung insbesondere zur Verschiebung des Energieeinsatzes für die Kohleaufbereitung (Verschiebung des Eigenbedarfs) in lastschwache Zeiträume. Dies sollte mit einer Turbinenanpassung (Senkung der Minimallast unter 15% Nominallast) und Kesseloptimierung (z.B. Eco-Bypass für SCR, etc.) einhergehen, damit ein Eigenbedarfsinselbetrieb möglich ist. Die Kosten betragen hierfür ca. 15-25% der Neubaukosten und erfordern etwa 6-8 Monate Stillstand.
- Nachrüstung von Warmhalteeinrichtungen für dampf- und heißgasführende Komponenten (z.B. Sammler, Dampfturbine, Luftvorwärmer), um hohe thermische Belastungen, insbesondere beim Kaltstart, zu vermeiden und die Anfahrzeiten zu verkürzen.
- Nachrüstung von Vorschaltgasturbinen bis ca. 20 % der existierenden Kraftwerksleistung. Vorteil ist, dass der Brennstoffnutzungsgrad des teuren Brennstoffs Gas auf ca. 80% (ca. 60% bei GuD) gesteigert wird. Eine weitere Option ist die Nachrüstung einer Vorschaltdampfturbine, die zu einer Leistungssteigerung des Dampferzeugers führt.
- Nachrüstung eines Elektrokessels bis ca. 20% der Kraftwerksleistung bei KWK-Anlagen, damit der wärmegeführte Kraftwerksbetrieb in Sommermonaten vermieden werden kann. Diese Option erhöht zugleich die Möglichkeiten zur künftig wirtschaftlichen Nutzung von Groß-Wärmespeichern in Kraftwerken.¹
- Integration eines Wärmespeichers in den Wasser-Dampf-Kreislauf zur erweiterten Flexibilisierung des Betriebs in Bezug auf Mindest- und Überlast sowie Laständerungsgeschwindigkeit, wozu eine hierdurch ermöglichte Entkopplung von Dampf- und Stromerzeugung beitragen kann.

Alle Maßnahmen sind kraftwerksbezogen zu bewerten und nur bei entsprechender Wirtschaftlichkeit umsetzbar. Insbesondere für die genannten weiterreichenden Umbauten ist diese Wirtschaftlichkeit unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen in der Regel nicht gegeben.

Der FDBR-Maßnahmenkatalog zeigt konkret das große und vergleichsweise kostengünstige Potenzial der bestehenden thermischen Kraftwerke zur Flexibilisierung der Stromerzeugung.

Angesichts des immensen, vergleichsweise kurzfristigen Anpassungsdrucks für den Kraftwerkspark während des Umbaus der Stromversorgung in den kommenden Jahren sind alle hier aufgezeigten Maßnahmen als eine im Einzelprojekt wirtschaftlich realisierbare Option erforderlich, um insgesamt eine sichere Stromversorgung gewährleisten zu können. Dafür wird auch die Anpassung des Marktrahmens für eine flexiblere und weiterhin sichere Stromerzeugung dringend erforderlich sein.

¹ Dieses ist vorrangig eine technische Option für KWK-Anlagen kleinerer Leistungsklassen als die hier im Maßnahmenkatalog als Referenz betrachtete Großanlage eines 600 MW-Kraftwerks.

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Komponente	Technische Beschreibung der Retrofit-Maßnahme	Effekt für künftige Herausforderungen im Strommarkt	Bewertung
Feuerungssystem	<p>Verbesserte Abstimmung des Zusammenwirkens von Kohlemühle und Brenner im Kraftwerk zur Stabilisierung Verbrennungsprozess</p> <p>verbessertes Verbrennungsluftmanagement im Brenner</p> <p>Verbesserung der Feuerraumsensorik für eine aktive Feuerraumüberwachung</p> <p>Optimierung der Brenner zur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der erforderlichen Minimalen Feuerungsleistung auf unter 10% - Einsparung Edelbrennstoffe (für Anfahr- und Teillastvorgänge) - Emissionsminderung - Stabilisierung des Verbrennungsprozesses <p>Umbau und Optimierung der Zünd- / Stütz- und Leistungsfeuerung auf Trockenbraunkohle (TBK) einschl. Braunkohletrocknung bei Braunkohlekesselein;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der erforderlichen Minimalen Feuerungsleistung auf unter 10% <p>Optimierung des hydraulischen Systems (Pumpen und Ventile)</p> <p>Leistungssteigerung der Kohlemahlanlage</p> <p>zusätzliches Kohlenstaubsilo zwischen Mühle und Brenner (Indirekte Feuerung) zur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stabilisierung des Verbrennungsprozesses - Anfahrvorgänge erfolgen unabhängig von Mühlen (Mühlen arbeiten im energetischen Optimum) - Einsparung Edelbrennstoffe für Anfahrvorgänge - Eigenbedarf zu Zeiten niedriger Lastentnahme 	<ul style="list-style-type: none"> - Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast - Verbesserung des Teillastverhaltens - Verbesserung des Teillastverhaltens - Reduzierung des Eigenbedarfs des Kraftwerks und Wirkungsgradsteigerung über den gesamten Lastbereich - Optimierung der Reisezeiten und Lebensdauerüberwachung - Wirkungsgradsteigerung - Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast - Erhöhung Laständerungsgeschwindigkeit - Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast - Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit - Erhöhung des Wirkungsgrades - Verbesserung des Teillastverhaltens - Wirkungsgradsteigerung - höhere Flexibilität durch Verkürzung der Anfahrzeiten - Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast - Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit auf über 10 Prozentpunkte pro Minute (gegenüber gegenwärtig 3-4 Prozentpunkten) - Wirkungsgradsteigerung 	<p>a) Wirtschaftlicher Vorteil, b) Realisierungsdauer insgesamt c) ggf. notwendige Stillstandszeiten (während Realisierung)</p> <p>a) Einsparung von Edelbrennstoffen (Öl) und Reduzierung der Kessel-Mindestlast b) 6 Monate</p> <p>a) Reduzierung des Brennstoffbedarfs, Öleinsparung b) in Abhängigkeit vom System mehrere Monate</p> <p>a) weniger Revisionen b) 8 Monate</p> <p>a)- großer Lastbereich / hohe Flexibilität - Einsparung von Reduktionsmitteln (SCR, SNCR) bzw. SCR Lebensdauerverlängerung - erreichbar bei gleichzeitiger Durchführung von Rehabilitationsmaßnahmen b) weniger als 1 Jahr c) ca. 1,5 Monate</p> <p>a) Lastflexibilität, Ersatz von hochwertigen Brennstoffen (Öl) für Anfahrvorgänge, - Wirkungsgradsteigerung, wenn die TBK-Feuerung im Lastbetrieb betrieben wird b) ca. 1,5 Jahre c) ca. 2-3 Monate</p> <p>a) Wirkungsgradsteigerung b) je nach Modernisierungsumfang</p> <p>a) Einsparung von Edelbrennstoffen (Öleinsparung) für Anfahrvorgänge b) 14 Monate</p>

* Als Referenzanlage für die Darstellung der Maßnahmen wurde ein 600 MW-Steinkohleblock gewählt.

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Fazit	Ein erweiterter Lastbereich und eine wesentlich höhere Flexibilität (höhere Laständerungsgeschwindigkeit) sind durch vielfältige Optimierungen des Feuerungssystems erreichbar. Zugleich mögliche Wirkungsgradsteigerungen im Lastband können wirtschaftliche Nachteile des Teillastbetriebs (zum Teil) ausgleichen.
Feuerungssystem:	Die Mehrzahl dieser Maßnahmen ist binnen 1. Jahres realisierbar. Die aufgeführten Maßnahmen nur projektbezogen bewertbar und ggf. kombinierbar. Dennoch: Das Gesamtkostenvolumen aller aufgeführten Maßnahmen liegt im mittleren zweistelligen Millionenbereich – und damit <u>etwa 30 % der Kosten des Neubaus eines Systems vergleichbarer Leistungsklasse.</u> Für Braunkohleanlagen kommt die Investition in eine Braunkohletrocknungsanlage hinzu, welche ca. 50 Mio. € bei einer Leistung von 100 t(TBK)/h kostet.

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Komponente	Technische Beschreibung der Retrofit-Maßnahme	Effekt für künftige Herausforderungen im Strommarkt	Bewertung
Dampfzerzeuger	Bypass von Economisern zum Anheben der Rauchgastemperatur auf die minimal erforderliche SCR-Betriebstemperatur	- Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast	a) Wirtschaftlicher Vorteil, b) Realisierungsdauer <u>insgesamt</u> c) ggf. notwendige <u>Stillstandszeiten</u> (während Realisierung)
	Umwälzeinrichtung für Verdampfer zur Stabilisierung des Verdampfers mittels Anheben der Massenstromdichte	- Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast, - erhöhte Flexibilität durch schnelleres Anfahren	a) Lebensdauerverlängerung des Katalysators b) weniger als 1 Jahr c) ca. 0,5 Monate
	Veränderung des Dampfzerzeugers zusammen mit Turbinenretrofit / Vorschaltturbine (Topping-Gasturbine) (Ergänzung / Modifizierung der Konvektiven Wärmeübertragungsflächen; Modifizierung der Heizflächenverschaltung; ggf. Einsatz hochwertigerer Materialien zur Erhöhung der Dampfparameter)	- Wirkungsgradsteigerung ca. 2-4% je nach Modernisierungsumfang	a) Minimierung Anzahl der An-/ Abfahrvorgänge, statt dessen Warmhaltebetrieb bei Minimallast; verlustärmeres, schnelleres Anfahren b) ca. 1 Jahr c) ca. 2 Monate
	Fremddampferwärmmung bzw. Warmhalteeinrichtung	- höhere Flexibilität	a) Wirtschaftlicher Vorteil durch Modernisierung zugleich Verlängerung der Lebensdauer b) Realisierungszeit ca. 1,5 Jahre je nach Modernisierungsumfang c) ca. 4-9 Monate je nach Modernisierungsumfang
	Erhöhung der Strängigkeit (Erhöhung der Anzahl Verteiler / Sammler, Erhöhung der Linien) durch höherwertige Werkstoffe und Reduzierung der Wandstärken	- verbesserte Temperaturänderungsgeschwindigkeiten ermöglichen eine höhere Laständerungsgeschwindigkeit	a) Verkürzung der Anfahrzeiten b) weniger als 6 Monate c) ca. 1 Monat
	Optimierung der Dampfzerzeuger-Regelung / Erneuerung des Leitsystems (DCS)	- höhere Flexibilität durch verbessertes Teillastverhalten, - Wirkungsgradsteigerung	a) Erhöhung der Lebensdauer einzelner Komponenten b) 24 Monate, c) 12 Monate
	Fazit Dampfzerzeuger:	Ein erweiterter Lastbereich und eine wesentlich höhere Flexibilität (Verkürzung der Anfahrzeiten) sind durch vielfältige Optimierungen des Dampfzerzeugers erreichbar. Zugleich mögliche Wirkungsgradsteigerungen im Lastband können wirtschaftliche Nachteile des Teillastbetriebs (zum Teil) ausgleichen. Viele dieser Maßnahmen sind binnen 1 Jahres mit einem Kostenaufwand von jeweils 1 – 5 Mio. € realisierbar. Wesentliche Veränderungen des Dampfzerzeugers oder die Erhöhung der Strängigkeit des Blocks sind als umfangreichere Maßnahmenpakete <u>binnen 2 Jahren realisierbar</u> mit einem Kostenaufwand im mittleren zweistelligen Millionenbereich. Die aufgeführten Maßnahmen sind nur projektbezogen bewertbar und ggf. kombinierbar. Dennoch: Das <u>Gesamtkostenvolumen aller</u> aufgeführten Maßnahmen liegt bei etwa 30% (exkl. Einsatz von Gasturbinen) eines Dampfzerzeuger-Neubaus vergleichbarer Leistungsklasse. Der Gesamtkostenaufwand für Retrofit-Maßnahmen inkl. Repowering mit einer Topping-Gasturbine ist unter den Angaben zur Gesamtanlage erwähnt.	

* Als Referenzanlage für die Darstellung der Maßnahmen wurde ein 600 MW-Steinkohleblock gewählt.

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Komponente	Technische Beschreibung der Retrofit-Maßnahme	Herausforderungen im Strommarkt	Bewertung
Dampfturbine und Wasser-Dampf-Kreislauf	Bypass von Vorwärmern zur Vermeidung von Verdampfung im Economiser	- Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast	a) Wirtschaftlicher Vorteil, b) Realisierungsdauer insgesamt c) ggf. notwendige Stillstandszeiten (während Realisierung)
	Speisewasser-Rezirkulation zum Anheben der Rauchgastemperatur auf die minimal erforderliche SCR-Betriebstemperatur	- Erweiterung des Lastbereiches durch die Minimierung der Mindestlast	a) erhöhte Lastflexibilität b) weniger als 1 Jahr c) ca. 0,5 Monate
	Anpassung der Schluckfähigkeit der Dampfturbine, Überlastventil, Limitierung des Temperaturabfalls von Frisch- / Zwischenüberhitzerdampf bei Teillast, ggf. zusätzliche Hochdruckanzapfung	- Erweiterung des Lastbereiches durch Minimierung der Mindestlast bzw. Überlastfähigkeit - verbesserter Teillastwirkungsgrad	a) erhöhte Lastflexibilität, Brennstoffeinsparung b) weniger als 1 Jahr c) ca. 0,5 Monate
	Veränderung des Wasser-Dampf-Systems zusammen mit Turbinenretrofit (Optimierung Beschauelfelung und Strömungskanal; ggf. Einsatz hochwertigerer Materialien zur Erhöhung der Dampfparameter)	- Wirkungsgradsteigerung ca. 3-5% je Teilturbine bzw. je nach Modernisierungsumfang	a) wirtschaftlicher Vorteil durch Modernisierung zugleich Verlängerung der Lebensdauer b) Realisierungszeit ca. 1 Jahr je nach Modernisierungsumfang c) ca. 1 Monat für Dampfturbinen-Retrofit, weitere Maßnahmen je nach Modernisierungsumfang
	Warmhalteeinrichtung für Dampfturbine und andere dampfführenden Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufs	- höhere Flexibilität (Anfahrzeiten, Lastgradienten)	a) Verkürzung der Anfahrzeiten, Verlängerung der Lebensdauer b) weniger als 6 Monate c) ca. 1 Monat
	Wärmespeichersystem in Niederdruck- oder Hochdruck-Vorwärmstrecke	- Erweiterung des Lastbereiches durch Minimierung der Mindestlast bzw. Überlastfähigkeit - höhere Flexibilität (Regelenergie, Laständerungsgeschwindigkeit)	a) erhöhte Flexibilität (Lastbereich, Regelenergie, Lastgradienten) b) ca. 1 Jahr c) ca. 1 Monat
	Optimierung der Vorwärmstrecke durch Einsatz von Gasturbinen zur Speisewasservorwärmung	- Leistungserhöhung - höhere Flexibilität (Regelenergie, Laständerungsgeschwindigkeit)	a) Leistungserhöhung, erhöhte Flexibilität (Regelenergie, Lastgradienten) b) 24 Monate, c) 3 Monate
	Optimierung der Regelung von Dampfturbine / Wasser-Dampf-Kreislauf, Verbesserung der Mess- und Leittechnik	- verbesserte Überwachung der Bauteilbelastung (Lebensdauer) - Bereitstellung von Regelleistung - Startoptimierung	a) Verkürzung der Anfahrzeiten, Verlängerung der Lebensdauer b) weniger als 6 Monate c) ca. 0,5 Monate

* Als Referenzanlage für die Darstellung der Maßnahmen wurde ein 600 MW-Steinkohleblock gewählt.

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

	<p>Fazit Dampfturbine und Wasser-Dampf-Kreislauf: Ein erweiterter Lastbereich und eine wesentlich höhere Flexibilität (Verkürzung der Anfahrzeiten, Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit) sind durch vielfältige Optimierungen der Dampfturbine und des Wasser-Dampf-Kreislaufs erreichbar. Zugleich mögliche Wirkungsgradsteigerungen im Lastband können wirtschaftliche Nachteile des Teillastbetriebs (zum Teil) ausgleichen.</p> <p>Viele dieser Maßnahmen sind binnen 1 Jahres mit einem Kostenaufwand von jeweils 1 – 5 Mio. € realisierbar.</p> <p>Wesentliche Veränderungen von Dampfturbine und/oder Wasser-Dampf-Kreislauf sind als umfangreichere Maßnahmenpakete mit einem Kostenaufwand im mittleren zweistelligen Millionenbereich realisierbar.</p> <p>Die aufgeführten Maßnahmen sind nur projektbezogen bewertbar und ggf. kombinierbar. Der Gesamtkostenaufwand für Retrofit-Maßnahmen inkl. Repowering mit einer Topping-Gasturbine ist unter den Angaben zur Gesamtanlage erwähnt.</p>
--	--

Maßnahmenkatalog: Anpassung thermischer Kraftwerke* an künftige Herausforderungen im Strommarkt

Komponente	Technische Beschreibung der Retrofit-Maßnahme	Effekt für künftige Herausforderungen im Strommarkt	Bewertung
Rauchgasreinigung und Nebenanlagen	Stützung der Temperatur am Brennkammerende für SNCR-Betrieb zur Einhaltung des Temperaturfensters für optimale Abscheideergebnisse	Emissionsminderung / Einhaltung der Emissionsgrenzen im Teillastbetrieb	a) Wirtschaftlicher Vorteil, b) Realisierungsdauer insgesamt c) ggf notwendige <u>Stillstandszeiten</u> (während Realisierung)
	Frequenzregelung von Pumpen und Gebläsen	- Wirkungsgradsteigerung	b) weniger als 1 Jahr c) ca. 0,5 Monate
	Rauchgaswärmenutzung hinter Elektro-Filtern zur Kondensatorwärmung / Brennluftvorwärmung durch Integration eines Rauchgaskühlers, Systemtechnik, Rohrleitungen zwischen REA und Kesselhaus, Wasserbeheizte Luftvorwärmer bzw. Kondensatorvorwärmer	- Wirkungsgradsteigerung	Großverbraucher einer REA sind Umwälzpumpen, Saugzug und Oxidationsluftverdichter; ihre Frequenzregelung mindert nennenswert den Eigenbedarf des Systems a) Der Aufwand ist individuell verschieden, bei günstigen Randbedingungen ist der Investitionsaufwand in der gleichen Größenordnung €/kW el wie spezifische Kraftwerksgesamtkosten. b) 1 – 1,5 Jahre, c) ca. 2 Monate
	Warmhalteeinrichtung für heißgasführende Komponenten (z.B. Luftvorwärmer)	- höhere Flexibilität (Anfahrzeiten)	a) Verkürzung der Anfahrzeiten b) weniger als 6 Monate c) ca. 1 Monat
	Einsatz optimierter Kühleleinbauten im Kühlturm, für bessere Wärmeübertragung für eine Betterkühlung und damit Reduzierung des Kondensatordrucks, verbessertes Vakuum im Kondensator	- Wirkungsgradsteigerung	Die Wirkungsgradsteigerung sind mit einem Kostenaufwand von ca. 10-20% der Neubauposten eines Naturzug-Kühlturms binnen 3-4 Monate realisierbar.
	Fazit Rauchgasreinigung und Nebenanlagen	Die möglichen Wirkungsgradsteigerungen im Lastband können wirtschaftliche Nachteile des Teillastbetriebs (zum Teil) ausgleichen. Diese Maßnahmen sind in maximal 1 – 1,5 Jahren mit einem vergleichbar geringeren Kostenaufwand (im einstelligen Millionenbereich) realisierbar.	

* Als Referenzanlage für die Darstellung der Maßnahmen wurde ein 600 MW-Steinkohleblock gewählt.

Diese Broschüre wurde erstellt in Zusammenarbeit mit:



ALSTOM Boiler Deutschland GmbH,
Stuttgart



Bilfinger Power Systems GmbH,
Oberhausen



Hitachi Power Europe GmbH,
Duisburg