

Thailand: Rauchgasentschwefelungsanlagen Mae Moh

Ex Post-Evaluierungsbericht

OECD-Förderbereich	23063 – Kohlekraftwerke	
BMZ-Projektnummer	1995 65 342	
Projektträger	Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)	
Consultant	Steag AG	
Jahr der Ex Post_Evaluierung	2006	
	Projektprüfung (Plan)	Ex Post-Evaluierung (Ist)
Durchführungsbeginn	06/1996	06/1996
Durchführungszeitraum	43 Monate	55 Monate
Investitionskosten	96,5 Mio. EUR	94,8 Mio. EUR
Eigenbeitrag	33,6 Mio. EUR	47,1 Mio. EUR
Finanzierung, davon FZ-Mittel	62,9 Mio. EUR	47,7 Mio. EUR
Andere beteiligte Institutionen/Geber	entfällt	entfällt
Erfolgseinstufung	2	
• Signifikanz/Relevanz	2	
• Effektivität	2	
• Effizienz	2	

Kurzbeschreibung, Oberziel und Projektziele mit Indikatoren

Das Umweltschutzvorhaben „Rauchgasentschwefelungsanlagen Mae Moh“ umfasste die Nachrüstung der vier bestehenden braunkohlegefeuerten 150-MW-Blöcke 4-7 des Kraftwerks Mae Moh mit zwei schlüsselfertigen Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA), den Bau eines neuen Kamins, die Installation von Komponenten zur gemeinsamen Nutzung aller Rauchgasentschwefelungsanlagen sowie die Bereitstellung von Consultingleistungen. Ziel des Vorhabens ist es, Umwelt schädigende Emissionen des Kraftwerks zu senken und so im Umkreis von Mae Moh die Immissionen für Menschen, Flora und Fauna auf ein Niveau zurückzuführen, das den gesetzlichen Bestimmungen zum Umweltschutz gerecht wird, die Gesundheitsbeeinträchtigungen durch SO₂-Emissionen beseitigt und damit die Notwendigkeit immissionsbedingter Betriebsbeschränkungen des Kraftwerks aufhebt. Die Gesamtkosten des Vorhabens beliefen sich auf 94,8 Mio. EUR. Mit einem FZ-Verbundkredit in Höhe von 47,7 Mio. EUR wurden die Devisenkosten für die Anlagen und die Ingenieurleistungen finanziert.

Projektträger war die Electricity Generation Authority of Thailand (EGAT). Das Staatsunternehmen, das für die Stromerzeugung, Stromübertragung (einschließlich Lastverteilung) und den Stromeinkauf von unabhängigen Erzeugern zuständig ist, wurde im Mai 1969 gegründet und hatte Ende 2005 rund 24.830 Beschäftigte (1995: 35.200). Im Juli 2005 erfolgte die Umwandlung des Unternehmens in eine Publikumsgesellschaft, der ein für Oktober 2006 geplanter Börsengang folgen sollte. Der Privatisierungsprozess wurde allerdings im März 2006 durch eine Entscheidung des obersten Verwaltungsgerichtshofs gestoppt. Das Gericht verbot den Börsengang aufgrund von Verfahrensfehlern (Interessenskonflikte und Verdacht auf Vetternwirtschaft) und ordnete die Rückwandlung der EGAT in ein Staatsunternehmen an.

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

Die mit FZ-Mitteln finanzierten Maßnahmen des Vorhabens umfassen die schlüsselfertige Errichtung von zwei Rauchgasentschwefelungsanlagen für die Kraftwerksblöcke 4/5 und 6/7, die Installation von gemeinsamen Einrichtungen für die Rauchgasentschwefelung (Elektro- und Leittechnik, Kalksteinaufbereitung), die Einweisung und Ausbildung von Betriebspersonal sowie Consultingleistungen. Die mit lokaler Finanzierung durchgeführten Maßnahmen sind die Errichtung eines Kamins für beide REAs sowie Bau- und Montagearbeiten.

Im Verlauf des Vorhabens erwiesen sich kleinere Änderungen der Auslegung und Nachbesserungen als notwendig. Nachdem die Modifikationen vorgenommen und Anlagen durch ein Adipinsäuresystem ergänzt worden waren, arbeiteten die Einrichtungen einwandfrei. Insgesamt stellte sich die Auslegung und Projektkonzeption als angemessen heraus.

Als Ergebnis der Maßnahmen an den Blöcken 4 - 7 ist das Kraftwerk Mae Moh inzwischen für eine elektrische Leistung von insgesamt 2.400 MW komplett mit REAs ausgerüstet. Die drei ältesten Blöcke (225 MW), die über keine REA verfügen, wurden im Jahr 1999 stillgelegt, dienen seit 2003 auch nicht mehr als kalte Reserve und sollen bis zum Jahre 2009 entsorgt werden. Immissionsbedingte Lasteinschränkungen des Kraftwerks insbesondere in den Wintermonaten sind nicht mehr erforderlich. Es kann davon ausgegangen werden, dass die durch das Vorhaben mit REA nachgerüsteten Kraftwerksblöcke bei ordnungsgemäßer Wartung und Instandhaltung noch weitere 20 Jahre betrieben werden können.

Wesentliche Ergebnisse der Wirkungsanalyse und Erfolgsbewertung

Projektziel des Vorhabens war die deutliche Verringerung der SO₂-Emissionen der Kraftwerksblöcke 4 – 7, mit der Folge, dass die Schwefeldioxidbelastungen für Menschen, Tiere und Pflanzen in der Umgebung des Kraftwerks auf ein umweltverträgliches Niveau sinken und deshalb keine immissionsbedingten Betriebsbeschränkungen der Kraftwerksblöcke mehr erforderlich machen. Das Oberziel bestand darin, dass das Kraftwerk Mae Moh einen positiven Beitrag zur Entwicklung der Region und des Landes leistet. Die Zielgruppe des Vorhabens ist vor allem die im Umkreis von 5 – 10 km um das Kraftwerk lebende Bevölkerung (ca. 30.000 Bewohner), wo die Schadstoffbelastungen durch das Kraftwerk am größten sind. Darüber hinaus würde die im Norden Thailands lebende Bevölkerung mittelbaren Nutzen aus der Verringerung des durch Schwefel und Stickstoffdioxide ausgelösten sauren Regens ziehen.

Der Indikator für die Erreichung des Projektziels verlangt, dass mindestens 95 % des SO₂ aus dem Rauchgas der Blöcke 4 – 7 abgeschieden werden. Indikativ für die Erreichung des Oberziels ist, dass keine immissionsbedingten Betriebseinschränkungen der Blöcke mehr notwendig sind.

Der Projektzielindikator wurde eindeutig erfüllt: Seit Inbetriebnahme der REA lag der Entschwefelungsgrad für die Blöcke 4 - 7 jahresdurchschnittlich über 95 %. Ab dem Jahre 2003 erhöhte sich der Entschwefelungsgrad sogar auf über 97 %. Auch in Bezug auf den Oberzielindikator war das Vorhaben erfolgreich, da seit dem Jahre 2001 keine immissionsbedingten Einschränkungen des Kraftwerksbetriebs mehr auftraten. So lag die Zeitverfügbarkeit der Blöcke 4 - 7 im Jahresdurchschnitt bei 87,3 % und ihr Ausnutzungsgrad betrug nahezu 86 %. Das Kraftwerk konnte mithin dauerhaft im Grundlastbetrieb eingesetzt werden, ohne die Umwelt durch inakzeptable Schwefeldioxidemissionen zu belasten.

Zum Oberziel ist anzumerken, dass die im Projektprüfungsbericht gewählte Definition die Umweltaspekte des Vorhabens außer Acht lässt. Da es sich um ein Umweltschutzvorhaben handelt, wäre aus heutiger Sicht eine Oberzielformulierung angebracht, die den Beitrag des Kraftwerks zu einer umweltverträglichen und volkswirtschaftlich effizienten Energieversorgung der Region und des Landes hervorhebt. Damit würde zum Ausdruck gebracht, dass das Vorhaben auf die Beseitigung umweltschädlicher Effekte der Stromerzeugung und Energieversorgung ausgerichtet ist, und dass die Umweltverträglichkeit in volkswirtschaftlich (kosten-) effizienter Weise hergestellt werden sollte.

Das Vorhaben hat einen substanziellen Beitrag zur Eindämmung der Umweltbelastungen durch das Kraftwerk Mae Moh geleistet. Es trug den damaligen Schwerpunkten der deutschen Entwicklungszusammenarbeit mit Thailand Rechnung. Das Vorhaben liegt zudem in einem

Aktionsfeld, das auch von dem neuen Asien-Konzept des BMZ priorisiert wird (Umwelt- und Ressourcenschutz), und entspricht den umweltpolitischen Zielen der thailändischen Regierung.

Die einzelwirtschaftliche Analyse des Vorhabens zeigt, dass die mit der Rauchgasentschwefelung verbundenen Zusatzkosten die Stromerzeugung der Blöcke 4 - 7 in einem vertretbaren und finanziell verkraftbaren Maße verteuert. Die Berechnungen berücksichtigen die angefallenen Investitionskosten, veranschlagen die aktuellen REA-Betriebskosten (Juli 2006) einschließlich der Aufwendungen für Kalkstein, Wasser und Adipinsäure, nehmen Bezug auf die Entwicklung der Nettostromerzeugung im Zeitraum 2000 - 2005, schreiben die im Jahre 2006 erwartete Stromerzeugungsmenge bis zum Jahre 2019 fort und belasten die Rauchgasentschwefelung mit dem zu Marktpreisen bewerteten zusätzlichen Eigenverbrauch an elektrischer Energie (3 %). Mit diesen Annahmen und bei Verwendung eines Diskontsatzes von 6 % ergeben sich dynamische Entschwefelungskosten von 3,64 EUR pro Netto-MWh (Preisbasis 2006). Darin eingeschlossen sind 0,08 EUR/MWh für die Beimischung von Adipinsäure und 1,80 EUR/MWh für den Eigenverbrauch der REAs. Ohne diese beiden Posten lägen die Entschwefelungskosten bei 1,76 EUR/MWh, was in etwa den bei Projektprüfung geschätzten einzelwirtschaftlichen Kosten von 1,50 EUR/MWh (Preisbasis 1995) entspricht.

Die dynamischen einzelwirtschaftlichen SO₂-Vermeidungskosten belaufen sich dementsprechend für die Blöcke 4 - 7 auf 65,30 EUR/MWh. Die Berechnung beruht auf der Annahme, dass die verfeuerte Braunkohle einen durchschnittlichen Schwefelgehalt von 2,7 % aufweist, die REA-Abscheideleistung bei 97 % liegt und die SO₂-Emissionen ohne REA rund 57,5 kg/MWh betragen würden. Die geschätzten SO₂-Vermeidungskosten sind vergleichsweise niedrig. Sie liegen unterhalb der Kosten, die für ähnliche FZ-finanzierte Vorhaben zum Beispiel in der Volksrepublik China ermittelt wurden. Der Wert liegt auch am unteren Ende der Preise, zu denen SO₂-Zertifikate in den USA bisher gehandelt wurden (von 70 USD/t im Jahre 1996 bis 1.550 USD/t gegen Ende 2005).

Auch mit REA befinden sich die Stromgestehungskosten des Kraftwerks Mae Moh dank der billigen Braunkohle immer noch deutlich unter den Kosten, zu denen die übrigen Wärmekraftwerke der EGAT Strom erzeugen. Nach Auskunft der EGAT betragen die einzelwirtschaftlichen kurzfristigen Grenzkosten der in Mae Moh erzeugten elektrischen Energie (ohne Zinsaufwendungen und Abschreibungen auf Sachanlagen) zurzeit rund 10 EUR/MWh (480 THB/MWh). Davon entfallen ungefähr 1,54 EUR/MWh auf die Betriebskosten der REAs. Addiert man die REA-Investitionskosten, ergeben sich Stromgestehungskosten von 12,11 EUR/MWh (ohne Zinsen und Abschreibungen auf das Kraftwerk). Bei Verwendung von schwefelarmen Brennstoffen wie leichtes Heizöl oder Erdgas fallen dagegen allein schon die Brennstoffkosten deutlich höher aus. Würde man zum Beispiel leichtes Heizöl mit einem Heizwert von 37 MJ/l und einem Schwefelgehalt von 1 % verfeuern und das Heizöl zum im Jahre 2005 geltenden durchschnittlichen Großhandelspreis von 11,5 THB/l (0,24 EUR/l) beziehen, müsste selbst bei einem Wirkungsgrad von 42 % mit spezifischen Brennstoffkosten von 55 EUR/MWh gerechnet werden. Die Nassentschwefelungsanlagen für das Braunkohlekraftwerk Mae Moh stellen deshalb eine Lösung dar, die nicht nur unter Umweltgesichtspunkten effizient ist, sondern sich auch im Alternativenvergleich als günstigste Lösung erweist.

Der gesamtwirtschaftliche Nutzen des Vorhabens besteht vor allem in der Reduzierung gesundheitlicher Beeinträchtigungen der im Mae Moh Bezirk lebenden Bevölkerung, der Verhinderung von Schäden an Pflanzen und Tieren sowie in der Sicherstellung einer volkswirtschaftlich kostengünstigen und umweltschonenden Versorgung mit elektrischer Energie. Wie schon bei der Projektprüfung festgestellt wurde, ist eine detaillierte Bestandsaufnahme und monetäre Bewertung der positiven Umweltwirkungen nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand möglich. Inzwischen liegen aber Studien vor, die den Versuch unternehmen zumindest die im Projektgebiet durch Rauchgasentschwefelung abgewendeten Gesundheitsrisiken annäherungsweise quantifizieren. Nach deren Berechnungen würde in Mae Moh eine REA pro 300-MW Kraftwerksleistung jährlich 16 Todesfälle, 12 ärztliche Behandlungen wegen Atemwegserkrankungen und fast 354.000 Personentage an Atemwegsbeschwerden vermeiden.

Für die gesamtwirtschaftliche Rentabilität des Vorhabens spricht auch der Umstand, dass seine positiven Umwelteffekte mit vergleichsweise geringen SO₂-Vermeidungskosten erzielt werden. Die Nassentschwefelungslösung ist gesamtwirtschaftlich kosteneffizient, da alternative Maßnahmen wie die Umstellung auf schwefelarme Brennstoffe die Volkswirtschaft stärker belasten würden als die Entschwefelung der Braunkohlegase.

Das Vorhaben war von seinen Zielsetzungen auf Umwelt- und Ressourcenschutz ausgerichtet. Die Hauptwirkungen liegen in einer umweltverträglichen und volkswirtschaftlich effizienten

Elektrizitätserstellung. Für die Durchführung des Vorhabens war die Reduzierung von Umweltbelastungen ausschlaggebend. Die Schwefeldioxidabscheidung aus den Rauchgasen der Blöcke 4 - 7 erfolgt zielgemäß. Der Betrieb des Kraftwerks Mae Moh und seiner REAs erfüllt derzeit alle Umweltschutzanforderungen und deren Einhaltung wird kontinuierlich durch Messungen überprüft.

Bei der Prüfung und während der Abschlusskontrolle des Vorhabens waren keine nennenswerten Projektrisiken erkennbar. Auch aus heutiger Sicht sind die Risiken für einen dauerhaften Erfolg des Vorhabens und seine nachhaltige Nutzung gering. Einzelne Schwachstellen in der Auslegung und im Betrieb der REAs, die vorübergehend als mittleres Risiko eingestuft wurden, sind inzwischen behoben. Die Anlagen werden fachmännisch betrieben, arbeiten störungsfrei und erbringen die erwartete SO₂-Abscheideleistung.

In einer zusammenfassenden Bewertung schätzen wir die entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens wie folgt ein:

Effektivität:

Projektziel des Vorhabens war die deutliche Verringerung der SO₂-Emissionen der Kraftwerksblöcke 4 – 7, mit der Folge, dass die Schwefeldioxidbelastungen für Menschen, Tiere und Pflanzen in der Umgebung des Kraftwerks auf ein umweltverträgliches Niveau sinken und deshalb keine immissionsbedingten Betriebsbeschränkungen der Kraftwerksblöcke mehr erforderlich machen. Das Projektziel einer deutlichen Reduzierung der SO₂-Emissionen der Kraftwerksblöcke 4 - 7 wurde zufrieden stellend erreicht. Mit einem Entschwefelungsgrad von mehr als 97 % übertreffen die Anlagen den Projektzielindikator (95 %). Die Umgebungsbelastung des Kraftwerks Mae Moh durch SO₂ ist signifikant zurückgegangen und liegt inzwischen deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten. Insgesamt bewerten wir die Effektivität des Vorhabens als zufrieden stellend (Teilbewertung: Stufe 2).

Relevanz/Signifikanz

Das Oberziel bestand darin, dass das Kraftwerk Mae Moh einen positiven Beitrag zur Entwicklung der Region und des Landes leistet. Diese bei Projektprüfung gewählte Definition lässt jedoch die Umweltaspekte des Vorhabens außer Acht. Da es sich um ein Umweltschutzvorhaben handelt, wäre aus heutiger Sicht eine Oberzielformulierung angebracht, die den Beitrag des Kraftwerks zu einer umweltverträglichen und volkswirtschaftlich effizienten Energieversorgung der Region und des Landes hervorhebt. Damit würde zum Ausdruck gebracht, dass das Vorhaben auf die Beseitigung umweltschädlicher Effekte der Stromerzeugung und Energieversorgung ausgerichtet ist, und dass die Umweltverträglichkeit in volkswirtschaftlich (kosten-) effizienter Weise hergestellt werden sollte. Gemessen an seinem Indikator wurde das Oberziel des Vorhabens erreicht: Wegen der erfolgreichen Reduzierung der Umgebungsbelastung durch Schwefeldioxid und andere Schadstoffe konnten die gesetzlichen Umweltschutzbestimmungen eingehalten werden, so dass keine immissionsbedingten Beschränkungen des Kraftwerksbetriebs mehr erforderlich waren. Die Betriebsdaten zeigen, dass das Kraftwerk dauerhaft im Grundlastbetrieb eingesetzt wurde. So lag der jahresdurchschnittliche Auslastungsgrad der Blöcke 4 - 7 bei fast 86 %. Somit ist das bei Projektprüfung formulierte Oberziel, dass das Vorhaben einen positiven Beitrag zur Entwicklung der Region und des Landes leistet, erfüllt. Da für die Durchführung des Vorhabens der Umweltschutz ausschlaggebend war, wäre es allerdings angebracht gewesen, das Oberziel an dem Beitrag festzumachen, den das Vorhaben zu einer umweltverträglichen und volkswirtschaftlich effizienten Energieversorgung leistet. Auch in diesen beiden Punkten erwies sich das Vorhaben erfolgreich. Die Umweltbelastungen durch das Kraftwerk Mae Moh wurden kosteneffizient eingedämmt, was eine bessere Auslastung des Kraftwerks erlaubte, ohne seine Wettbewerbsfähigkeit wesentlich zu verschlechtern. Positiv zu bewerten ist außerdem, dass sich die thailändische Stromwirtschaft trotz einiger Funktionsmängel als leistungsfähig erweist. Insgesamt beurteilen wir die Relevanz/Signifikanz des Vorhabens als zufrieden stellend (Teilbewertung: Stufe 2).

Effizienz

Das Vorhaben stellte eine effektive und effiziente Lösung zur Reduzierung von SO₂-Emissionen und Schadstoffbelastungen dar, zu der es keine kostengünstigere Alternative gab. Dementsprechend bewerten wir die Allokationseffizienz als gut. Die Kosten der Umweltschutzmaßnahme bewegen sich in einem vertretbaren Rahmen und sind einzelwirtschaftlich verkraftbar. Die SO₂-Vermeidungskosten belaufen sich für die Blöcke 4 - 7 auf 65,30 EUR/MWh. Die Produktionseffizienz bewerten wir als zufrieden stellend. Auch wenn sich der Nutzen des Vorhabens nur schwer monetarisieren lässt, kann davon ausgegangen werden, dass seine gesamtwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit vor allem wegen der

positiven Gesundheitseffekte hoch ist. Bestärkt wird die Vorteilhaftigkeit durch den Umstand, dass die mit dem Vorhaben verbundenen SO₂-Vermeidungskosten vergleichsweise gering sind. Insgesamt beurteilen wir die Effizienz des Vorhabens als zufrieden stellend (Teilbewertung: Stufe 2).

In einer zusammenfassenden Abwägung der vorstehenden Wirkungen und Risiken bewerten wir die entwicklungspolitische Wirksamkeit des Vorhabens insgesamt als zufrieden stellend (Gesamtbewertung: Erfolgsstufe 2).

Projektübergreifende Schlussfolgerungen

Investitionsvorhaben im Elektrizitätssektor können dann ihre entwicklungspolitischen Wirkungen nachhaltig entfalten, wenn sie in einem sektoralen Umfeld durchgeführt werden, in dem die Sektorperformance zufrieden stellend ist (Operationale Prüfungskriterien als Benchmark).

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.