

**Türkei: Rauchgasentschwefelungsanlage Orhaneli (I) und Yatağan (II)**

**Ex Post-Evaluierung (Schlussprüfung)**

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>OECD-Förderbereich</b>                         | 23020 / Elektrizitätserzeugung / nichterneuerbare Energien  |   |
| <b>BMZ-Projektnummer</b>                          | I 1993 65 289 - Orhaneli<br>II 1995 65 334 - Yatağan  |   |
| <b>Projektträger</b>                              | Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), vormals Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.S. (TEAS)   |   |
| <b>Consultant</b>                                 | ELTEM-TEK / Steag enotec GmbH   |   |
| <b>Jahr des Ex Post-Evaluierungsberichts</b>      | 2009 (Stichprobe 2008)  |   |
|   | <b>Projektprüfung (Plan)</b>  | <b>Ex Post-Evaluierungsbericht (Ist)</b>  |
| <b>Durchführungsbeginn</b>                        | I 4. Quartal 1993<br>II 2. Quartal 1995   | I 3. Quartal 1994<br>II 3. Quartal 1997   |
| <b>Durchführungszeitraum</b>                      | I 39 Monate<br>II 40 Monate   | I 45 Monate<br>II 126 Monate  |
| <b>Investitionskosten</b>                         | I 74,0 Mio. EUR<br>II 85,8 Mio. EUR   | I 50,0 Mio. EUR<br>II 88,2 Mio. EUR   |
| <b>Eigenbeitrag</b>                               | I 38,2 Mio. EUR<br>II 21,2 Mio. EUR   | I 19,2 Mio. EUR<br>II 31,9 Mio. EUR   |
| <b>Finanzierung, davon FZ-Mittel</b>              | I FZ/D: 20,5 Mio. EUR<br>F: 15,3 Mio. EUR<br>35,8 Mio. EUR<br>Mischfinanzierung<br>II FZ/D: 31,2 Mio. EUR<br>F: 16,9 Mio. EUR<br>48,1 Mio. EUR<br>Mischfinanzierung | I FZ/D: 15,5 Mio. EUR<br>F: 15,3 Mio. EUR<br>30,8 Mio. EUR<br>Mischfinanzierung<br>II FZ/D: 22,9 Mio. EUR<br>F: 16,9 Mio. EUR<br>39,8 Mio. EUR<br>Mischfinanzierung |
| <b>Andere beteiligte Institutionen/Geber</b>      | I Projektträger<br>II Projektträger; Kanada   | I Projektträger<br>II Projektträger; Kanada   |
| <b>Erfolgseinstufung</b>                          | I: 3      II: 4   |   |
| • Relevanz  | I: 2      II: 2   |   |
| • Effektivität                                    | I: 3      II: 3   |   |
| • Effizienz                                       | I: 4      II: 5   |   |
| • Übergeordnete entwicklungs-politische Wirkungen | I: 3      II: 3   |   |
| • Nachhaltigkeit                                  | I: 3      II: 3   |   |

### **Kurzbeschreibung, Oberziel und Projektziele mit Indikatoren**

Die Vorhaben umfassten die schlüsselfertige Errichtung von Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) einschließlich Hilfs- und Nebenanlagen für das 1 x 210 MW Kraftwerk Orhaneli und das 3 x 210 MW Kraftwerk Yatağan. Im Rahmen der Vorhaben erfolgte auch eine Ausbildung und Einweisung des Betriebspersonals in Technologie, Betrieb und Instandhaltung der Entschwefelungsanlagen. Darüber hinaus wurden Consultingleistungen mitfinanziert. Ziel der Vorhaben ist es, die die Umwelt schädigenden Schwefeldioxid-Emissionen der Kraftwerke zu senken und durch die Reduzierung von Immissionen für Menschen, Wälder und Landwirtschaft auf ein gesetzlich festgelegtes Maß den dauerhaften Betrieb der Kraftwerke zu sichern. Begleitend wurde eine A+F-Maßnahme durchgeführt, in deren Rahmen eine türkische Delegation aus Führungs- und Umweltschutzpersonal über die in Deutschland verwendete Rauchgasentschwefelungstechnologie informiert wurde.

Das Projektziel beider Vorhaben ist eine drastische Reduzierung der SO<sub>2</sub>-Konzentration im Rauchgas der Kraftwerke unter die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte. Oberziel des Projektes in Orhaneli ist die Verringerung der durch das Kraftwerk verursachten Luftverschmutzung zum Schutz der umliegenden Wälder im Hinblick auf die Aufrechterhaltung ihrer ökologischer Funktion und forstwirtschaftlichen Nutzung. Unmittelbare Zielgruppe des Vorhabens ist die im Umkreis des Kraftwerkes lebende Bevölkerung, deren Erwerbsquelle überwiegend aus Land- und Forstwirtschaft besteht. Mittelbar begünstigt werden die Abnehmer des Stroms. Das Oberziel des später geprüften Projektes in Yatağan wurde breiter gefasst und beinhaltet die Verringerung der durch das Kraftwerk verursachten Luftverschmutzung zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung, dem Schutz der verbliebenen und neu aufgeforsteten Wälder sowie zur Wiederbelebung landwirtschaftlicher Produktion. Unmittelbar Begünstigte des Vorhabens Yatağan ist die lokale Bevölkerung, deren Gesundheitsbeeinträchtigung reduziert wird. Mittelbar profitiert die Bevölkerung von zumindest längerfristig wieder steigenden Erträgen bisher geschädigter oder ganz aus der Produktion genommener Pflanzen sowie langfristig von der wieder möglichen Nutzung nachwachsender Waldbestände. Die Festlegung der Ober- und Projektziele war insgesamt für Umweltschutzvorhaben angemessen.

Indikator für die Erreichung des Projektzieles ist bei beiden Vorhaben eine SO<sub>2</sub>-Konzentration von weniger als 1.000 mg/m<sup>3</sup> (bei 6 % O<sub>2</sub>) im Rauchgas der jeweiligen Kraftwerke.

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

Die Projektmaßnahmen umfassten in beiden Vorhaben die Lieferung, Montage und Inbetriebnahme einer bzw. dreier Rauchgasentschwefelungsanlagen mit Kalkstein-Nasswäscheverfahren einschließlich Nebenanlagen zur Wasserversorgung und zum Gipstransport sowie die Ausbildung und Einweisung des Betriebs- und Wartungspersonals. Zudem war vorgesehen an beiden Standorten Immissionsmessanlagen zu installieren, was jedoch aufgrund des mangelhaften Interesses des Trägers am Betrieb der Messanlagen nicht realisiert wurde.

In Orhaneli wurde nach internationaler Ausschreibung der Vertrag für die schlüsselfertige Lieferung, Montage und Inbetriebnahme einer Rauchgasreinigungsanlage an das deutsch-türkische Konsortium Noell-KRC-Teknotes vergeben. Die Inbetriebnahme erfolgte 1998 nach einer Bauzeit von 44 Monaten und damit 16 Monate später als geplant. In Yatağan erging der Auftrag für die schlüsselfertige Errichtung einer dreizügigen REA mit Kalksteinwäsche an ein deutsch-türkisches Konsortium bestehend aus Bischoff & Co KG (später Lurgie Energie und Entsorgung GmbH) und Güris. Die Durchführungszeit dieses Vorhabens betrug 126 Monate gegenüber einer Planung von 40 Monaten, was auf Verzögerungen bei der Projektdurchführung, unzuverlässigen Probetrieb der REA und zu langen Stillstandszeiten infolge von Rechtsstreitigkeiten führte.

Der durch die Entschwefelung der Rauchgase entstehende Gipsschlamm wird zusammen mit der Flugasche über ein Förderband zur Asche/Schlacke-Deponie transportiert. Erfahrungsgemäß verfestigt sich das Gemisch aus Asche und Schlamm auf dem Boden der Deponie und verhindert so das Durchsickern von Schadstoffen. Proben zur Untersuchung der Grundwasserqualität werden regelmäßig nahe der Deponie und des Kraftwerks entnommen. Eine Belastung des Grundwassers ist nicht festzustellen. Auch gibt es keine Anzeichen für dauerhafte Veränderungen des Grundwasserstandes.

Der Indikator von weniger als 1.000 mg SO<sub>2</sub>-Konzentration per m<sup>3</sup> Rauchgas wurde im Betrieb der Anlage Orhaneli gemäß der Datenaufzeichnungen des Betreibers im Jahresdurchschnitt erreicht, auch wenn laut der Kraftwerksdaten der Betrieb des Kraftwerkes über längere Zeiträume ohne Betrieb der REA erfolgte. Aufgrund der Verzögerungen beim Bau der Anlage in Yatağan wurde der Indikator dort erst seit der letzten Inbetriebnahme im März 2008 eingehalten, nachdem zwischenzeitlich das Kraftwerk teilweise ohne die REAs betrieben wurde. Dabei wurden die Grenzwerte deutlich überschritten. Insgesamt können bei beiden Anlagen Ober- und Projektziel damit nur im eingeschränkten Maße als erreicht eingestuft werden. Aufgrund von Ausfällen bei den Messgeräten konnte der dauerhafte Nachweis des Indikators nicht sichergestellt werden.

Basierend auf den Stromerzeugungsdaten der Vergangenheit und einem Volllastbetrieb bis 2017 würde die REA die Nettostromerzeugung aus betriebswirtschaftlicher Sicht im Kraftwerk Orhaneli um 0,63 Cent/kWh verteuern. Davon entfallen 0,15 Ct/kWh auf Betriebs- und Wartungskosten. Beim Kraftwerk Yatağan wurde bei Projektprüfung eine Kostenerhöhung durch die REA von 0,44 Cent pro kWh prognostiziert; dieser Wert dürfte deutlich überschritten werden; dies lässt sich aber angesichts der kurzen bisherigen Betriebszeit noch nicht näher quantifizieren.

Gesamtwirtschaftlich besteht der Nutzen der REAs vor allem darin, die gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung in Kraftwerksnähe zu reduzieren, die landwirtschaftlichen Erträge wieder auf den vorherigen Stand zu bringen, die Wiederaufforstung der entwaldeten Flächen zu ermöglichen und die Vegetation vor weiteren SO<sub>2</sub> Einwirkungen zu schützen. Zudem können Investitionen in die Kraftwerke und Kohleminen durch den Einbau der REAs weiterhin produktiv genutzt werden. Damit leisten die Vorhaben einen Beitrag zur Sicherstellung einer umweltfreundlicheren Stromversorgung in der Türkei und den damit verbundenen positiven Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung und die Schaffung von Arbeitsplätzen.

Die bei Projektprüfung unterstellte Wirkungskette ist weiterhin gültig. Das Umweltbewusstsein in der Türkei ist in den letzten Jahren deutlich gewachsen und nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Beitrittsverhandlungen zur EU hat die Einhaltung von anerkannten Umweltnormen eine hohe politische Priorität. Die Vorhaben wurden damit sinnvoll in die Sektorpolitik des Partnerlandes eingebunden. Gleichfalls hat im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit der Umweltschutz bei der Stromerzeugung auch für die Bundesregierung weiterhin einen hohen Stellenwert. Die Stromnachfrage in der Türkei steigt weiterhin an. Der Einbau von Filteranlagen ermöglicht die weitere Nutzung von vorhandenen Stromerzeugungskapazitäten und schützt die Bevölkerung und die Umwelt vor negativen Effekten der Stromerzeugung. Die Relevanz beider Vorhaben ist damit unverändert hoch (Stufe 2).

Das Projektziel beinhaltete in beiden Vorhaben die drastische Reduzierung der SO<sub>2</sub>-Konzentration im Rauchgas der Kraftwerke unter die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte. Prinzipiell sind die REAs an beiden Kraftwerksstandorten in der Lage, das Rauchgas wirkungsvoll zu entschwefeln. Damit profitiert insbesondere die Bevölkerung und die Flora und Fauna im Nahbereich der Kraftwerke von den Vorhaben. Allerdings wird der geforderte SO<sub>2</sub>-Abscheidegrad von 95 % nicht permanent erreicht, und häufig kam es zur Abschaltung der REAs und damit zum Aussetzen der Entschwefelung, weil die Rauchgase der Kraftwerke nicht den Spezifikationen der REAs entsprachen oder da (insbesondere im Fall Yatağan) technische Mängel bei den REAs selbst auftraten. (Effektivität für beide Projekte: Stufe 3).

In Bezug auf die Effizienz sind die beiden Vorhaben unterschiedlich zu bewerten. In Orhaneli konnte die REA ohne größeren Zeitverzug erstellt werden. Problematisch ist jedoch, dass die Nutzung der Anlage deutlich hinter den Erwartungen zurück liegt und das Kraftwerk über längere Zeiträume ohne REA betrieben wurde. Daher konnte die Investition in die REA nicht vollständig in Wert gesetzt werden. (Effizienz: Stufe 4). In Yatağan blieben die REAs durch die im Laufe der Erstellung der Anlagen aufgetretenen Streitigkeiten und damit verbundenen Schäden an den Anlagen über mehrere Jahre ungenutzt. Teilweise erfolgte währenddessen der Betrieb des Kraftwerkes ohne Entschwefelung, wobei die bereits erfolgten Investitionen in die REAs nicht in Wert gesetzt werden konnten. Zudem kam es aufgrund der nicht funktionierenden REAs auch immer wieder zu Betriebseinschränkungen beim Kraftwerk, was mit erheblichen Erlöseinbußen für den Projektträger einherging (Effizienz: Stufe 5).

Insgesamt wurden das Oberziel Verringerung der Luftverschmutzung und Schutz der Bevölkerung und der umliegenden Wälder nach Fertigstellung der REAs an beiden Kraftwerksstandorten trotz einiger Einschränkungen erreicht, wenngleich im Fall Yatağan durch die nicht zeitgerechte Fertigstellung der Anlagen die Luftverschmutzung über mehrere Jahre auf unakzeptablen Niveau blieb und die damit verbundenen Schäden zunahmen. Trotz der teilweisen negativen Erfahrungen im Bau der REAs in Yatağan kann von einer positiven Strukturwirkung der Anlagen auf den türkischen Energiesektor ausgegangen werden. In Verbindung mit einem dritten aus deutscher FZ finanzierten Vorhaben (REA Cayirhan) wurden mit den beiden Anlagen in Yatağan und Orhaneli die ersten REAs in der Türkei überhaupt installiert. Die Erfahrungen wurden in anderen REA-Nachrüstungen berücksichtigt, so dass mittlerweile ein Großteil des türkischen Braunkohlekraftwerksparks mit REAs ausgerüstet ist. (Übergeordnete entwicklungspolitischen Wirkungen für beide Vorhaben Stufe 3).

Obwohl die langjährigen Betriebserfahrungen mit der REA in Orhaneli nicht unerhebliche technische Probleme offenbart haben, hat der Betreiber glaubhaft demonstriert, dass er die Ursachen der Probleme erkannt hat und erfolgreich an deren Beseitigung arbeitet. Voraussichtlich wird zwar auch in Zukunft kein vollkommen störungsfreier Betrieb zu erwarten sein, doch wird die Nachhaltigkeit mit noch ausreichend (Stufe 3) bewertet. Aufgrund der vielfachen Probleme und der damit verbundenen Betriebsstillständen in den REAs in Yatağan war die Nachhaltigkeit des Vorhabens bisher unbefriedigend. Aufgrund der hohen Priorität die den REAs nunmehr seitens des Trägers zugestanden wird, ist jedoch von einer zukünftig dauerhaften Nutzung der Anlage mit den verbundenen positiven Wirkungen auszugehen (Nachhaltigkeit Yatağan: Stufe 3). Unter besonderer Berücksichtigung des Kriteriums Effizienz ergibt sich bei sonst gleichmäßiger Gewichtung der Faktoren im Gesamtvotum für das Vorhaben in Orhaneli ein noch zufrieden stellendes Ergebnis (Stufe 3). Im Vorhaben in Yatağan sind die Ergebnisse trotz erkennbarer positiver Wirkungen insbesondere aufgrund der geringen Effizienz und des langjährigen Ausfalls der Anlagen nicht mehr zufrieden stellend, so dass hier eine Bewertung mit Stufe 4 erfolgt.

### **Projektübergreifende Schlussfolgerungen**

Als projektübergreifende Schlussfolgerung kann festgehalten werden, dass beim nachträglichen Einbau von Filteranlagen die Berücksichtigung der tatsächlichen technischen Spezifikation der Kraftwerke und der entstehenden Rauchgase eine große Bedeutung haben. In den hier vorliegenden beiden Fällen kam es jeweils zu größeren technischen Problemen bei den Filteranlagen, da die Abgase der Kraftwerke den zuvor angenommenen Werten nicht entsprachen. Bei ähnlich gelagerten Vorhaben sollte daher dem Zusammenspiel zwischen bestehendem Kraftwerk und neu installierter Filteranlage eine noch höhere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

## **Erläuterungen zur Methodik der Erfolgsbewertung (Rating)**

Zur Beurteilung des Vorhabens nach den Kriterien Relevanz, Effektivität, Effizienz, übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen als auch zur abschließenden Gesamtbewertung der entwicklungspolitischen Wirksamkeit wird eine sechsstufige Skala verwandt. Die Skalenwerte sind wie folgt belegt:

|         |   |
|---------|---|
| Stufe 1 | sehr gutes, deutlich über den Erwartungen liegendes Ergebnis  |
| Stufe 2 | gutes, voll den Erwartungen entsprechendes Ergebnis, ohne wesentliche Mängel  |
| Stufe 3 | zufrieden stellendes Ergebnis; liegt unter den Erwartungen, aber es dominieren die positiven Ergebnisse   |
| Stufe 4 | nicht zufrieden stellendes Ergebnis; liegt deutlich unter den Erwartungen und es dominieren trotz erkennbarer positiver Ergebnisse die negativen Ergebnisse |
| Stufe 5 | eindeutig unzureichendes Ergebnis: trotz einiger positiver Teilergebnisse dominieren die negativen Ergebnisse deutlich                                      |
| Stufe 6 | das Vorhaben ist nutzlos bzw. die Situation ist eher verschlechtert   |

Die Stufen 1-3 kennzeichnen eine positive bzw. erfolgreiche, die Stufen 4-6 eine nicht positive bzw. nicht erfolgreiche Bewertung.

### **Das Kriterium Nachhaltigkeit wird anhand der folgenden vierstufigen Skala bewertet:**

Nachhaltigkeitsstufe 1 (sehr gute Nachhaltigkeit): Die (bisher positive) entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens wird mit hoher Wahrscheinlichkeit unverändert fortbestehen oder sogar zunehmen.

Nachhaltigkeitsstufe 2 (gute Nachhaltigkeit): Die (bisher positive) entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nur geringfügig zurückgehen, aber insgesamt deutlich positiv bleiben (Normalfall; „das was man erwarten kann“).

Nachhaltigkeitsstufe 3 (zufrieden stellende Nachhaltigkeit): Die (bisher positive) entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens wird mit hoher Wahrscheinlichkeit deutlich zurückgehen, aber noch positiv bleiben. Diese Stufe ist auch zutreffend, wenn die Nachhaltigkeit eines Vorhabens bis zum Evaluierungszeitpunkt als nicht ausreichend eingeschätzt wird, sich aber mit hoher Wahrscheinlichkeit positiv entwickeln und das Vorhaben damit eine positive entwicklungspolitische Wirksamkeit erreichen wird.

Nachhaltigkeitsstufe 4 (nicht ausreichende Nachhaltigkeit): Die entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens ist bis zum Evaluierungszeitpunkt nicht ausreichend und wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch nicht verbessern. Diese Stufe ist auch zutreffend, wenn die bisher positiv bewertete Nachhaltigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit gravierend zurückgehen und nicht mehr den Ansprüchen der Stufe 3 genügen wird.

Die Gesamtbewertung auf der sechsstufigen Skala wird aus einer projektspezifisch zu begründenden Gewichtung der fünf Einzelkriterien gebildet. Die Stufen 1-3 der Gesamtbewertung kennzeichnen ein „erfolgreiches“, die Stufen 4-6 ein „nicht erfolgreiches“ Vorhaben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Vorhaben i.d.R. nur dann als entwicklungspolitisch „erfolgreich“ eingestuft werden kann, wenn die Projektzielerreichung („Effektivität“) und die Wirkungen auf Oberzielebene („Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen“) als auch die Nachhaltigkeit mindestens als „zufrieden stellend“ (Stufe 3) bewertet werden.

Informationen zur Erfolgsbeurteilung finden sich in den Fachinformationen „Ex Post Evaluierungskriterien und Ratingsystem für die deutsche bilaterale FZ“ (14. September 2006)