

**VR China: Heizkraftwerk Yang Shu Pu**  
**(Zweites Vorhaben einer Projektsequenz zur Modernisierung von Kohlekraftwerken)**

**Schlussprüfung**

<b>OECD-Förderbereich</b>	23020 – Heizkraftwerke	
<b>BMZ-Projektnummern</b>	1993 65 453	
<b>Projekträger</b>	China Power Investment Co. (früher State Power Corp.)	
<b>Consultant</b>	Consortium Steag-IFK	
<b>Jahr der Schlussprüfung</b>	<b>2005</b>	
	<b>Projektprüfung (Plan)</b>	<b>Schlussprüfung (Ist)</b>
<b>Durchführungsbeginn</b>	07/1993	11/1993
<b>Durchführungszeitraum</b>	66 Monate	66 Monate
<b>Investitionskosten</b>	184,40 Mio. EUR	209,80 Mio. EUR
<b>Eigenbeitrag</b>	134,70 Mio. EUR	154,63 Mio. EUR
<b>Finanzierung, davon FZ-Mittel</b>	49,70 Mio. EUR	55,17 Mio. EUR
<b>Andere beteiligte Institutionen/Geber</b>	entfällt	entfällt
<b>Erfolgseinstufung</b>	2	
<b>• Signifikanz/Relevanz</b>	2	
<b>• Effektivität</b>	2	
<b>• Effizienz</b>	2	

**Kurzbeschreibung, Oberziel und Projektziele mit Indikatoren**

Das Kraftwerk Yang Su Pu (YSP) ist das zweite Vorhaben einer Projektsequenz von sechs Modernisierungsprojekten für bestehende, innenstadtnahe Kohlekraftwerke. Die Vorhaben der Projektsequenz umfassten unterschiedliche, auf bewährte europäische Techniken fußende Projektansätze zur stufenweisen Erneuerung und Erweiterung der vorhandenen Kraftwerksanlagen, um den Modernisierungsrückstand abzubauen und bestehende Verbesserungspotenziale zu nutzen. Dabei sollten bei drei Vorhaben zunächst die in China traditionell genutzten Methoden zur Senkung von SO<sub>2</sub>-Immissionen eingesetzt und erst in einer zweiten Ausbaustufe Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA's) errichtet werden. Bei drei weiteren Vorhaben sollten schon in der ersten Ausbaustufe REA's errichtet und zeitgleich moderne Kraftwerks- und REA-Technologien gefördert werden. Das gemeinsame Oberziel der sechs Vorhaben ist die Verbesserung der Strom- und Fernwärmeversorgung sowie ein Beitrag zur Verringerung der Immissionsbelastungen als Voraussetzungen zum umweltfreundlichen Wachstum von Industrie und Gewerbe in den einzelnen Projektregionen. Das Modernisierungsprojekt für das Kraftwerk YSP betrifft die Projektregion Schanghai mit dem Stadtteil Yang Shu Pu. Die weiteren Modernisierungsprojekte betreffen die Megastädte Tianjin, Chongqing, Hangzhou und Peking sowie SO<sub>2</sub>-Kontrollgebiete im weiteren Umkreis von Peking und Qingdao.

Für YSP wurde eine für China neue Heizkrafttechnik über Entnahme-Kondensations-Dampfturbinen mit besseren Dampfparametern und einem geregelten, gleitenden Entnahmedruck eingeführt (günstiger spezifischer Kohleverbrauch durch gute Ausnutzung des Arbeitsvermögens des Dampfes in allen Betriebszuständen). Die zugehörige FZ-Projekt Komponente umfasste zwei 116,5 MW-

Turbinensätze mit dieser Technik und zwei 525 t/h-Kohlekraftwerkskessel. Das Ziel des Projektes ist es, dass das Kraftwerk zusammen mit den verbleibenden zwei Blöcken von je 220 t/h Dampfleistung in Kraft-Wärme-Kopplung in Yang Shu Pu (a) die Prozessdampfversorgung von Industriebetrieben und anderen Dampfverbrauchern sicherstellt, (b) die Emissionen des Heizkraftwerks und dezentraler industrieller Dampferzeuger reduziert sowie (c) einen Beitrag zum Abbau von Stromversorgungsengpässen leistet. In der jetzigen zweiten Ausbaustufe wird eine REA errichtet. Die Zielerreichung wurde anhand folgender Indikatoren gemessen:

#### Oberzielindikatoren

- Senkung des spezifischen Kohleverbrauchs pro kWh und der damit verbundenen spezifischen Schadstoffemissionen (ohne REA 345 g/kWh und mit REA 365 g/kWh);
- hohe Energieeffizienz in Verbindung mit SO<sub>2</sub>-Emissionen unter 1.200 mg/Nm<sup>3</sup> und Staubemissionen unter 200 mg/Nm<sup>3</sup>;
- Einhaltung von chinesischen Immissionsgrenzwerten für Staub und SO<sub>2</sub> (jeweils 150 mikro g/Nm<sup>3</sup> Tagesdurchschnittswerte);
- Anstieg der Stromverkäufe entsprechend den Prognosen (7,5%/a).

#### Projektzielindikatoren

- Strom- und Fernwärmeerzeugung mit REA (1.750 GWh/a netto mit zwei neuen Blöcken);
- Prozessdampfversorgung von Industriebetrieben durch die neuen zwei Blöcke sowie zwei weiter betriebene ältere Blöcke sicherstellen und die Emissionen von dezentralen Dampferzeugern durch eine Ferndampfversorgung vermeiden;
- Versorgungslücke abbauen (110 MW nach Abzug von stillgelegten, technisch überholten Blöcken);
- Ascheeinleitung in den Fluss bei Projektfertigstellung beenden.

Im Gesamtkontext hat YSP bezüglich Deckung der Stromnachfrage, Energieeffizienz und Minderung von Schadstoffemissionen mehr als erwartet zur Oberzielerreichung beigetragen. Der ohne REA erzielte Kohleverbrauch von 333 g/kWh Netto-Stromäquivalent ist niedriger als der Soll-Wert. Nach Fertigstellung des 2005 begonnenen Endausbaus wird YSP mit einer REA ausgerüstet sein. Damit werden die ohne REA schon auf 1.200 mg/Nm<sup>3</sup> reduzierten SO<sub>2</sub>-Emissionen weiter auf 90 mg/Nm<sup>3</sup> gesenkt. Die eingebauten Staubfilter sind deutlich besser (Soll 200 und Ist 60 mg/Nm<sup>3</sup>). Bei YSP wurde das Projektziel einer verbesserten und umweltschonenden Strom- und Ferndampferzeugung des Industrie- und Gewerbegebiets von Yang Shu Pu erreicht (für zwei neue Blöcke Soll 1.750/ Ist 2.011 GWh/a Netto-Stromäquivalent). Es wird weniger Dampf, aber dafür mehr Strom erzeugt, und das Netto-Stromäquivalent ist insgesamt höher. Der Abbau der Versorgungslücke ist um 33 MW höher als erwartet. Die Zieldefinition implizierte eine bestmögliche Kapazitätsauslastung zur zentralen Prozessdampf- und Stromerzeugung, eine möglichst vollständige Vermeidung einer dezentralen Prozessdampferzeugung und eine Einhaltung von Immissionsgrenzwerten. Auch dieses wurde bei einem veränderten Verhältnis zwischen Dampf- und Stromnachfrage erreicht. Die vorherige Ascheeinleitung in den Fluss wurde beendet (Soll erfüllt).

#### **Konzeption des Vorhabens / Wesentliche Abweichungen von der ursprünglichen Projektplanung und deren Hauptursachen**

In den Ballungsgebieten konzentrierte sich das hohe chinesische Wirtschaftswachstum mit der Folge einer rasant steigenden Stromnachfrage, der einerseits kein ausreichendes Angebot gegenüberstand (= Kernproblem 1) und die andererseits durch veraltete Kraftwerkstechnik gedeckt wurde (= Kernproblem 2), die zu hohem Kohleverbrauch pro kWh und starker Luftverschmutzung führte. Anfang der 90er Jahre war an diesen Standorten unter Ausschöpfung der bestehenden Infrastruktur und der Kapazitäten des umliegenden 220/110 kV-Netzes aber auch eine deutliche Erhöhung des Leistungsangebotes mit hoher Versorgungszuverlässigkeit und geringsten Netzverlusten möglich, so dass eine Versorgungslücke schnell und besonders kostengünstig geschlossen werden konnte. Die sechs Modernisierungsvorhaben der Projektsequenz haben auf individuelle und pragmatische Weise zur Lösung der Kernprobleme beigetragen, indem Altes soweit nötig und zweckmäßig gegen zwei neue größere Einheiten und moderne Komponenten ausgetauscht wurden.

Für YSP waren die zwei neuen Einheiten zu der Einführung einer in Europa bewährten Heizkrafttechnik zwei 116,5 MW-Turbinensätze mit geregeltem, gleitendem Entnahmedruck und zwei 525 t/h-Kohlekraftwerkskessel. Die Projektkonzeption beinhaltete von vornherein eine spätere REA, weil aufgrund der absehbaren Entwicklung des Kohle- und Umweltbereichs mit kontinuierlich verschärften Umweltschutzbestimmungen mit der Notwendigkeit einer REA gerechnet wurde und Vorkehrungen zur Nachrüstung getroffen wurden. Die fortschrittliche Auslegung des Heizkraftwerks YSP mit einer hohen Stromausbeute im Hoch- und Niederdruckteil der Turbinen und eine nachträgliche Leistungserhöhung um 17 % bzw. 33 MW erhöhten den Beitrag zur Deckung der Stromnachfrage. Ferner ersetzen Prozessdampflieferungen an neue Verbraucher dezentrale Kohlefeuerungen. Stilllegungen von Altanlagen, kleinen Schornsteinen und Ascheeinleitungen in den Fluss sowie Einsatz von schwefelarmen Kohlen, Elektro-Staubfilter und hohe Schornsteine verringern erwartungsgemäß die Umweltbelastungen gegenüber vorher. Um in Schanghai den in den letzten Jahren gestiegenen SO<sub>2</sub>-Gesamtauswurf zu senken, wurde der vorgesehene Endausbau vorgezogen (REA-Nachrüstung, Modernisierung des Fernwärmenetzes und Effizienzerhöhungen bei Großverbrauchern).

Für YSP waren die Gesamtkosten von EUR 209,8 Mio um 17 % höher als bei PP. Auch die installierte Leistung war um 17 % höher. Die Devisenkosten betragen EUR 55,22 Mio. Bezogen auf die äquivalente Netto-Leistung des Heizkraftwerks YSP sind die spezifischen Kosten nach dem REA-Ausbau ähnlich günstig wie bei dem FZ-Projekt Heizkraftwerk Peking (sechstes Vorhaben der Projektsequenz).

### **Wesentliche Ergebnisse der Wirkungsanalyse und Erfolgsbewertung**

Die der Projektsequenz und auch YSP zugrunde liegenden Projektziele wurden erreicht, die geschaffenen Kapazitäten höher als erwartet ausgelastet und die für einen geringeren spezifischen Kohleverbrauch eingesetzten Kraftwerkstechnologien auch in anderen Modernisierungsvorhaben genutzt. Für die Träger der Projektsequenz wurden die insgesamt guten Kraftwerksstandorte langfristig gesichert und zukunftssträchtig modernisiert. Dabei wurden die SO<sub>2</sub>-Belastungen verringert und gemäß der Projektkonzeption erfolgen REA-Nachrüstungen zur weiteren SO<sub>2</sub>-Emissionsminderung.

Bei YSP wurde durch eine höhere Leistung und verbesserte Heizkrafttechnik wirkungsvoll auf Veränderungen in der Strom- und Wärmenachfrage reagiert und die REA-Nachrüstung ist schon früher abgeschlossen. YSP leistet zufriedenstellende Beiträge zur Einsparung von Kohleressourcen und den damit verbundenen Emissionsminderungen (dabei CO<sub>2</sub> von globaler und Staub, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> von regionaler Relevanz) sowie zur Substitution von ökologisch nachteiligen Kohlefeuerungen durch eine Ferndampfversorgung im Projektgebiet. Insgesamt ist eine zufriedenstellende Effektivität (Stufe 2) festzustellen.

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Betrachtungen der Modernisierungsvorhaben sind gut, weil mehrere günstige Faktoren auftraten (Anlagenteile weiter genutzt; keine zusätzlichen Netzverluste; historisch bedingte Fehler in der Auslegung der älterer Komponenten wurden beseitigt; Leistungserhöhungen bei insgesamt verringerten Umweltbelastungen; zwischenzeitliche reale Erhöhungen der Kohlepreise machten die Investitionen in Effizienzsteigerungen wirtschaftlicher). Niedrige Investitionskosten pro kW Nettoleistung, ein günstiger Kohleverbrauch je netto abgegebener Strom- und Fernwärmemenge (YSP 353 kg/MWh mit REA), gute Auslastungs- und Verfügbarkeitswerte führen auch bei steigenden Kohlepreisen und zunehmenden Umweltschutzforderungen zu niedrigen spezifischen Kosten einer Strom- und Fernwärmebereitstellung im jeweiligen Lastzentrum (Produktionseffizienz). Die einzelwirtschaftliche Verzinsung (Allokationseffizienz) von 7 bis 9 % ist im Umfeld der vielen chinesischen Kraftwerksprojekte (600 MW-Blöcke) gut. Insgesamt ist für YSP eine zufriedenstellende Effizienz (Stufe 2) festzustellen.

In dem umfangreichen Sektorsegment von älteren Kohlekraftwerken an gut erschlossenen zentrumsnahen Standorten (40.000 MW installiert und 70.000 MW installierbar) setzten die Modernisierungsvorhaben zum richtigen Zeitpunkt mit modernen Kraftwerkstechnologien an drei für

China entwicklungspolitisch bedeutsamen Wirkungsketten an: Reduzierung von Stromversorgungslücken bei sehr geringen Netzverlusten, ressourcenschonende Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs und Senkung der Umweltbelastungen in dichtbesiedelten Gebieten. Die Oberzielindikatoren werden erfüllt. Die in Europa bewährten und für China in der Anwendung weitgehend neuen Technologien hatten Modellcharakter für die weitere praktische Anwendung zur Minderung des Modernisierungsrückstands im Sektorsegment. Ab 2000 wurden die durch die FZ-Vorhaben übermittelten Kraftwerkstechnologien stufenweise zum chinesischen Stand der Kraftwerkstechnik. Die Techniken zur Senkung des Kohleverbrauchs sind angesichts der Umweltprobleme in China weiterhin sehr relevant. Insgesamt bei YSP eine zufriedenstellende entwicklungspolitische Relevanz und Signifikanz gegeben (Stufe 2).

Zusammenfassend hat die FZ-Unterstützung einer Projektsequenz von früher oder später mit REA's ausgerüsteten Kraftwerken dazu geführt, dass die Megastädte Tianjin (YLQ), Schanghai und Peking anstelle der vorherigen technisch veralteten Erzeugungsanlagen in wenigen Jahren über umweltfreundliche und technisch fortschrittliche Kohle-Heizkraftwerke verfügen, die über 20 bis 25 Jahre ab Inbetriebnahme der REA voll den Umwelt- und Versorgungserfordernissen entsprechen. Die Kennziffern für YSP bzw. Schanghai sind gleich gut wie für Peking. Mit diesen Feststellungen ordnen wir YSP in Abwägung der oben genannten Schlüsselkriterien eine zufriedenstellende entwicklungspolitische Wirksamkeit zu (Stufe 2).

### Projektübergreifende Schlussfolgerungen

Die erfolgreiche Modernisierung der Heizkraftwerke die Megastädte Tianjin (YLQ), Schanghai (YSP) und Peking beruht auf einer überproportional erhöhten Stromerzeugung, einer im Vergleich zu den Altanlagen deutlichen Erhöhung der Stromausbeute im Hochdruck- und Niederdruckteil von modernen Entnahme-Kondensationsturbinen, einer Verringerung des Stromeigenbedarfs der REA's und im Falle von YLQ auch der Zwischenüberhitzung in der Dampferzeugung. Bei vergleichbaren Modernisierungsvorhaben sollte daher diesen Effizienzaspekten der Stromerzeugung eine besondere Beachtung geschenkt werden.

### Legende

Entwicklungspolitisch erfolgreich: Stufen 1 bis 3	
Stufe 1	Sehr gute oder gute entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 2	Zufriedenstellende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 3	Insgesamt ausreichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Entwicklungspolitisch nicht erfolgreich: Stufen 4 bis 6	
Stufe 4	Insgesamt nicht mehr ausreichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 5	Eindeutig unzureichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 6	Das Vorhaben ist völlig gescheitert

### Kriterien der Erfolgsbeurteilung

Bei der Bewertung der "entwicklungspolitischen Wirksamkeit" und Einordnung eines Vorhabens in die verschiedenen, oben genannten Erfolgsstufen im Rahmen der Schlussprüfung stehen folgende Grundfragen im Mittelpunkt:

- Werden die mit dem Vorhaben angestrebten **Projektziele** in ausreichendem Umfang erreicht (Frage der **Effektivität** des Projekts) ?
- Werden mit dem Vorhaben in ausreichendem Maße **entwicklungspolitisch wichtige Wirkungen** erreicht (Frage der **Relevanz** und **Signifikanz** des Projekts; gemessen an der Erreichung des vorab festgelegten entwicklungspolitischen Oberziels und den Wirkungen im politischen, institutionellen, sozio-ökonomischen und –kulturellen sowie ökologischen Bereich) ?
- Wurden und werden die Ziele mit einem **angemessenen Mitteleinsatz/Aufwand** erreicht und wie ist der einzel- und gesamtwirtschaftliche Beitrag zu bemessen (Frage der **Effizienz** der Projektkonzeption) ?

- Soweit unerwünschte (**Neben-)Wirkungen** auftreten, sind diese hinnehmbar?

Der für die Einschätzung eines Projekts ganz zentrale Aspekt der **Nachhaltigkeit** wird von uns nicht als separate Bewertungskategorie behandelt sondern als Querschnittsthema bei allen vier Grundfragen des Projekterfolgs. Ein Vorhaben ist dann nachhaltig, wenn der Projektträger und/oder die Zielgruppe in der Lage sind, nach Beendigung der finanziellen, organisatorischen und/oder technischen Unterstützung die geschaffenen Projektanlagen über eine insgesamt wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer weiter zu nutzen bzw. die Projektaktivitäten eigenständig mit positiven Ergebnissen weiter zu führen.