

Entwicklungsstand des Oxyfuel-Prozesses für Braunkohlekraftwerke

S. Hellfritsch, S. Gonschorek, R. Wilhelm, J. Löser, M. Klemm, S. Weigl, U. Gampe
 TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Kraftwerkstechnik

1 Einleitung

Im Zuge weltweiter Klimaschutzbemühungen wird neben anderen Maßnahmen auch die CO₂-Abscheidung aus Kohlekraftwerken mit anschließender klimaunwirksamer Speicherung als möglicher Beitrag angesehen. Ein aussichtsreiches Verfahren hierfür ist der Oxyfuel-Prozess. Im Rahmen des Forschungsprojekts ADECOS unter dem Dach der COORETEC-Initiative des BMWi wurde an der TU Dresden mit der Konzeptentwicklung für einen braunkohlebefeuerten Oxyfuel-Kraftwerksblock mit CO₂-Abscheidung begonnen. Dieser Beitrag informiert über den derzeitigen Stand der Arbeiten anhand aktueller Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt ADECOS.

2 CO₂-Abscheidung mittels Oxyfuel-Technologie

Das Grundprinzip eines Oxyfuel-Prozesses ist die Verbrennung mit reinem Sauerstoff anstelle von Luft. Durch den fehlenden Luftstickstoff verringert sich die Rauchgasmenge im Vergleich zur herkömmlichen Verbrennung um etwa zwei Drittel. Im Gegenzug steigt der CO₂-Gehalt im Rauchgas bis auf 80 %, der verbleibende Rest ist hauptsächlich Wasserdampf. Dies sind optimale Bedingungen für die Gewinnung von reinem CO₂.

Um jedoch die bei Verbrennung mit reinem Sauerstoff stark steigenden Temperaturen zu begrenzen, müssen 60-70 % der Rauchgase in die Brennkammer zurückgeführt werden. Die restlichen Rauchgase werden abgekühlt und getrocknet. Ebenso müssen weitere gasförmige Verunreinigungen wie N₂, O₂, Ar und SO_x abgeschieden werden, um das CO₂ verdichten, transportieren und speichern zu können (Bild 1).

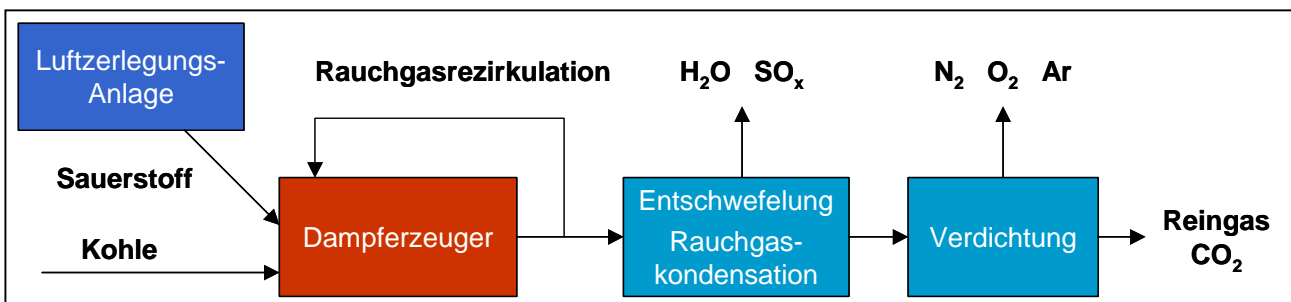


Bild 1 Prinzipschaltbild eines kohlebefeuerten Oxyfuel-Prozesses mit CO₂-Abscheidung

3 Forschung zum Oxyfuel-Prozess im Verbundprojekt ADECOS

Das Forschungsprojekt ADECOS im Rahmen der COORETEC-Initiative des BMWi wird von insgesamt 9 Partnern aus Forschung und Industrie bearbeitet. Hauptziel ist die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Oxyfuel-Prozesses mit CO₂-Abscheidung für Braun- und Steinkohlekraftwerke.

Im folgenden wird kurz auf die für den Brennstoff Braunkohle relevanten Forschungsinhalte eingegangen, welche hauptsächlich an der TU Dresden bearbeitet werden.

3.1 Versuche an einer 50-kW-Versuchsstaubfeuerung und numerische Simulation

Für die Ermittlung feuerungstechnischer Parameter und die Validierung numerischer Verbrennungssimulationen existiert an der TU Dresden eine auf Oxyfuel umgerüstete Staubfeuerungs-Versuchsanlage mit einer thermischen Leistung von 50 kW (Bild 2).

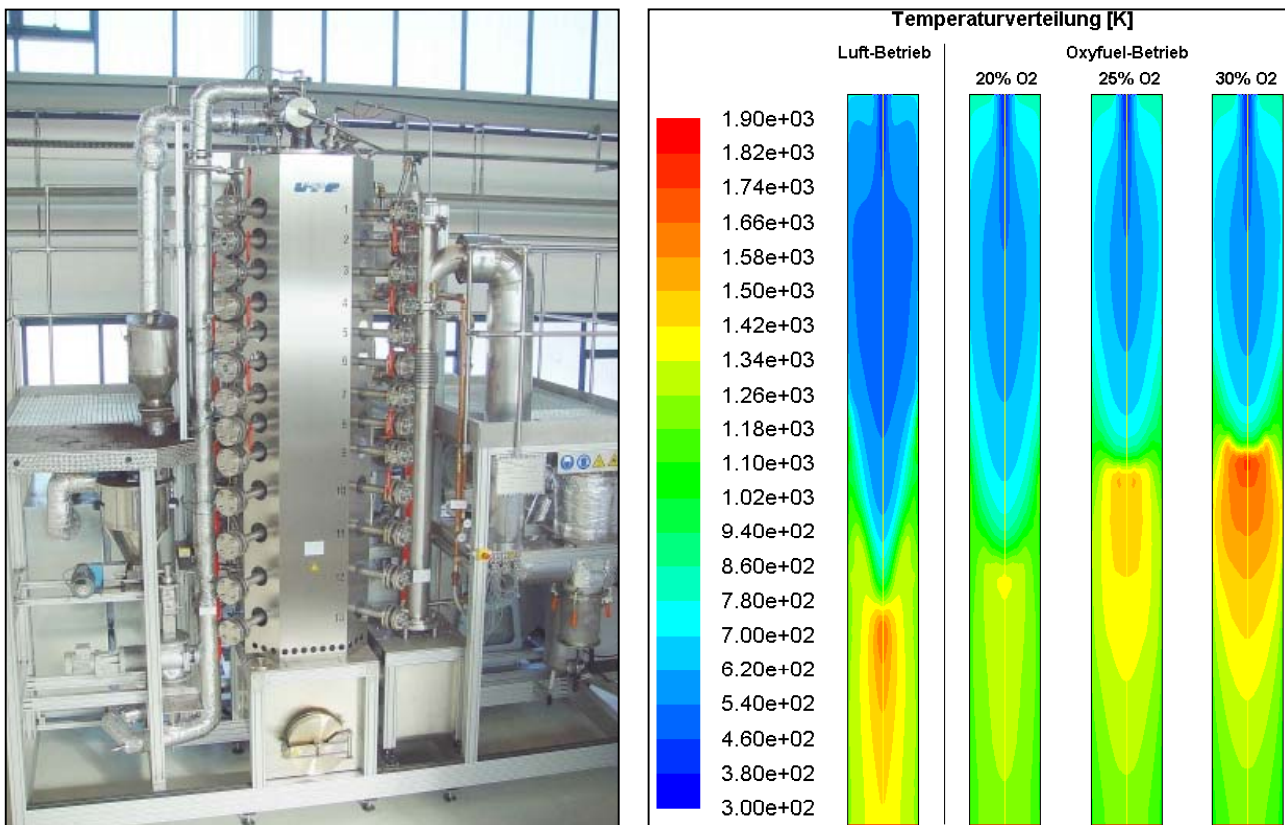


Bild 2 50-kW-Versuchsstaubfeuerung und erste Simulationsergebnisse

Als Brennstoff dient Braunkohlenstaub, welcher in der senkrecht angeordneten Brennkammer mit Sauerstoff und rezirkuliertem Rauchgas verbrannt wird. Ebenso ist eine konventionelle Verbrennung mit Luft möglich.

Mittels spezieller Sonden besteht die Möglichkeit, axiale und radiale Temperatur- und Konzentrationsprofile aufzunehmen. Parallel zu den experimentellen Untersuchungen werden die Verbrennungsvorgänge mit dem CFD-Code FLUENT® numerisch simuliert.

3.2 Optimierung und Vergleich verschiedener Dampferzeugertypen für Oxyfuel

Für kohlebefeuerte Großkraftwerke kommen heute meist staubgefeuerte Dampferzeuger zum Einsatz. Grund dafür ist vor allem der hohe technologische Entwicklungsstand und der damit verbundene hohe Kenntnisstand hinsichtlich Auslegung und Betrieb.

Dennoch deutet einiges darauf hin, dass im kohlebefeueren Oxyfuel-Prozess andere Feuerungskonzepte ihre Vorteile besser zur Geltung bringen könnten. Hier sind insbesondere die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung und die Schmelzkammerfeuerung zu nennen. Während der staubgefeuerte Oxyfuel-Dampferzeuger stets eine umfangreiche Rauchgasrezirkulation benötigen wird, könnte diese bei einer Wirbelschicht durch erhöhten Bettmaterialumlauf zumindest teilweise ersetzt werden. Bei einer Schmelzkammerfeuerung gehören hohe Verbrennungstemperaturen ohnehin zum Konzept, so dass ebenfalls weniger Rauchgas rezirkuliert werden müsste.

Aus diesem Grund werden an der TU Dresden in Zusammenarbeit mit der Industrie die Staubfeuerung, die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung und die Schmelzkammerfeuerung auf ihre Eignung speziell für den kohlebefeueren Oxyfuel-Prozess untersucht.

Die einzelnen Varianten werden zunächst für den Einsatz in einem möglichen Oxyfuel-Kohlekraftwerk optimiert und anschließend einem gemeinsamen Vergleich unterzogen.

3.3 Rauchgasbehandlung für den Oxyfuel-Prozess

Die Oxyfuel-spezifische Rauchgasbehandlung, vor allem die Rauchgasentschwefelung und die Wasserabscheidung aus dem Rauchgas, wird im Projekt ADECOS umfassend untersucht. Es hat sich gezeigt, dass bei Einsatz im Oxyfuel-Prozess insbesondere das ausgereifte Kalkstein-Waschverfahren einiger Modifikationen bedarf. Hierfür steht an der TU Dresden eine Versuchsanlage zur Verfügung, welche an die 50-kW-Versuchsstaubfeuerung gekoppelt ist.

Ähnlich wie bei den Dampferzeugern ist auch hier eine anschließende Neubewertung der Technologien notwendig, da andere, in konventionellen Kraftwerken selten oder gar nicht zu findende Verfahren in einem Oxyfuel-Prozess möglicherweise deutliche Vorteile haben könnten. Als nur ein Beispiel wird in der zweiten Projektphase von ADECOS eine Rauchgasentschwefelung mittels Destillation theoretisch und experimentell untersucht.

3.4 Optimierung und Bewertung eines Oxyfuel-Braunkohlekraftwerksblocks

Mit dem Ziel einer umfassenden Technologiebewertung wird an der TU Dresden zur Zeit ein Oxyfuel-Braunkohlekraftwerk mit CO₂-Abscheidung hinsichtlich Wirkungsgrad und Kosten optimiert. Diese Arbeiten werden näher in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

4 Ein Oxyfuel-Kraftwerkskonzept mit CO₂-Abscheidung für Braunkohle

Das hier beschriebene und in Bild 3 dargestellte Oxyfuel-Kraftwerkskonzept zur Stromerzeugung aus Braunkohle besitzt eine Bruttoleistung von 1000 MW. Bis zu 95 % des bei der Verbrennung erzeugten CO₂ werden abgetrennt, gereinigt und auf 100 bar verdichtet.

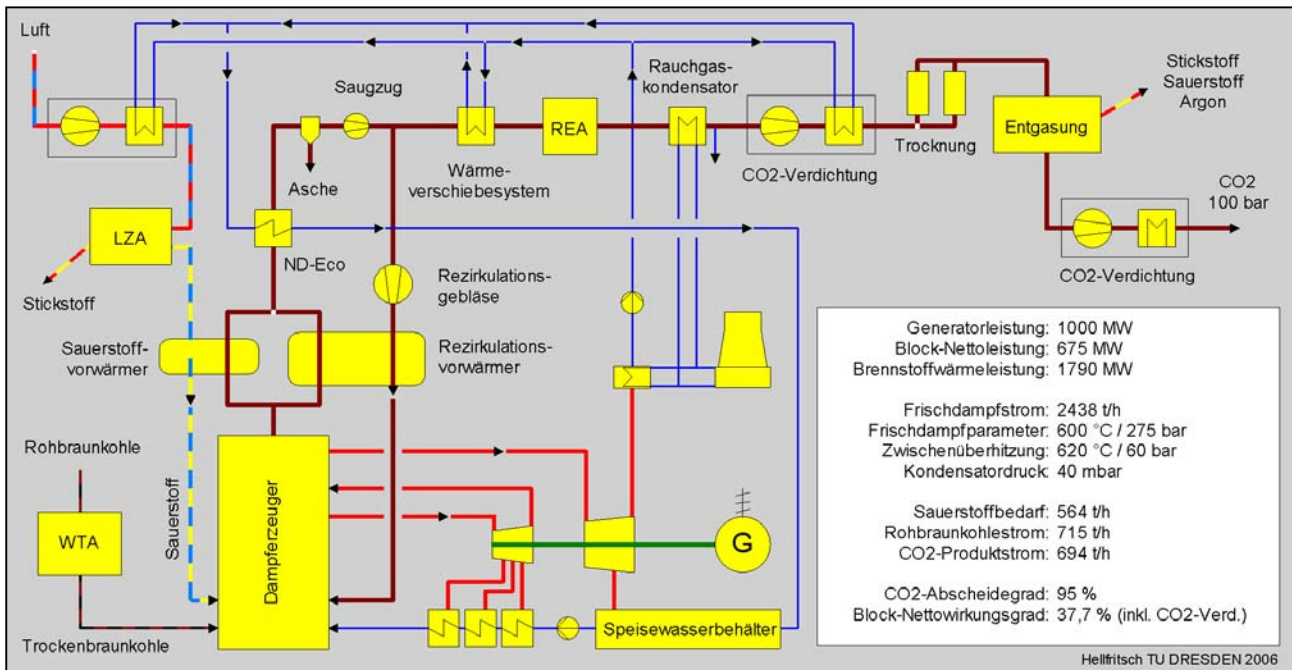


Bild 3 Übersichtsplan des Oxyfuel-Kraftwerksblocks mit Kenndaten

Der Kraftwerksblock ähnelt in seinem Aufbau einem konventionellen braunkohle-gefeuerten Dampfkraftwerk. Wichtigste Unterschiede sind die notwendige Luftzerlegungsanlage sowie eine Prozesskette zur Konditionierung und Verdichtung des CO₂. Eine weitere wesentliche Veränderung ist die Rauchgasrezirkulation am Dampferzeuger. Zum Zwecke der Wirkungsgradsteigerung ist eine Braunkohlevortrocknung vorgesehen.

Für die bessere Vergleichbarkeit verschiedener Konzepte zur CO₂-Abscheidung wurde ein Modellbrennstoff festgelegt, des weiteren wurden die Randbedingungen entsprechend einem typischen Kraftwerksstandort im Binnenland gewählt.

Im folgenden werden die wesentlichen Anlagenkomponenten und ihre Integration in den Kraftwerksprozess näher erläutert.

4.1 Sauerstofferzeugung

Für ein Oxyfuel-Kraftwerkskonzept in der hier betrachteten Leistungsgröße und für eine mittelfristige Realisierung kommen ausschließlich kryogene Luftzerlegungsanlagen (LZA) in Betracht. Diese besitzen eine hohe Verfügbarkeit und Einzelanlagen sind mit Erzeugungskapazitäten von bis zu 4500 Tonnen Sauerstoff pro Tag lieferbar. Das 1000-MW-Konzept benötigt zum Vergleich mehr als 13500 Tonnen Sauerstoff pro Tag.

Für eine optimierte Teillastfahrweise und geringen Eigenbedarf fiel die Entscheidung auf vier parallel arbeitende Luftzerlegungsanlagen in Doppelsäulenausführung mit strukturierter Packungen anstelle von Siebböden.

Die Funktionsweise kryogener LZA beruht auf der destillativen Trennung von Luft im Tieftemperaturbereich. Vor Eintritt in die Trennkolonne muss die Luft auf 5-6 bar verdichtet und Verunreinigungen entfernt werden. Letzteres erfolgt in Adsorbern, welche zyklisch regeneriert werden müssen und damit eine parallele Anordnung mehrerer Einheiten mit Möglichkeit der Umschaltung erfordern. Der Regenerationsprozess erfolgt mit vorgewärmtem, trockenem Stickstoff. Etwa ein Drittel des von der LZA erzeugten Stickstoffs ist hierfür einzuplanen, der Wärmebedarf wird mittels Anzapfdampf aus dem Kraftwerksprozess gedeckt.

Die Sauerstoffreinheit bei kryogenen LZA zur Sauerstoffproduktion liegt üblicherweise im Bereich von 98-99,9%. In dem hier vorgestellten Oxyfuel-Konzept werden 99,5 % vol. genutzt. Der Einfluss der gewünschten Reinheit auf die Sauerstoffausbeute und das Bauvolumen der LZA ist in Bild 4 dargestellt. Die Sauerstoffausbeute (Verhältnis der produzierten Sauerstoffmenge zur Sauerstoffmenge, die mit der Luft zugeführt wird) bestimmt die benötigte Luftmenge und damit den Leistungsbedarf der Verdichter. Durch das Bauvolumen werden insbesondere die Investitionskosten beeinflusst..

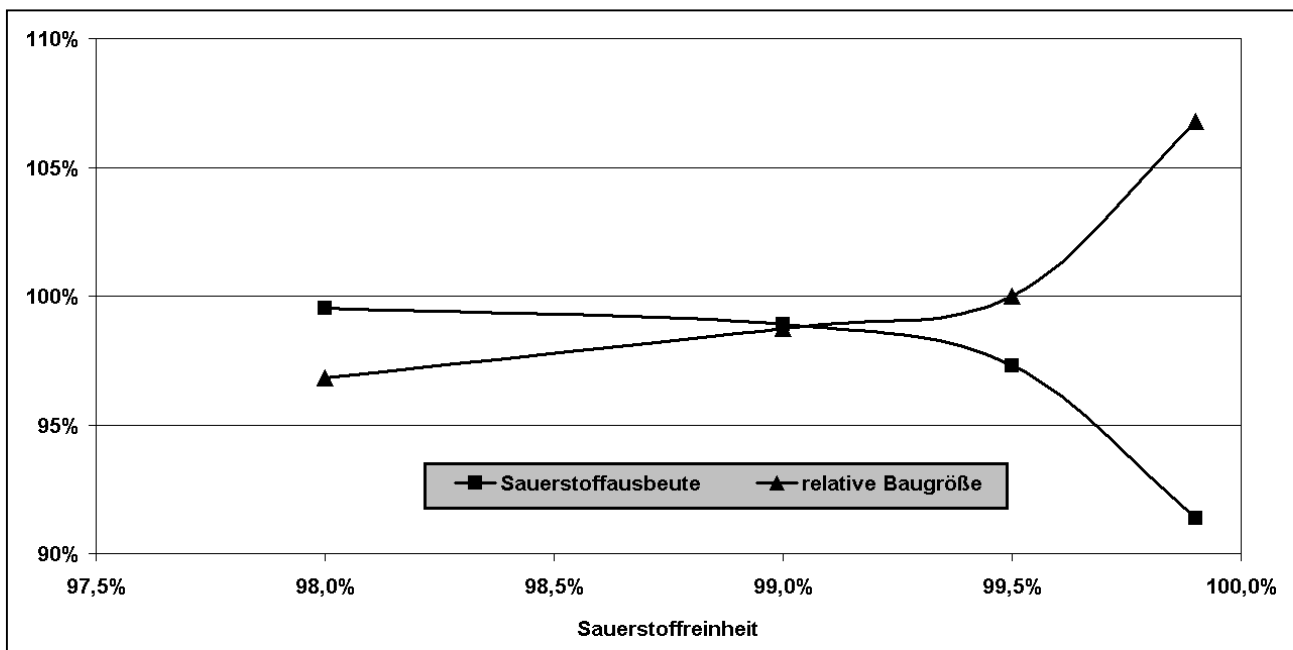


Bild 4 Einfluss der gewünschten Sauerstoffreinheit auf Ausbeute und Baugröße

Die Verdichtung der Ansaugluft auf 5,4 bar erfolgt in dem 1000 MW-Konzept durch drei Großverdichter mit je einem Axial- und zwei Radialteilen, deren elektrischer Eigenbedarf insgesamt etwa 150 MW beträgt. Allein dies würde einen Wirkungsgradverlust von etwa 8 % (absolut) für das Gesamtkraftwerk bedeuten.

Die Energiebilanz kann jedoch verbessert werden, indem die vorhandene Verdichterkühlung mittels eines Zwischenkreislaufs zur Vorwärmung von Kondensat aus dem Dampfkraftprozess eingesetzt wird. Bei einer Verdichterleistung von 150 MW_{el} wird auf diese Weise eine Wärmemenge von 115 MW_{th} nutzbar gemacht. Zwar erfolgt die Verdichtung nun auf einem höheren Temperaturniveau und mehr Antriebsleistung wird benötigt, doch es überwiegt der thermodynamische Vorteil durch die umfangreiche Abwärmenutzung. Dies hängt mit dem dadurch vermiedenen Leistungsverlust an der Turbine und damit auch am Generator durch die nicht mehr vorhandenen, dampfbeheizten Niederdruckvorwärmer zusammen.

Zur Verdeutlichung wurden mehrere Schaltungsvarianten mit gleichem Brennstoffeinsatz untersucht. Modellhaft wurde dabei ein dampfbeheizter Niederdruckvorwärmer, der etwa 70% der Kondensatmenge von 30 auf $120 \text{ }^\circ\text{C}$ vorwärmt, schrittweise durch Abwärmeeinkopplung von den Verdichtern der Luftzerlegungsanlage ersetzt (Bild 5).

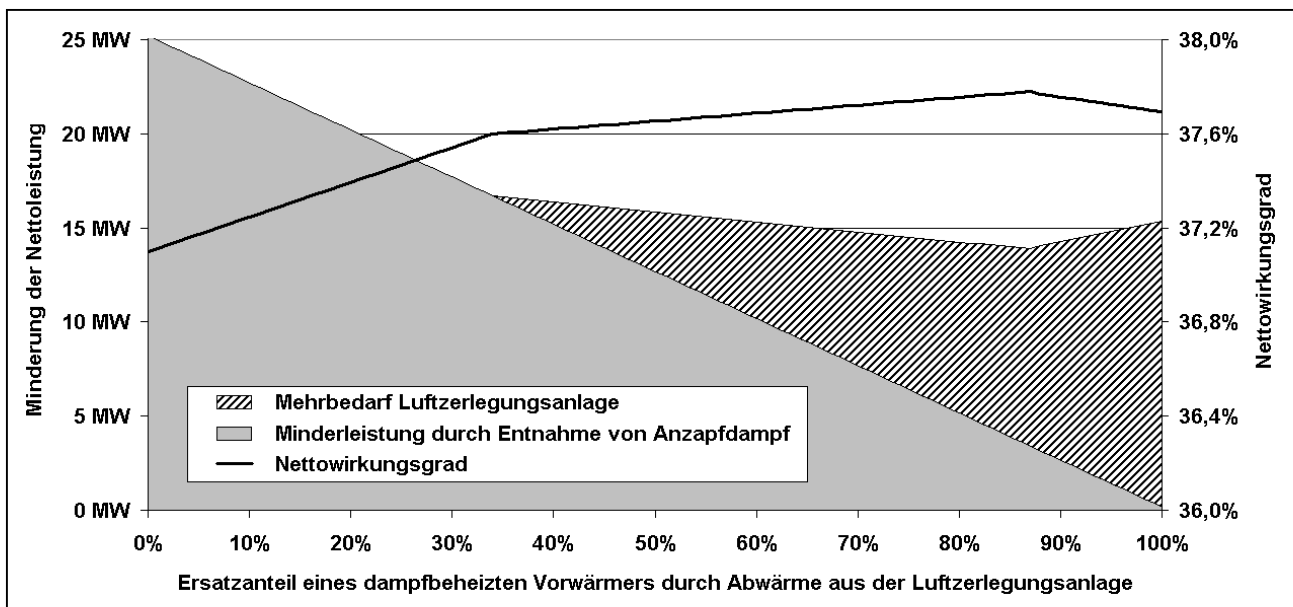


Bild 5 Verdeutlichung des Wirkungsgradgewinns durch Abwärmenutzung von Verdichtern der Luftzerlegungsanlage trotz erhöhter Antriebsleistung

Man erkennt, dass für die Summe aus zusätzlich benötigter Verdichterantriebsleistung und Leistungsverlust am Generator ein Minimum existiert. Dieser Betriebspunkt entspricht einem nahezu vollständigen Ersatz des betreffenden Vorwärmers durch Abwärmeeinbindung und führt zu einer Verbesserung des Nettowirkungsgrades der Gesamtanlage um 0,7 % (absolut).

4.2 Braunkohletrocknungsanlage

Brennstoffvortrocknung stellt ein Instrument dar, den Wirkungsgrad konventioneller Braunkohlekraftwerke um 4-6% (absolut) zu erhöhen. Dies wird möglich durch die

Nutzung von exergetisch geringwertiger Niedertemperaturwärme in separaten Trocknern anstelle der Braunkohletrocknung auf dem hohen Temperaturniveau der Verbrennung. Besonders effizient ist die Verdichtung der bei der Trocknung anfallenden Brüdenämpfe mit anschließender Nutzung als Heizdampf (Wirbelschichttrocknung mit integrierter Abwärmenutzung, WTA). Eine zusätzliche Möglichkeit zur Effizienzsteigerung der Vortrocknung bietet die Rohkohlevorwärmung mittels Brüdenampfkondensat in einem Brüdenkühler (verschiedene Konstruktionsansätze).

Als effektivste und kostengünstigste Art der Braunkohlevortrocknung wird derzeit die Trocknung in stationären Wirbelschichten angesehen, welche gute Wärmeübergangsverhältnisse aufweisen und kontinuierlich arbeiten. Durch druckaufgeladenen Betrieb der Wirbelschicht sollen perspektivisch noch weitere Kosteneinsparungen möglich sein.

Für das hier beschriebene Konzept wurde eine Konfiguration mit atmosphärischem Wirbelschichttrockner, Brüdenverdichtung und Rohkohlevorwärmung mittels Brüdenkühler untersucht. Zusätzlicher Bedarf an Trocknungswärme, welcher sich aus der Energiebilanz ergibt, wird durch Anzapfdampf aus dem Kraftwerksprozess bereitgestellt.

4.3 Dampferzeuger

Aufgrund der weiten Verbreitung und des damit verbundenen hohen Entwicklungsstandes beinhaltet das Kraftwerkskonzept zunächst einen staubgefeuerten Dampferzeuger. Dies liegt auch darin begründet, dass die meisten der bis heute vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Oxyfuel-Kohleverbrennung an Staubfeuerungen gesammelt wurden.

Der Oxyfuel-Dampferzeuger hat einen Frischdampfmassenstrom von 2438 t/h. Die Dampfparameter betragen 600 °C bei 275 bar Frischdampfdruck, die Zwischendampftemperatur liegt bei 620 °C. Das Speisewasser tritt mit 290 °C in den Dampferzeuger ein.

Die wichtigsten konstruktiven Unterschiede zu konventionellen staubgefeuerten Dampferzeugern liegen in der notwendigen Rauchgasrezirkulation und einem für Oxyfuel angepassten Feuerungssystem. Eine Zusatzheizfläche am Fuß des Rauchgasleerzuges dient zur Senkung der Rauchgastemperatur auf unter 200 °C und stellt die letzte Stufe der Kondensatvorwärmstrecke dar.

Der Oxyfuel-Dampferzeuger ist nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen in Höhe und Querschnittsabmessungen kleiner als ein konventioneller Dampferzeuger gleicher Dampfleistung. Hierzu trägt sowohl die Trockenbraunkohlefeuerung als auch der verbesserte Wärmeübergang durch den hohen CO₂-Gehalt im Rauchgas bei. Dabei spielt insbesondere der höhere Gasstrahlungsanteil durch CO₂ und Wasserdampf eine Rolle. Untersuchungen zeigten, dass bei gleichen Auslegungsrandbedingungen (z.B. maximale Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase) die k-Werte der Heizflächen um bis zu 35 % höher liegen (Bild 6). Ebenso kommt es durch Flammencharakteristik und Rauchgaszusammensetzung zu Auswirkungen auf die Wärmeaufnahme im Brennkammerbereich.

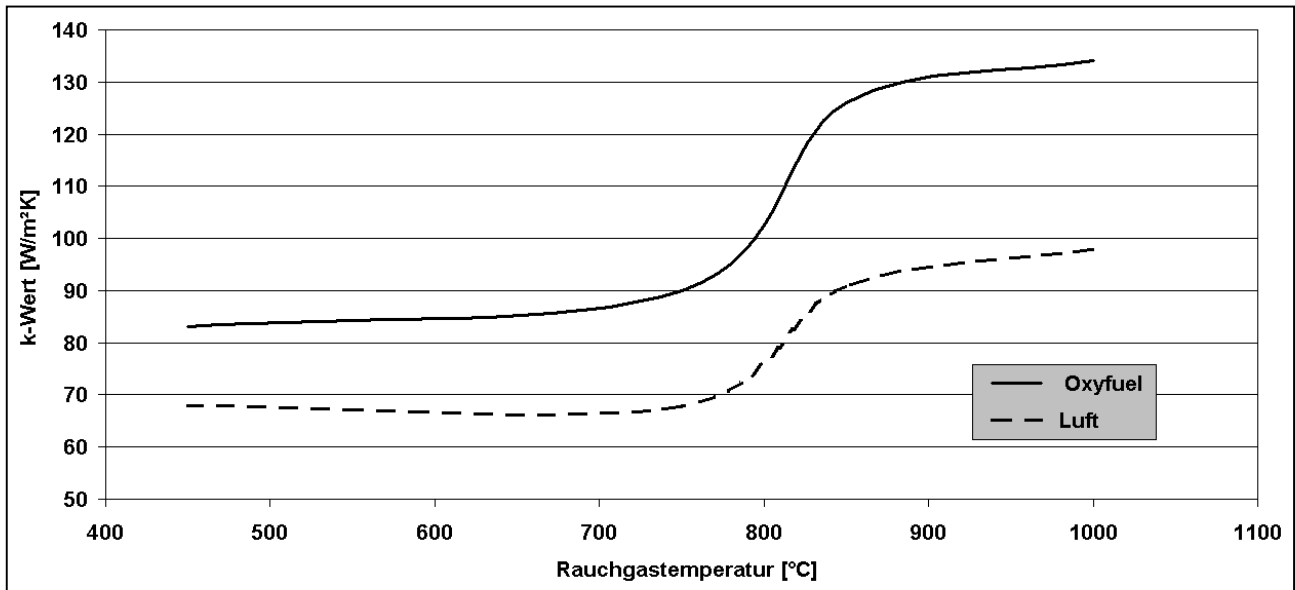


Bild 6 Vergleich typischer k-Werte in luftgefeuerten und Oxyfuel-Dampferzeugern

An dem Oxyfuel-Dampferzeuger werden rund 70 % der Rauchgase zur Temperaturabsenkung bei der Verbrennung rezirkuliert. Die rückzuführenden Rauchgase werden nach dem Elektrofilter in gereinigter und abgekühlter Form (<200 °C) entnommen. Anschließend fördern mehrere Rezirkulationsgebläse das Rauchgas über Rezirkulationsvorwärmer zurück in die Brennkammer.

Die Rezirkulationsvorwärmer sind als rotierende Speichermassen ausgeführt, vergleichbar den Luftvorwärmern an konventionellen Dampferzeugern. Sie befinden sich zusammen mit einem Röhren-Sauerstoffvorwärmer im abwärts durchströmten Leerzug. Aufgrund möglicher Materialprobleme wird eine externe Sauerstoffvorwärmung in dampfbeheizten Vorwärmern ebenfalls untersucht. Die Vorwärmtemperaturen für das Rezirkulationsgas und den Sauerstoff liegen bei 300 °C.

Die beschriebene Konfiguration der Rezirkulationsanlage wurde gewählt, um die Vorteile einer kalten und einer heißen Rezirkulation zu kombinieren, wobei die jeweiligen Nachteile umgangen werden. Bei einer kalten Rezirkulation wird das Rauchgas mit niedriger Temperatur in die Brennkammer zurückgeführt, wobei Gebläse und Elektrofilter keinen hohen thermischen Belastungen ausgesetzt werden, jedoch der thermodynamische Wirkungsgrad des Gesamtprozesses gering ist. Die Rezirkulation relativ heißer Rauchgase wirkt sich günstig auf den Prozesswirkungsgrad aus, stellt aber weit höhere Anforderungen an die Transportgebläse und die Entstaubungstechnik. Aus diesen Gründen wurde die beschriebene Lösung mit Rezirkulationsvorwärmern gewählt.

Da die zu rezirkulierende Rauchgasmenge auch etwa der Luftmenge bei konventioneller Verbrennung entspricht, kann die Rezirkulationsanlage (Kanäle, Vorwärmer und Gebläse) mit geringen Zusatzinvestitionen ebenso für die Luftversorgung, beispielsweise während des Anfahrbetriebs, genutzt werden.

Aufgrund der Brennstoffvortrocknung ist der Dampferzeuger mit einem indirekten Feuerungssystem ausgestattet. Der Brennstofftransport zu den Brennern erfolgt mit einem Teilstrom des rezirkulierten Rauchgases.

Die Minimierung des Falschlufteintrags in den Oxyfuel-Dampferzeuger ist besonders zu beachten. Wie Bild 7 zeigt, führt ein hoher Falschluffanteil bei Oxyfuel, möglicherweise in Verbindung mit geringer Sauerstoffreinheit, zu einem starken Rückgang der CO₂-Reinheit (nach Rauchgaskondensation) und einer Erhöhung der zu verdichtenden Gasmenge. Für einen Oxyfuel-Dampferzeuger werden 2 % Falschluffanteil als realisierbar angesehen.

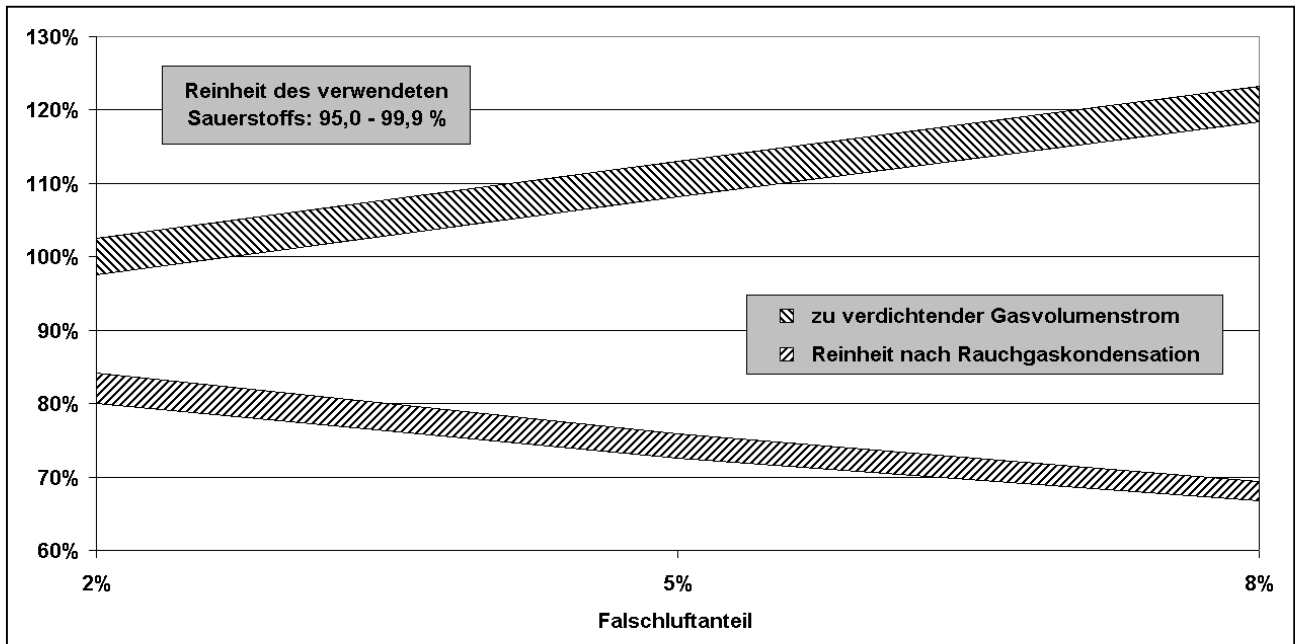


Bild 7 Einfluss des Falschluffanteils und der Sauerstoffreinheit auf die zu verdichtende Rauchgasmenge sowie den Anfangsgehalt an CO₂

4.4 Konditionierung des CO₂

Das erzeugte CO₂ muss für den Transport bzw. die geologische Lagerung gemäß einer vom Pipeline-Betreiber erstellten Spezifikation aufbereitet werden. Meist sind darin der Transportdruck und der maximale Gehalt an gasförmigen Verunreinigungen vorgegeben. In dem hier vorgestellten Kraftwerkskonzept wird das CO₂ auf einen Druck von 100 bar verdichtet und durchläuft verschiedene Behandlungsschritte. Die am Ende erzielte Reinheit beträgt 96,4 % und liegt innerhalb der für das Projekt ADECOS definierten Spezifikation.

Tabelle 1 verdeutlicht die schrittweise Reinigung des CO₂ bis zum transportfähigen Gas.

Tabelle 1 Rauchgaszusammensetzung an verschiedenen Stellen der Prozesskette

Zusammensetzung (vol.)	vor REA	nach Rauchgaskond.	Reingas CO ₂
CO ₂	55,6 %	80,6 %	96,4 %
N ₂	8,5 %	12,3 %	2,3 %
O ₂	2,0 %	2,9 %	1,1 %
Ar	0,3 %	0,5 %	0,1 %
H ₂ O	33,2 %	3,7 %	20 ppm
SO ₂	0,7 %	0,0 %	0,0 %

Die erste Station der Prozesskette zur Konditionierung des CO₂ bildet eine Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) nach dem Kalkstein-Waschverfahren, welche im üblichen Temperaturbereich zwischen 130 und 60 °C arbeitet. Als Besonderheit verfügt die REA über einen externen Oxidationsbehälter, da das Einblasen von Luft in den Sumpf zu einer Verunreinigung des CO₂ mit Stickstoff und Sauerstoff führen würde. Die REA beinhaltet außerdem ein Wärmeverschiebesystem, welches über einen Zwischenkreislauf in die Kondensatvorwärmstrecke des Wasser-/Dampfkreislaufs eingebunden ist.

Es folgt ein mit Kraftwerkskühlwasser arbeitender Rauchgaskondensator, in dem ein Großteil des im Rauchgas vorhandenen Wassers abgeschieden wird.

Nach der Entschwefelung und Kondensation beginnt die Verdichtung des CO₂ auf einen Enddruck von 100 bar. Analog den LZA-Verdichtern arbeiten die ersten Verdichterstufen auf einem angehobenen Temperaturniveau, wobei die Abwärme über einen Zwischenkreislauf in die Kondensatvorwärmung eingebunden wird.

Bei einem Zwischendruck von 35 bar erfolgt eine Restentfeuchtung des CO₂ in Adsorberstationen. Wie bei den Adsorbentien der LZA ist hier eine redundante Ausführung notwendig, um die zyklische Regeneration mit Warmgas (überschüssiger Stickstoff aus der LZA) zu ermöglichen.

Direkt nach der Trocknung tritt das CO₂ in eine Anlage zur Entfernung Stickstoff, Sauerstoff und Argon ein. Dies erfolgt durch zweifach gestufte Phasentrennung im Tieftemperaturbereich. Die erzielbare CO₂-Reinheit hängt vor allem vom Anfangsgehalt an Störgasen ab, während eine prozesstechnische Grenze durch die Solidustemperatur von CO₂ gebildet wird, wobei die erforderliche Kälteleistung aus einer Entspannung des Gases auf 10,5 bar gewonnen wird.

Es folgen weitere Verdichtungsstufen bis zum Enddruck von 100 bar, welche für geringen Leistungsbedarf optimiert werden und mit Kraftwerkskühlwasser gekühlt sind.

5 Weiteres Optimierungspotenzial für den Oxyfuel-Prozess

Die bisherigen Arbeiten am Gesamtkonzept für ein Oxyfuel-Braunkohlekraftwerk mit CO₂-Abscheidung konzentrierten sich auf die Modellierung des Prozesses, eine verbesserte Integration neu hinzugekommener Anlagenteile und die optimale Abwärmenutzung.

Neben einer weiteren Untersuchung der Hauptkomponenten und Bewertung neuer Verfahren wird zukünftiges Potenzial beispielsweise noch darin gesehen, ein optimales Verhältnis zwischen der Sauerstoffreinheit, der Höhe des tolerierbaren Falschlufteintrags und dem Aufwand zur Verdichtung und Konditionierung des CO₂ zu ermitteln.

6 Zusammenfassung

Eine aussichtsreiche Option zur wirkungsvollen Senkung der CO₂-Emissionen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe mit hohem Kohlenstoffgehalt stellt der Oxyfuel-Prozess mit anschließender CO₂-Abscheidung dar. Die Verbrennung erfolgt hier in einer Atmosphäre aus reinem Sauerstoff, CO₂ und Wasserdampf (rezirkuliertes Rauchgas zur Absenkung der Verbrennungstemperatur). Damit besteht das Rauchgas im Wesentlichen aus CO₂ und Wasserdampf. Nach einer möglichen Abscheidung des Wasseranteils steht bereits ein hochkonzentrierter CO₂-Strom zur Verfügung, der nach entsprechender Aufbereitung einer klimaanwirksamen Speicherung zugeführt werden kann.

Das COORETEC-Forschungsvorhaben ADECOS verfolgt das Ziel, den Oxyfuel-Prozess für Braunkohle und Steinkohle hinsichtlich seiner Einsatzfähigkeit für die Großkraftwerkstechnik verfahrenstechnisch, anlagentechnisch und in wirtschaftlicher Hinsicht zu prüfen und zu entwickeln. Erfolgskritische Fragestellungen und Zusammenhänge konnten bereits identifiziert werden. Erste Lösungsansätze und -varianten wurden entwickelt, wobei sich der Bearbeitungsstand noch in einem sehr frühen Stadium befindet. Weitere experimentelle und theoretische Untersuchungen sind erforderlich, um gesicherte und allgemeingültige Erkenntnisse und Daten zum Oxyfuel-Prozess und ein darauf basierendes Kraftwerkskonzept zu liefern. Das betrifft experimentell validierte Grundlagen zur Simulation des Wärme- und Stofftransports für unterschiedliche Feuerungen und Brennstoffe, feuerungstechnische Parameter, Prozessdynamik, Gestaltungsprinzipien für Oxyfuel-Dampferzeuger, Gestaltungsempfehlungen sowie Auslegungsgrundlagen für die Rauchgasreinigung und CO₂-Behandlungskette, die Systemanalyse und -entwicklung für den Oxyfuel-Prozess.

Insofern ist das im vorliegenden Beitrag vorgestellte Konzept für ein Oxyfuel-Braunkohlekraftwerk als ein Ansatz zur Weiterentwicklung und technisch-wirtschaftlichen Optimierung anzusehen.

7 Referenzen

- [1] Hellfritsch, S., Gilli, P.G., Jentsch, N.: Concept for a Lignite-fired Power Plant Based on the Optimised Oxyfuel Process with CO₂ Recovery
VGB PowerTech 8/2004, VGB PowerTech e.V., Essen, 2004
- [2] Gonschorek, S., Hellfritsch, S., Weigl, S., Gampe, U.: Entwicklungsstand des Oxyfuel-Prozesses für Braunkohle.
Zittauer Kraftwerkschemisches Kolloquium, Zittau, 26.-27.9.2006
- [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
Dipl.-Ing. Sonja Gonschorek	gonschor@metrs1.mw.tu-dresden.de
Dipl.-Ing. Ronald Wilhelm	ronald.wilhelm@tu-dresden.de
Dipl.-Ing. Jan Löser	loeser@metrs1.mw.tu-dresden.de
Dr.-Ing. Marco Klemm	marco.klemm@tu-dresden.de
Dipl.-Ing. Sebastian Weigl	sebastian.weigl@mailbox.tu-dresden.de
Prof. Dr.-Ing. Uwe Gampe	uwe.gampe@tu-dresden.de

Technische Universität Dresden
Institut für Energietechnik, Professur für Kraftwerkstechnik
01062 Dresden