

# Studie eines braunkohlebefeuernten 2470 t/h Oxyfuel-Dampferzeugers

S. Hellfritsch, TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Kraftwerkstechnik

F. Kluger, ALSTOM Power Boiler GmbH, Stuttgart

Dr. C. Bergins, Hitachi Power Europe GmbH, Duisburg

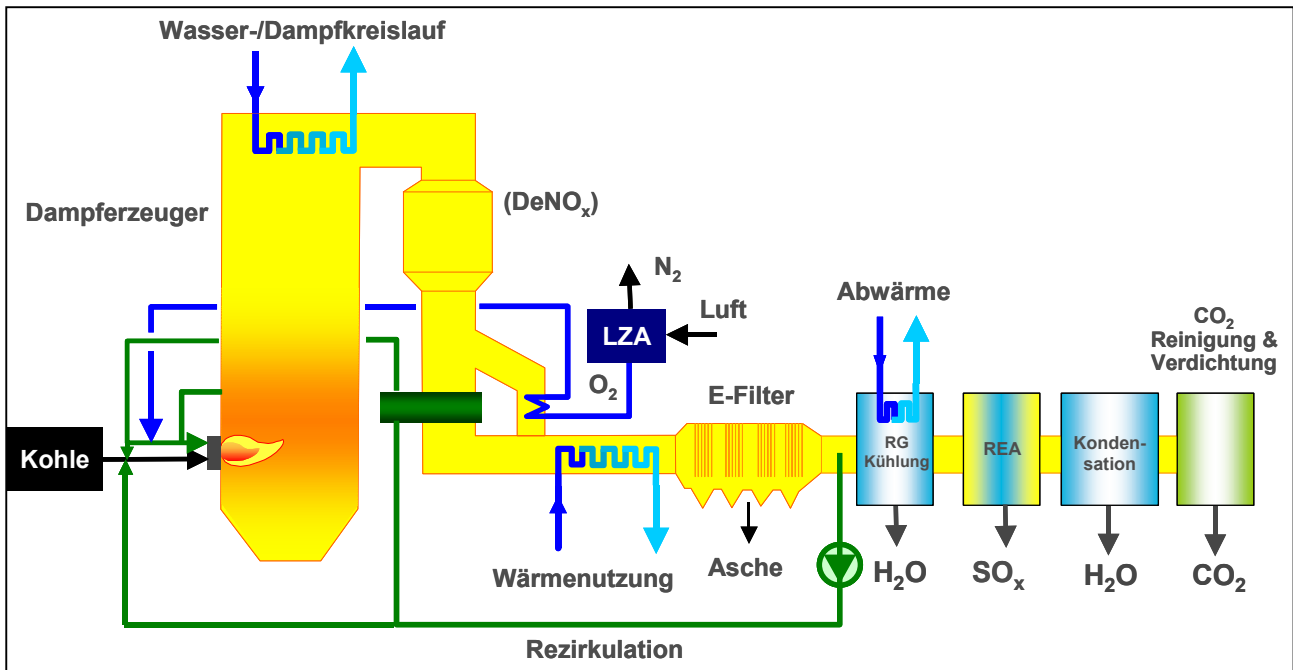
## 1 Einleitung

Neben der Vermeidung von Luftschadstoffen bei der Nutzung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken ist in jüngster Zeit auch die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Vordergrund gerückt. Durch Wirkungsgradsteigerung allein können die gesteckten Ziele jedoch nicht erreicht werden, so dass ebenfalls Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Kraftwerken betrachtet werden. Ein besonders aussichtsreiches Verfahren für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Kohlekraftwerken ist der Oxyfuel-Prozess. Im vorliegenden Beitrag werden die Auswirkungen der Oxyfuel-Technologie auf die Gestaltung des Dampferzeugers in einem zukünftigen Braunkohlekraftwerk mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung dargestellt. Durch Gegenüberstellung eines konventionellen Dampferzeugers gleicher Leistungsgröße werden Unterschiede verdeutlicht und Potenziale aufgezeigt.

## 2 CO<sub>2</sub>-Abscheidung mittels Oxyfuel-Technologie

Bei einem Oxyfuel-Prozess erfolgt die Verbrennung in einer Atmosphäre aus reinem Sauerstoff und rezirkuliertem Rauchgas anstelle von Luft, so dass anschließend ein Rauchgas mit hoher CO<sub>2</sub>-Konzentration von bis zu 80 % entsteht. Das so erzeugte Rauchgas ist bereits der CO<sub>2</sub>-Produktstrom, der durch die Entfernung von brennstoff- und prozessbedingten Verunreinigungen noch weiter aufkonzentriert wird.

Hauptverunreinigungen des CO<sub>2</sub> sind Wasserdampf, welcher zum größten Teil kondensiert werden kann, außerdem Stickstoff aus Falschlufteintritt sowie Sauerstoff bedingt durch den Sauerstoffüberschuss aus der Verbrennung. Hinzu kommen Schwefelverbindungen sowie Argon aus dem Luftzerlegungsprozess. Die Entfernung der nicht kondensierbaren Gase (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar) erfolgt in einem kältetechnischen Prozess, welcher Bestandteil der CO<sub>2</sub>-Verdichtung ist (letzter Prozessschritt in Bild 1).



**Bild 1** Grundprinzip des kohlebefeueren Oxyfuel-Prozesses mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung

### 3 Besonderheiten kohlebefeuerter Oxyfuel-Dampferzeuger

#### 3.1 Verbrennungsprozess

Nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand sind bei der Verbrennung von Braun- und Steinkohle in einer Atmosphäre aus O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O keine grundlegenden Probleme zu erwarten. Erste Verbrennungsversuche fanden in den USA (ANL), bei der IFRF, in Japan (IHI) und Kanada (CANMET) statt. Im Rahmen verschiedener Projekte sind auch in Deutschland mehrere Forschungsgruppen aktiv, u.a. an der TU Dresden (Bild 2).

Bisher kann festgehalten werden, dass etwaige Instabilitäten der Flamme sich durch Anhebung der Sauerstoffkonzentration am Brenner sowie dessen Gestaltung beseitigen lassen.

Weiterhin kann durch das Fehlen von Luftstickstoff die NO<sub>x</sub>-Bildungsrate auf etwa 60 % im Vergleich zur Verbrennung mit Luft reduziert werden.

**Bild 2** 50-kW-Staubfeuerungs-Versuchsanlage für Oxyfuel



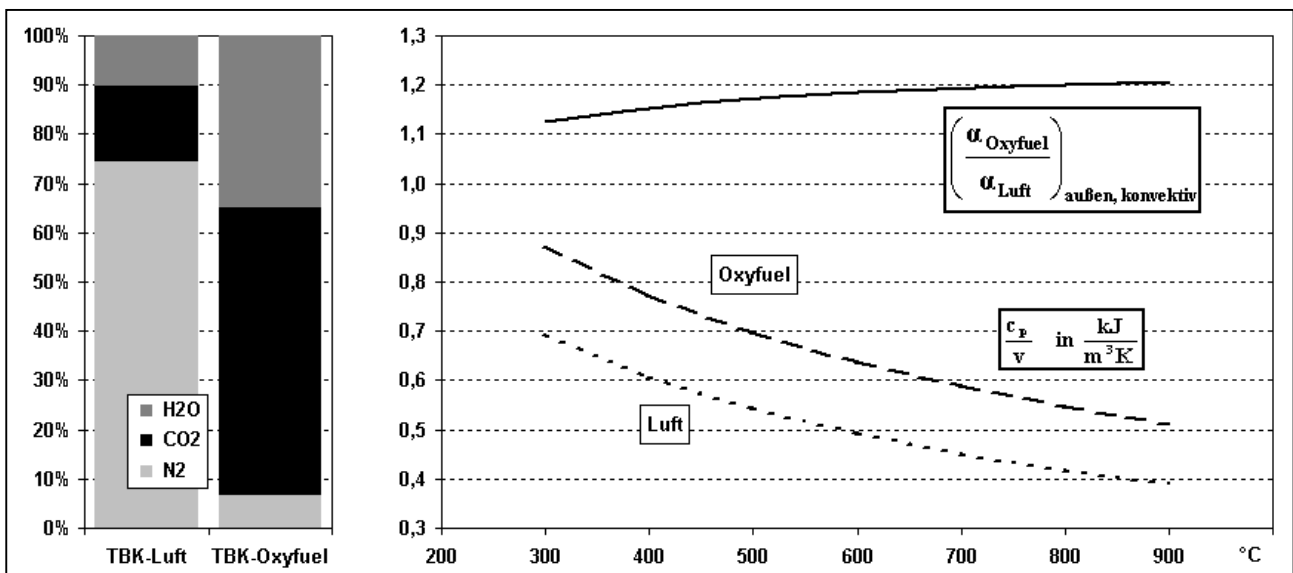
### 3.2 Rauchgaszirkulation

Aus Bild 1 ist erkennbar, dass der Oxyfuel-Dampferzeuger eine Rauchgaszirkulation benötigt, welche im wesentlichen zur Begrenzung der Verbrennungstemperaturen dient. Grundsätzlich könnte die Rezirkulationsmenge auch reduziert werden, wenn wie bei einer Schmelzkammerfeuerung hohe Verbrennungstemperaturen akzeptabel sind. Auch könnten andere Wärmeträger die Rolle des fehlenden Luftstickstoffs übernehmen, beispielsweise das Bettmaterial einer zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung.

### 3.3 Wärmeübertragung

Durch ihren hohen  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalt besitzen die Oxyfuel-Rauchgase ein intensiveres Strahlungsverhalten als bei Verbrennung mit Luft. Zudem verbessert sich aufgrund der Stoffwerte der konvektive Wärmeübergang (Bild 3). Die Gasstrahlung kann mit ausreichender Genauigkeit aus bekannten Hottel-Charts interpoliert werden, auch wurden bereits speziell modifizierte Modelle für CFD-Simulationen entwickelt.

Auf dem Gebiet der Brennkammerstrahlung existieren noch Unsicherheiten, da die Form und Leuchtkraft der Flamme sowie die Partikelstrahlung ebenso mitwirken. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass sich auch hier die Strahlungsintensität erhöht, wenngleich in einigen Veröffentlichungen von einer subjektiv „kälteren“ Flamme berichtet wird, was auf geringe Sauerstoffkonzentrationen zurückzuführen sein kann. Generell kann wohl davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zur Verbrennung mit Luft eher der Massenanteil an Sauerstoff im Verbrennungsgas und nicht der Volumenanteil konstantzuhalten ist.



**Bild 3** Vergleich der Rauchgaszusammensetzungen (qualitativ), der volumenbezogenen Wärmekapazität und des Wärmeübergangskoeffizienten (Luft/Oxyfuel)

### 3.4 Korrosionsneigung

Je nach Aufbau der sekundären Rauchgasrezirkulation muss, bedingt durch höhere Konzentrationen der Schadstoffe  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  und  $\text{CO}$  (resultierend aus niedrigeren oder gleich bleibenden Bildungsraten, aber Verringerung des Rauchgasvolumenstroms) dem Problem der rauchgasseitigen Korrosion mehr Beachtung geschenkt werden. Insbesondere bei höheren Temperaturen kann es durch zusätzliche Verschiebungen von Gleichgewichten ( $\text{CO}/\text{CO}_2$  und  $\text{SO}_2/\text{SO}_3$ ) zu kritischen Konstellationen kommen, denen werkstoffseitig oder beispielsweise durch eine Teilentschwefelung im Feuerraum begegnet werden muss. Weiterhin ist bei der Prozessgestaltung auf den Säuretaupunkt zu achten, der durch die größeren  $\text{H}_2\text{O}$ - und  $\text{SO}_x$ -Konzentrationen höher liegen kann als bei Rauchgasen aus der Verbrennung mit Luft. Es sei angemerkt, dass die  $\text{H}_2\text{O}$ -,  $\text{SO}_x$ - wie auch die ebenfalls erhöhten Chlorkonzentrationen durch eine (teilweise) Entnahme der Rauchgasrezirkulation nach der Nassentschwefelung oder Rauchgaskondensation reduziert werden können.

## 4 Optimierung eines Oxyfuel-Dampferzeugers für Trockenbraunkohle

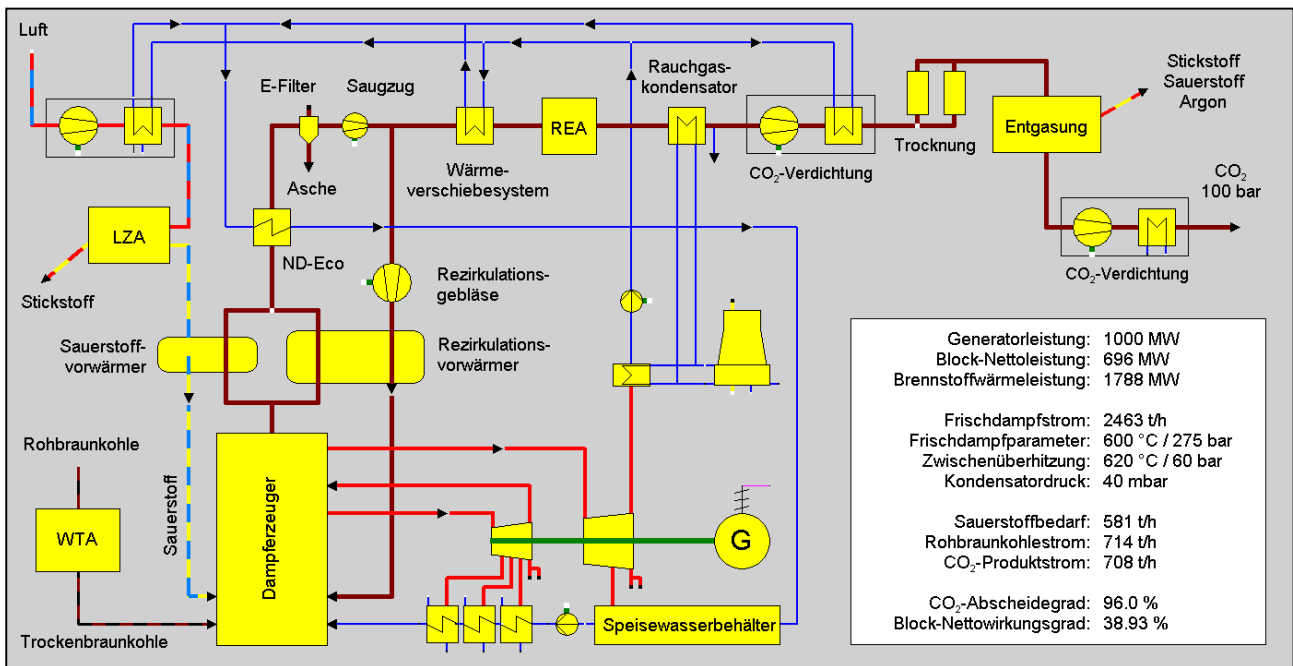
### 4.1 Spezifikation und Festlegung der Bauart

Bild 4 zeigt das Schaltungsschema eines braunkohlebefeueten Oxyfuel-Kraftwerks mit  $1000 \text{ MW}_{\text{el}}$ , welches die Spezifikation (vgl. Tabelle 1) lieferte. Die Konzeption und Berechnung des Oxyfuel-Kraftwerks als auch des konventionellen Referenzkraftwerks wurden an der TU Dresden durchgeführt.

Aufgrund der weiten Verbreitung in konventionellen Anlagen, der angestrebten Leistungsgröße sowie des Brennstoffs Braunkohle entschied man sich beim Dampferzeuger für die Turmbauweise mit Staubfeuerung und trockenem Ascheabzug. Allerdings werden weitere Feuerungskonzepte, wie die zirkulierende Wirbelschicht und die Schmelzkammerfeuerung, im Rahmen des Forschungsprojekts ADECOS ebenfalls auf ihre Eignung für den kohlebefeueten Oxyfuel-Prozess untersucht.

Wie in Bild 4 zu erkennen ist, wird die Rauchgasrezirkulation nach dem Saugzug abgezogen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Rauchgasstrom bereits entstaubt und auf  $190 \text{ }^\circ\text{C}$  abgekühlt worden, so dass sämtliche Gebläse bei geringstmöglicher Staubfracht und im niedrigen Temperaturbereich arbeiten. Die Rauchgastemperatur wird bis zu dieser Stelle nicht weiter abgesenkt, um Korrosionserscheinungen in den Rauchgas- und Rezirkulationskanälen vorzubeugen. Wirkungsgradsteigernd für den Gesamtprozess wirkt sich die Wiederaufwärmung der rezirkulierten Rauchgase in Rezirkulationsvorwärmern aus, vergleichbar dem Luftvorwärmer beim konventionellen Dampferzeuger. Dieses Ziel wird auch mit dem Röhren-Sauerstoffvorwärmer verfolgt, welcher parallel zu den Rezirkulationsvorwärmern im Leerzug des Dampferzeugers angeordnet ist. Die

Temperatur der rezirkulierten Rauchgase nach Wiederaufwärmung beträgt 320 °C, für den Sauerstoff werden 300 °C vorbehaltlich werkstofftechnischer Einschränkungen angestrebt.



**Bild 4** Prozessschaltbild für den braunkohlebefeuerten Oxyfuel-Kraftwerksblock

### 4.2 Konventioneller Referenzdampferzeuger als Ausgangsbasis

Im Sinne eines späteren objektiven Vergleichs zwischen einem konventionellen Dampferzeuger (Verbrennung mit Luft) und der Variante Oxyfuel wurde zunächst eine Referenz geschaffen. Dabei handelt es sich um einen ebenfalls mit Trockenbraunkohle befeuerten Dampferzeuger, jedoch für ein konventionelles Kraftwerk mit gleicher Generatorleistung. Tabelle 1 enthält die Spezifikationen der beiden Dampferzeuger.

**Tabelle 1** Spezifikation für konventionellen (Referenz) und Oxyfuel-Dampferzeuger

	Referenz	Oxyfuel
Frischdampfmenge	2559 t/h	2470 t/h
Frischdampfparameter	600 °C, 275 bar	
Speiswassereintritt	290 °C	
Zwischendampfmenge	2234 t/h	2145 t/h
Zwischendampfparameter	620 °C, 60 bar	
Eintritt Zwischendampf	360 °C	
Max. Rauchgastemperatur am Brennkammerende	1030 °C	
Rauchgastemperatur am Dampferzeugeraustritt	340 °C	

Die zu produzierenden Dampfmenen beim Oxyfuel-Dampferzeuger sind geringer, weil im Oxyfuel-Konzept (Bild 4) sämtliche Niederdruckvorwärmer durch andere Abwärmequellen ersetzt wurden und damit weniger Anzapfdampf aus der Turbine benötigt wird.

Eine geringe Rauchgasrezirkulation (ca. 20 %) beim konventionellen Dampferzeuger ist notwendig, um als Traggas den Trockenbraunkohlestaub (Tabelle 2) von den Bunkern zu den Brennern zu transportieren.

**Tabelle 2** Elementaranalyse der Trockenbraunkohle

Wasser	12,0 %
Asche	9,5 %
Kohlenstoff	52,8 %
Wasserstoff	3,9 %
Stickstoff	0,8 %
Sauerstoff	19,9 %
Schwefel	1,1 %

Bereits dieser geringe Rezirkulationsanteil genügt, um Probleme mit einer zu hohen Dampftemperatur am Austritt der Umfassungswände zu vermeiden. Die maximal auftretende Rauchgasgeschwindigkeit beträgt 8,1 m/s und die Querschnittsbelastung der Brennkammer liegt für diese Leistungsgröße bei 4,16 MW/m<sup>2</sup>.

In Tabelle 3 sind weitere Daten des Referenzdampferzeugers mit aufgelistet.

### 4.3 Untersuchte Oxyfuel-Varianten

Von dem Referenzdampferzeuger wurden zwei Varianten eines Oxyfuel-Dampferzeugers für ein Kraftwerk mit gleicher Generatorleistung abgeleitet.

Variante 1 orientiert sich sehr stark an der Referenz, indem beispielsweise die Querteilungen aller Heizflächen gleich blieben.

Variante 2 dagegen wurde mit dem Ziel möglichst optimaler Betriebskennwerte und Belastungskenngrößen entworfen. Hierfür wurde vor allem die kleinste Querteilung der Heizflächen von 120 auf 100 mm reduziert, so dass sich bei nahezu identischem Querschnitt höhere Strömungsgeschwindigkeiten der Rauchgase einstellen.

### 4.4 Hauptabmessungen

Besonders aufgrund des niedrigeren spezifischen Volumens und der höheren spezifischen Wärmekapazität der Oxyfuel-Rauchgase im Vergleich zur Verbrennung mit Luft (vgl. Bild 3) wurde eine Anpassung des Dampferzeugerquerschnitts zusammen mit einer Reduzierung der Heizflächenquerteilungen (Variante 2) vorgenommen. Die kleinste Querteilung der Rohrbündelheizflächen beträgt dann 100 mm und wächst bis auf 800 mm am Tragrohrschott.

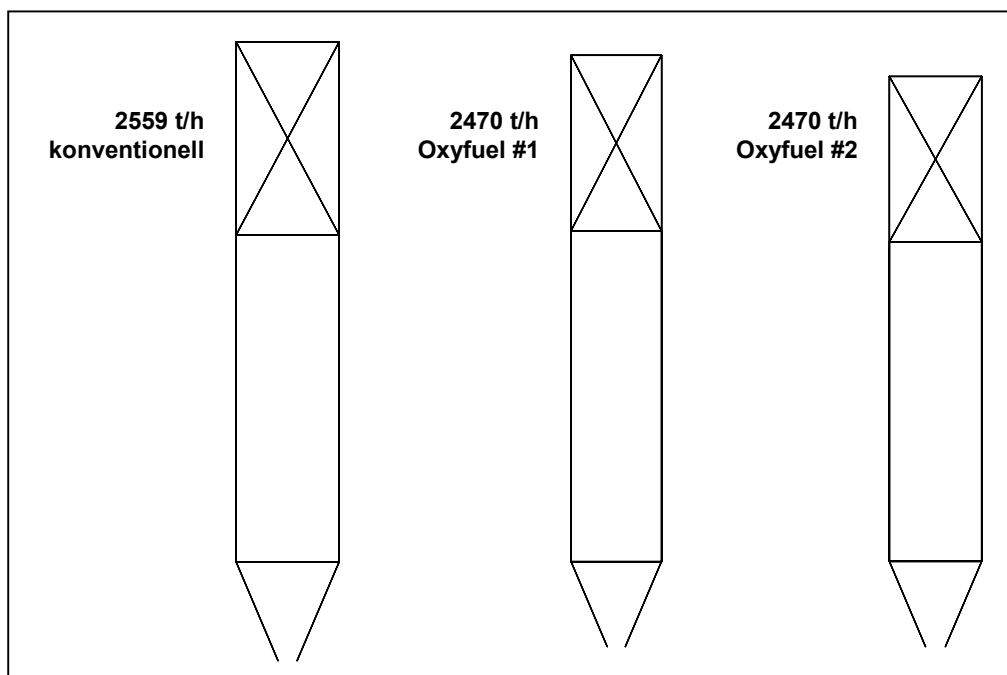
Die Brennkammerseitenlänge wurde auf 21,6 m reduziert, was zu einer vertretbar höheren Querschnittsbelastung (+15 %) der Brennkammer führt. Bei Variante 1 liegt die Querschnittsbelastung nochmals leicht höher.

Bei den Oxyfuel-Dampferzeugern wird wie auch am Referenzdampferzeuger eine Rauchgastemperatur am Brennkammerende von 1022 °C erreicht. Die Berechnung der Brennkammerstrahlung mit softwareseitig hinterlegten Kennlinien berücksichtigte noch keine zusätzlichen Korrekturen für die hohen CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Konzentrationen. Höchstwahrscheinlich könnte die Brennkammer damit noch kleiner dimensioniert werden.

Die Gesamthöhe der Dampferzeuger resultiert größtenteils aus der Brennkammerhöhe, allerdings ist bei den Oxyfuel-Varianten eine deutliche Verkleinerung der Konvektivheizflächen erkennbar. Dies wird hervorgerufen durch den guten Wärmeübergang infolge der Gaszusammensetzung und intensiverer Gasstrahlung.

**Tabelle 3** Hauptdaten des Referenzdampferzeugers und der Oxyfuel-Varianten

	Luft - 1000 MW <sub>el</sub>	Oxyfuel - 1000 MW <sub>el</sub>	
	Referenz	Variante 1	Variante 2
Grundteilung	120 mm	120 mm	100 mm
Abmessungen Brennkammer	24,1 x 24,1 x 76,3 m	21,2 x 21,2 x 77,5 m	21,6 x 21,6 x 74,7 m
Quaderhöhe gesamt	124,5 m	121,6 m	116,4 m
RG-Rezirkulation	272 kg/s (22,2 %)	617 kg/s (68,7 %)	617 kg/s (68,7 %)
Luft-/Sauerstoffmenge	792 kg/s (Luft)	161 kg/s (O <sub>2</sub> )	161 kg/s (O <sub>2</sub> )
RG-Geschwindigkeit max.	8,1 m/s	7,3 m/s	7,7 m/s
Brennkammer-Querschnittsbelastung	4,16 MW/m <sup>2</sup>	4,99 MW/m <sup>2</sup>	4,78 MW/m <sup>2</sup>
Dampftemperatur Wandaustritt	474 °C	509 °C	492 °C
T <sub>RG,Brennkammerende</sub>	1022 °C	1022 °C	1022 °C



**Bild 5** Baulicher Größenvergleich, Brennkammer und Konvektionszug

## 4.5 Feuerungssystem und Sauerstoffdosierung

Die Oxyfuel-Dampferzeuger sind ebenfalls für die Verbrennung von Trockenbraunkohle ausgelegt, damit im Zuge der CO<sub>2</sub>-Konditionierung weniger Wasserdampf aus dem Rauchgas entfernt werden muss. Jedoch kann selbst in diesem Fall die Kondensationswärme des abgeschiedenen Wassers aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus nur schlecht genutzt werden.

Das zur Zeit im Konzept vorgesehene Kohletrocknungsverfahren, die atmosphärische DampfWirbelschichttrocknung mit integrierter Abwärmenutzung durch Brüdenverdichtung (Feinkorntrocknung), erzeugt ein für die Staubfeuerung ausreichendes Körnungsband von 0-2 mm bei einem Restwassergehalt von üblicherweise 12%.

Das indirekte Feuerungssystem, ähnlich dem des Referenzdampferzeugers, ist ab den Kohlestaubbunkern luftdicht ausgeführt, um im Oxyfuel-Prozess hohe CO<sub>2</sub>-Reinheiten zu erzielen. Als inertes Traggas für den Brennstoff dient unvorgewärmtes Rezirkulationsgas (190 °C), welches nach dem Elektrofilter abgezogen wird. Traggasmenge und -temperatur sind so gewählt, dass in den Transportleitungen keine Kondensationserscheinungen auftreten. Die für den Brennstofftransport benötigte Rauchgasmenge entspricht etwa 40 % der insgesamt rezirkulierten Rauchgase.

Die Zugabe des vorgewärmten Sauerstoffs (300 °C) in den verbleibenden Teil der Rauchgasrezirkulation erfolgt erst kurz vor jedem Brenner. Durch die Konstruktion der Mischvorrichtungen muss sichergestellt sein, dass keine hochangereicherten Strähnen entstehen können.

Die Berechnung der Oxyfuel-Dampferzeuger erfolgte mit einem Falschluffanteil von 2 %, bezogen auf den Rauchgasmassenstrom durch die Heizflächen. Zur Reduzierung des ursprünglichen Wertes von 4 % (Referenzdampferzeuger) sind laufende Dichtheitsüberwachungen und ein Ringleitungssystem mit CO<sub>2</sub> als Ersatz für Spüllüfte notwendig.

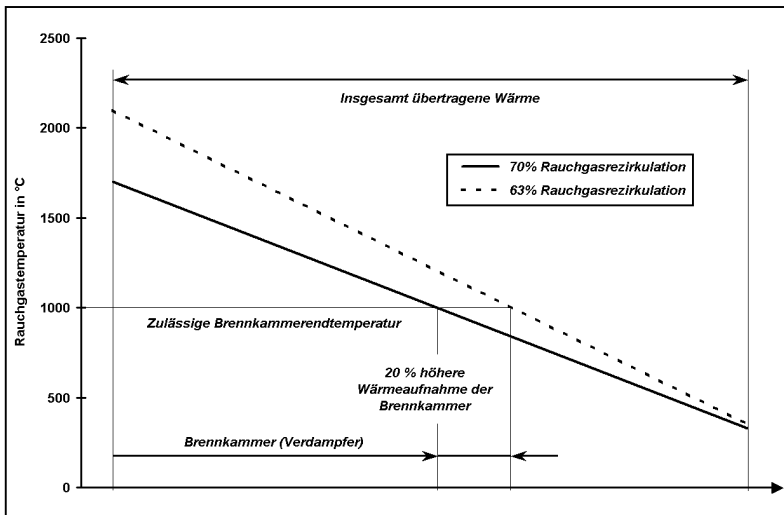
## 4.6 Zielgrößen bei der Festlegung der Rauchgasrezirkulation

### 4.6.1 Wärmeaufnahme der Brennkammer / Rauchgasaustrittstemperatur

Ziel bei der Dimensionierung der Rezirkulationsanlage ist ein möglichst geringer Eigenbedarf für die Gebläse und somit eine Minimierung der Rezirkulationsmenge.

Allerdings ist zu beachten, dass bei Reduzierung des Rezirkulationsverhältnisses auf Werte unterhalb von etwa 60 % gängige Auslegungskonzepte kaum noch herangezogen werden können, beispielsweise die traditionelle Schaltung der Brennkammerwände als reine Verdampferheizflächen.

Der Grund hierfür ist die Vergrößerung des rauchgasseitigen Temperaturgradienten über der Wärmeabgabe, so dass zur Einhaltung einer geforderten Brennkammeraustrittstemperatur mehr Wärme über die Brennkammer aufgenommen werden müsste und weniger für die Konvektivheizflächen verbleibt (Bild 6).



**Bild 6** Steigende Wärmeaufnahme der Brennkammer bei verringerter Rezirkulation

Für immer höhere Dampfparameter erfordert dies zumindest am staubgefeuerten Dampferzeuger neue Konzepte, die werkstofftechnisch schwieriger zu beherrschen sind.

Hinzu kommt eine Abnahme der Rauchgasgeschwindigkeiten, so dass der Querschnitt verringert werden muss und die Brennkammerbelastung steigt.

#### 4.6.2 Wandaustrittstemperatur

Eine höhere Wärmeaufnahme der Brennkammer ruft beim Turmdampferzeuger in der Regel eine höhere Dampftemperatur am Wandaustritt hervor. Dies stellt bei modernen Dampferzeugern oft ein Problem dar, denn die einzelnen Wandabschnitte in Membran- oder Rohr-Steg-Rohr-Ausführung werden auf der Baustelle montiert, wo eine Wärmenachbehandlung der Schweißnähte nur schwierig durchzuführen ist. Momentan sind für diesen Einsatzzweck kaum hochwertige Wandwerkstoffe verfügbar.

Die Wandaustrittstemperatur steigt ebenfalls mit der Höhe des Konvektionszuges, wenn dort beispielsweise schlechte Wärmeübergangsbedingungen durch zu geringe Rauchgasgeschwindigkeiten herrschen. Aus den genannten Gründen wurde die Rezirkulationsrate bei der vorliegenden Studie relativ hoch angesetzt. Die resultierende Dampftemperatur am Wandaustritt bei Variante 2 (vgl. Tabelle 3) beträgt 492 °C und ist mit dem Wandwerkstoff 7CrMoVTiB 10-10 beherrschbar.

#### 4.6.3 Rauchgasgeschwindigkeiten

Ein wichtiger Punkt bei der Gestaltung des Konvektionszuges ist die Sicherstellung ausreichender Strömungsgeschwindigkeiten für einen guten Wärmeübergang. Als Zielwert gelten 8 m/s, darüber tritt bei Braunkohle verstärkt Erosion durch Aschepartikel auf.

Beim Oxyfuel-Dampferzeuger erscheint zunächst die Rauchgasrezirkulation als wirksamstes Mittel, um die Strömungsgeschwindigkeiten zu regulieren. Allerdings sollte dies wegen der Erhöhung des Energiebedarfs für die Rauchgasrezirkulation nicht die Vorzugsoption zur auslegungsgemäßen Anhebung der Strömungsgeschwindigkeiten sein. Wie bereits erläutert, sind konstruktive Maßnahmen hierfür geeigneter.

## 5 Bewertung der Varianten

Die Ausgangsbasis dieser Arbeit, der konventionelle Dampferzeuger für die Verbrennung von Trockenbraunkohle mit Luft, spiegelt den derzeitigen Stand der Technik wieder. Die Berechnungen zeigten dabei keinerlei signifikante Problemstellen.

Die durch Modifikation des Referenzdampferzeugers abgeleiteten Varianten für ein Oxyfuel-Kraftwerk gleicher Leistungsgröße weisen folgende Merkmale auf:

- 3,5 % geringere Frischdampfmenge durch zahlreiche Abwärmequellen im Oxyfuel-Prozess als Ersatz für Anzapfdampf.
- Verändertes Feuerungssystem und Einführung eines zweiten Rauchgasrezirkulationsstromes. Anstelle eines Luftvorwärmers wird dieser Rezirkulationsanteil durch heiße Rauchgase vorgewärmt. Es zeigte sich, dass aus konstruktiven und wärmetechnischen Gründen die Rauchgasrezirkulation nicht beliebig weit reduziert werden kann.
- Geringeres spezifisches Volumen und größere spezifische Wärmekapazität der Rauchgase. Hierdurch kann der Querschnitt des Dampferzeuger deutlich verringert werden, was jedoch auch Auswirkungen auf die Querschnittsbelastung der Brennkammer hat.
- Verbesserter rauchgasseitiger Wärmeübergang, sowohl durch Gasstrahlung als auch Konvektion. Bei der am weitesten optimierten Variante konnte die Gesamtgröße aller Konvektivheizflächen um ca. 20 % gegenüber dem konventionellen Dampferzeuger verkleinert werden.

Insgesamt zeigen die Oxyfuel-Varianten des TBK-gefeuerten Dampferzeugers, dass unter Einhaltung der üblichen konstruktiven und wärmetechnischen Kriterien eine deutliche Verkleinerung des gesamten Dampferzeugers möglich ist. Zusätzlicher Raumbedarf für Rezirkulationskanäle entsteht nicht, da beispielsweise ein separates Luftversorgungssystem entfällt. Allerdings ist im weiteren noch das An- und Abfahren der Anlage zu berücksichtigen, was eine gewisse Luftfahrweise voraussetzt, so dass eine Nutzung der Rezirkulationseinrichtungen für diesen Zweck geprüft wird. Weitere technische Herausforderungen stellen die Vorwärmung und Verteilung des Sauerstoffs sowie die Sicherstellung der Abdichtung gegen Falschluf dar. Zudem entsteht für das Gesamtkraftwerk ein zusätzlicher Platzbedarf für Luftzerlegung, CO<sub>2</sub>-Aufbereitung und -Verdichtung.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Oxyfuel-Prozess stellt eine Option dar, das bei der energetischen Nutzung von Braunkohle anfallende CO<sub>2</sub> möglichst effizient abzuscheiden. Im vorliegenden Beitrag wurde untersucht, wie sich die Anwendung der Oxyfuel-Technologie auf Konstruktion und Wärmetechnik eines mit Trockenbraunkohlestaub befeuerten Großdampferzeugers auswirkt. Die zwei vorgestellten Varianten eines Oxyfuel-Dampferzeugers wurden vom

existierenden Modell eines konventionellen Dampferzeugers mit Verbrennung in Luft abgeleitet, was einen direkten Vergleich ermöglichte. Es konnte dabei gezeigt werden, dass auf Seiten des Dampferzeugers auch mit Oxyfuel-Technologie alle anzusetzenden Kriterien erfüllbar sind, und dass weiterhin durch entsprechende Optimierung eine signifikante Verringerung der Baugröße zu erwarten ist, wenn die Anlage allein für den Oxyfuel-Betrieb ausgelegt wird.

Ziel der zukünftigen Entwicklung muss es nun sein, noch offene Fragestellungen durch wissenschaftliche Arbeit und Versuchsergebnisse zu klären. Hierzu zählen in erster Linie das Verbrennungs-, Schadstoffbildungs- und Brennkammerstrahlungsverhalten.

Weiterhin sind einsatzfähige technische Lösungen zu entwickeln, beispielsweise zur Sicherstellung der Minimierung des Falschlufteintrags. Hierzu zählt ebenso das Design spezieller Oxyfuel-Brenner mit Hilfe von CFD. Nicht zuletzt ist das Betriebsverhalten eines Oxyfuel-Dampferzeugers von Interesse, so das An- und Abfahren mit Luft, die Teillastfähigkeit sowie die Verfügbarkeiten. Auch werden, wenngleich nicht in der Leistungsgröße von 1000 MW<sub>el</sub>, andere Feuerungskonzepte als die Staubfeuerung bezüglich möglicher Vorzüge im Oxyfuel-Prozess untersucht.

Viele der angesprochenen Forschungsthemen sind im BMWi-geförderten Projekt ADECOS bereits gebündelt. Zusätzliche Impulse für die Weiterentwicklung der Oxyfuel-Technologie werden von der bald in Betrieb gehenden Oxyfuel-Pilotanlage am Standort Schwarze Pumpe erwartet.

## 7 Referenzen

- [1] Hellfritsch, S.; Gonschorek, S; Wilhelm, R.; Löser, J.; Klemm, M.; Weigl, S.; Gampe, U.: Entwicklungsstand des Oxyfuel-Prozesses für Braunkohlekraftwerke. 38. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 24.-25.10.2006
- [2] Kluger, F.; Lysk, S.; Altmann, H.; Krohmer, B.; Stamatelopoulos, G.N.: 30 MWth Oxyfuel-Pilotanlage – Untersuchungsschwerpunkte und Auslegung des Dampferzeugers. 38. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 24.-25.10.2006
- [3] Hellfritsch, S., Gilli, P.G., Gampe, U., Jentsch, N., Klemm, M.: Feuerungssystem und wärmetechnische Auslegung für einen mit Trockenbraunkohle befeuerten Oxyfuel-Dampferzeuger. 22. Deutscher Flammentag, Braunschweig, 21.-22.09.2005

Dipl.-Ing. Stefan Hellfritsch                      stefan.hellfritsch@tu-dresden.de  
TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Kraftwerkstechnik, 01062 Dresden

Dipl.-Ing. Frank Kluger                              frank.kluger@power.alstom.com  
ALSTOM Power Boiler GmbH, Augsburgener Straße 712, 70329 Stuttgart

Dr.-Ing. Christian Bergins                         c\_bergins@hitachi-power.com  
Hitachi Power Europe GmbH, Schifferstraße 80, 47059 Duisburg