

Ex-post-Evaluierung – Mongolei

>>>

Sektor: Energiepolitik und -verwaltung 23110
Vorhaben: Energieeffizienz II, BMZ Nr. 2010 65 424
Träger des Vorhabens: Kraftwerksgesellschaft Combined Thermal Power Plant IV



Ex-post-Evaluierungsbericht: 2020

Alle Angaben in Mio. EUR	Vorhaben (Plan)	Vorhaben (Ist)
Investitionskosten (gesamt)	12,96	11,46
Eigenbeitrag	4,46	2,97
Finanzierung	8,50	8,49
davon BMZ-Mittel	8,50	8,49

*) Vorhaben in der Stichprobe 2019

Kurzbeschreibung: Das o.g. Projekt umfasste 3 von einander unabhängige Modernisierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und der Umwelt- und Klimaverträglichkeit des in Ulan Bator gelegenen größten mongolischen Kraftwerks IV (703 MW). Konkrete Modernisierungsmaßnahmen waren: 1) Nachrüstung einer Rohrreinigungsanlage für die Kondensatoren aller 7 Dampfturbinen und Einbau zweier Kühlwasserfilter; 2) Einbau einer neuen Kesselspeisewasserpumpe sowie 3) Austausch der veralteten Wasseraufbereitungsanlage durch eine Umkehrosmose-Anlage. Durch diese Maßnahmen wurde der spezifische Kohleverbrauch des Kraftwerks in der Strom- und Wärmeproduktion gesenkt und damit die Effizienz des Kraftwerks erhöht. Die Effizienzsteigerungen entsprachen dem Zubau einer Kraftwerkskapazität in Höhe von 11,7 MW.

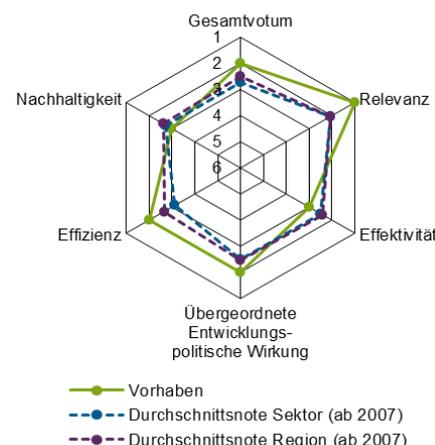
Zielsystem: Ziel des Vorhabens (Outcome) war es, einen Beitrag zum energieeffizienteren Betrieb des Kraftwerkes IV und damit einen Beitrag zu einer ökonomisch nachhaltigeren und emissionsreduzierteren Energie- und Wärmeversorgung und Versorgungssicherheit in der Mongolei sowie zum Globalen Klimaschutz (Impact) zu leisten.

Zielgruppe: Zielgruppe waren die privaten und kommerziellen Energieverbraucher im Einzugsgebiet des Zentralen Verbundsystems der Mongolei sowie die Nutzer des Fernwärmenetzes Ulan Bators und somit insbesondere die Bevölkerung der Hauptstadt Ulan Bator, deren Strom- und Wärmeversorgung maßgeblich durch das Kraftwerk sichergestellt wird.

Gesamtvotum: Note 2

Begründung: Das Vorhaben setzte an einem für die Mongolei sehr wichtigen Kernproblem mit den richtigen Maßnahmen an. Auch wenn bei der Wärmeproduktion die intendierte Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs sowie spezifischen CO₂-Ausstoßes knapp nicht erreicht wurden und es mit Blick auf die Nachhaltigkeit auch Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Instandhaltungsbudgets gibt, werden das Vorhaben und seine übergeordneten entwicklungspolitischen Wirkungen insgesamt als gut erachtet. Durch die Verringerung weiterer schädlicher Emissionen (v.a. Feinstaub, SO_x und NO_x) sowie großer Aschemengen und die Einsparung von vorher in der Wasseraufbereitung eingesetzten Chemikalien (Schwefelsäure und Salz) wurden über CO₂-Einsparungen hinaus weitere positive Umweltwirkungen, insbesondere bzgl. der Luftqualität, erreicht. Hervorzuheben ist ferner die gute Allokationseffizienz sowie die sehr kostengünstige Vermeidung von CO₂.

Bemerkenswert: Ulan Bator wächst jährlich um ca. 30.000 Einwohner, gleichzeitig ist es die kälteste Hauptstadt der Welt mit Temperaturen von oft unter -40 Grad C°. Die rasante Ausbreitung der Stadt über die sogenannten Jurtenviertel erschwert die Wärmeversorgung der Bevölkerung, die Rohkohle in ineffizienten Öfen verfeuert. Diese Form der Wärmeversorgung ist zu 80 % verantwortlich für die stark gesundheitsgefährdende Luftqualität; die Kraftwerke tragen in diesem Kontext bis zu 6 % zur Luftverschmutzung bei.



Bewertung nach DAC-Kriterien

Gesamtvotum: Note 2

Teilnoten:

Relevanz	1
Effektivität	3
Effizienz	2
Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen	2
Nachhaltigkeit	3

Relevanz

Zum Zeitpunkt des Programmvorschlags (PV) im Jahr 2010 wurde die Strom- und Wärmeerzeugung in der Mongolei zu 79 % durch sieben kohlebefeuerte kombinierte Wärme- und Elektrizitätskraftwerke bereitgestellt, die zwischen 1961 und 1991 von der Sowjetunion errichtet wurden. Die Kraftwerke zeichneten sich durch hohe Ineffizienzen und damit verbundenen hohen Schadstoffemissionen aus. Ein hohes Wirtschaftswachstum seit der politischen "Wende" 1989 und die schnell voranschreitende Urbanisierung führten zu einer kontinuierlich wachsenden Nachfrage nach Strom (von 3,5 GWh im Jahr 1990 auf 8,3 GWh im Jahr 2018) und Wärme (von 3,9 Mio. Gcal im Jahr 1990 auf 7,7 Mio. Gcal im Jahr 2018) (MoE, Energy Sector of Mongolia, Country Report, August 2018). Der PV ging von einem Versorgungsengpass im Jahr 2012 aus, weshalb der Fokus des Vorhabens auf die überlebenswichtige und entwicklungspolitisch wichtige Versorgungssicherheit gelegt wurde.

Bei Projektprüfung (PP) im Jahr 2010 lebten in Ulan Bator (UB) 1,1 Mio. Menschen (etwa 40 % der Gesamtbevölkerung). Zum Zeitpunkt der EPE (2019) waren es ca. 1,5 Mio. Menschen und damit etwa die Hälfte der mongolischen Bevölkerung. Die Stadt wuchs in den letzten Jahren rasant, mit ca. 30.000 Menschen jährlich. Angesichts der kalten Temperaturen von oft unter -40 Grad Celsius während des 8 Monate andauernden Winters war und ist die Aufrechterhaltung der Versorgung mit Strom und Wärme überlebenswichtig sowie Voraussetzung für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung der Region und des Landes.

Das unregelmäßige Wachstum der Stadt warf und wirft insbesondere für die Wärmeversorgung der Bevölkerung große Probleme auf. Vor allem die sogenannten Ger-Viertel (Jurtenviertel) wuchsen stark. Heute leben ca. 60 % der Menschen in diesen Ger-Vierteln. Die Behausungen bestehen aus den traditionellen Filz-Jurten und einfachen Holzhäusern, die mit ineffizienten Öfen mit dem billigsten Brennstoff Rohkohle beheizt werden. Die anderen 40 % der Bevölkerung UBs sind an das Fernwärmenetz angeschlossen. Die Heizung der Jurtenviertel trug 2018 zu 80 % zur Luftverschmutzung in UB bei, Verkehr zu ca. 10 %, Kraftwerke zu ca. 6 %, Müll und Erosion zu ca. 4 % (WHO Policy Brief 2018, Air Pollution in Mongolia). Die Luftverschmutzung in UB übersteigt in den Wintermonaten die zugelassenen WHO-Werte für Feinstaub, NOx und SOx um ein Sechs- bis Neunfaches. Nach WHO-Berechnung (WHO Policy Brief 2018) sterben in der Mongolei jährlich 4.133 Menschen an Krankheiten, die auf die Luftverschmutzung zurückzuführen sind: insbesondere Lungenkrebs, Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD umfasst verschiedene irreversible chronische Lungenerkrankungen), Herzversagen und Gehirnschlag. Davon waren 3.010 Todesfälle auf die Luftverschmutzung in den kohleverbrennenden Haushalten selbst zurückzuführen. Damit liegt die Sterberate aufgrund von Luftverschmutzung bei 132 Toten/100.000 Einwohnern. Die Mongolei zählt damit zu den Ländern mit dem negativsten Gesundheitsimpakt der Luftverschmutzung (Weltdurchschnitt 92/100.000). Insbesondere gefährlich ist die Luftverschmutzung für Kinder, die überdurchschnittlich mit Asthma- und anderen Lungenproblemen zu kämpfen haben. Lungenentzündung ist in der Mongolei die zweitwichtigste Todesursache bei Kindern unter 5 Jahren, Kinder aus den Jurtenvierteln haben bis zu 40 % weniger Lungenkapazität als Kinder aus ländlichen Gegenden. Im März 2017 erklärte die Regierung die Luftverschmutzung zum nationalen Notstand und verabschiedete das National Program for Reducing Air and Environmental Pollution (NPRAEP). Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die Luftverschmutzung in UB - wie im Programmvorschlag (PV) prognostiziert - seit der PP vor obigem Hin-

tergrund weiter stark verschlechtert hat und gegenwärtig zu einem Hauptproblem städtischen Lebens geworden ist.

2018 basierte die Energieerzeugung zu 93 % auf Kohle (bei PP 79 %) und zu 7 % auf erneuerbaren Energien. Die Kraftwerkskapazitäten wurden seit PP von 794 auf 1239 MW ausgebaut. Dennoch stiegen die (sehr teuren) Stromimporte aus Russland kontinuierlich an und decken heute 20 % der Stromnachfrage (bei Prüfung nur zu Spitzenlastzeiten benötigt).

Das evaluierte Kraftwerk IV (Combined Heat and Power Plant 4 - CHPP-4) generierte zum Zeitpunkt der EPE (2019) 61,4 % der Stromerzeugung der Mongolei (bei PP 67,2%) und 55 % der Wärmeversorgung UBs (keine Angaben dazu im PV). 2016 kam zu den bestehenden 3 Heizkraftwerken für die Wärmeversorgung der an die Fernwärmesysteme angeschlossenen Bevölkerung UBs das reine Heizwerk Amgalan mit 110 MW dazu. CHPP-4 ist nach wie vor mit gegenwärtig 703 MW (bei PP 580 MW) das mit Abstand größte Kraftwerk in der Mongolei. Die installierte Leistung von CHPP-4 macht heute 57 % der nationalen installierten Leistung aus, bei PP waren es 73 %. Die Nutzung der installierten Kapazität von CHPP-4 beträgt durchschnittlich 63.3 %, während Spitzenlastzeiten im Winter kann sie bis zu 94 % betragen. Bei CHPP-4 handelt es sich um ein Grundlastkraftwerk, das als einziges Kraftwerk auch zur Netzsteuerung und für die Spitzenlasten eingesetzt werden kann. Hieraus lässt sich die essentielle Bedeutung für die Versorgungssicherheit der zentralen Region (ca. 2 Mio. Einwohner) sowie der Wärmeversorgung der Bevölkerung von UB erschliessen. Das Kraftwerk speist in das zentrale Verbundnetz CRIPG ein, welches das wichtigste der drei elektrischen Verbundnetze ist und ca. 95 % der Stromnachfrage in der Mongolei bedient.

Über die Luftverschmutzung hinaus bleibt die Versorgungssicherheit angesichts der stark steigenden Nachfrage nach Strom und Wärme und des veralteten Kraftwerksparks weiterhin ein bedeutendes Thema für die Mongolei.

Die bei PP identifizierten entwicklungspolitischen Kernprobleme eines Versorgungsengpasses sowie gesundheitsgefährdender Luftverschmutzung haben wie zuvor dargelegt noch Bestand und sind auch aus heutiger Sicht prioritär. Das Konzept des Vorhabens beinhaltet Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, welche zur Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs und der Emissionsverringerung von CO₂ und weiterer Schadstoffe beitragen sollten. Es war zur Lösung der Kernprobleme geeignet. Die zugrunde gelegte Wirkungslogik war plausibel.

Das Projekt fügt sich nach wie vor in das EZ-Programmziel eines wirksamen Beitrags zur ökonomisch und ökologisch nachhaltigeren Bereitstellung und Nutzung von Energie sowie zur Versorgungssicherheit sowie in das mongolische Energiegesetz und in alle anderen wichtigen strategischen Sektorpapiere ein. Die Mid-Term Strategy zur Umsetzung der "State Policy on Energy Sector" sieht einen weiteren Kapazitätsausbau im Bereich der CHPPs und der Erneuerbaren Energien vor. CHPPs betreffend sind insbesondere Maßnahmen zur Effizienzsteigerung sowie Massnahmen zur Verbesserung der Emissionen vorgesehen. Eine Koordinierung im Energiesektor findet zwischen den größten Gebern (ADB, Weltbank, JICA, Deutschland) statt, eine sektorpolitische Abstimmung wird vom Energieministerium in unregelmäßigen Abständen organisiert. Die bisherige Arbeitsgruppe zum Energiesektor wurde 2019 zur Arbeitsgruppe zur Luftreinhaltung umbenannt und erweitert. Vor dem Hintergrund des Paris Agreement (2015) sind seit Mitte 2019 jedoch wesentlich mit Kohle befeuerte Kraftwerke i.d.R. von Finanzierungen der deutschen FZ ausgeschlossen.

Relevanz Teilnote: 1

Effektivität

Das der EPE zugrunde gelegte Ziel auf Outcome-Ebene ist es, einen Beitrag zum energetisch und ökonomisch effizienteren Betrieb des Kraftwerkes IV zu leisten. Die Zielerreichung wird anhand folgender Indikatoren bewertet:

Indikator	Status PP ¹⁾ / Zielwert PP (kg/MWh / kg/GJ)	Ex-post- Evaluierung (kg/MWh / kg/GJ)
(1) Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs ²⁾ a) um 9,1 kg/MWh in der Stromproduktion b) um 1,91 kg/GJ in der Wärmeproduktion)	a) 305,9 / 296,8 b) 41,9 / 39,99	a) 285,7 b) 41,39
(2) Verringerung des spezifischen CO ₂ -Ausstoßes ³⁾ a) um 37,9 kg/MWh in der Stromproduktion b) um 7,96 kg/GJ Wärmeproduktion	a) 937,65 / 899,75 b) 128,52 / 120,56	a) 858,23 b) 125,01

1) Werte PP sind Ausgangswerte vor Projekt. Sie beziehen sich jeweils auf 2013, Begründung siehe Fußnote 3)

2) bezogen auf Standardkohle

3) Aufgrund der methodischen Nicht-Vergleichbarkeit der Daten für den CO₂-Ausstoß des Kraftwerks mit den Daten zur Zeit des PP wurde für den CO₂-Ausstoß der Wert vor Projekt neu berechnet. (Berechnungsmethode nach EU Directive 2003/87/EC, basierend auf Energieproduktion, spezifischem Standardkohleverbrauch, und durchschnittlichem Brennwertgehalt der natürlichen Kohle). Die Daten vor Projekt beziehen sich auf 2013, die Daten zum Stand der Ex-Post Evaluierung auf Daten aus dem Jahr 2018.

Die Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs um 20,2 kg/MWh (Ziel im PP: 9,1 kg/MWh) im Vergleich zum Status bei PP übertraf den Zielwert deutlich. Allerdings wurde der Zielwert hinsichtlich der Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs in der Wärmeproduktion nicht erreicht (0,51 kg/GJ gegenüber anvisierten 1,91 kg/GJ). Prinzipiell ist bei kombinierten Wärme- und Elektrizitätskraftwerken die Zuweisung des Energieverbrauchs zu Strom- und Wärmeproduktion schwierig. Ferner gibt es dafür keine universell anerkannte Methodik. Die bei PP angewandte Methodik zur Berechnung der Basiswerte wurde nicht dokumentiert. Die hier verwendeten Werte bzw. Zuteilung basieren auf Angaben des Betreibers. Vor diesem Hintergrund kann aus der Quantifizierung der Indikatorzielwerte zwar ein Trend der Zielerreichung abgeleitet werden, allerdings ist die Robustheit der exakten Werte eingeschränkt.

In der Zwischenzeit realisierte CHPP-4 weitere effizienzsteigernde Maßnahmen, die nicht durch das Projekt finanziert wurden. Hier sind die Installation der zusätzlichen modernen Turbine 7 zu nennen sowie die Modernisierung der Kohlemühlen und Steuerungstechnologie. Das FZ-Projekt hatte ermöglicht, die neue Turbine kostensparend im Turbinenraum zu installieren, da durch die platzsparende neue Wasseraufbereitungsanlage und den Abriss der bisherigen Dampfkondensatoren Platz geschaffen werden konnte.

Durchschnittlich haben die Effizienzgewinne des Kraftwerks insgesamt zwischen 2015 und 2018 im Vergleich zu 2013 (vor Projekt) zu jährlichen Standardkohleeinsparungen von 58.271 t geführt, was 125.457 t der natürlichen Kohle aus den Minen Baganuur und Tavan Tolgoi entspricht, aus welchen das Kraftwerk IV die Kohle bezieht. Die Kraftwerksgesellschaft schreibt dem Vorhaben insgesamt etwa 60 % des Effizienzgewinns zu. Im Rahmen der Evaluierung vorgenommene Berechnungen der dem Vorhaben zu attrahierenden Einsparungen legen nahe, dass Effizienzgewinne von knapp 40 % dem Vorhaben zugeschrieben werden können. Demnach werden durch die FZ-Maßnahmen durchschnittlich 22.631 t/Jahr (PV 24.596 t/Jahr) Standardkohle eingespart.

Bezüglich der Verminderung der spezifischen CO₂ Emissionen in der Stromproduktion wurden die Zielwerte ebenfalls weit übertroffen: 67 kg CO₂/MWh anstelle der anvisierten 37,9 kg CO₂/MWh. Allerdings wurde bei der Wärmeproduktion der Zielwert wiederum deutlich nicht erreicht (3,5 kg/GJ gegenüber 7,96 kg/GJ). Berechnungen im Rahmen der EPE zufolge werden durch das Vorhaben durchschnittlich 90.492 t CO₂/Jahr vermieden.

Die Indikatorzielwerte hinsichtlich der Verringerung des spezifischen Kohleverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes in der Stromproduktion wurden weit übertroffen. Allerdings wurden die Ziele in der Wärmeproduktion deutlich unterschritten. Daher wird die Effektivität insgesamt als zufriedenstellend bewertet.

Effektivität Teilnote: 3

Effizienz

Die gesamte Durchführungszeit betrug 48 Monate gegenüber den geplanten 30 Monaten. Die Verzögerungen sind primär auf die Ausschreibung von Lieferungen und Leistungen zurückzuführen. Die Rohrrei-

nigungsanlage (Maßnahme 1) sowie der Austausch der Wasseraufbereitungsanlage (Maßnahme 3) wurden mit 6 Monaten Verspätung in Betrieb genommen. Allerdings kam es bei der Ausschreibung der Kesselspeisewasserpumpe und zweier drehzahl geregelter Antriebe (Maßnahme 2) zu erheblichen Verzögerungen durch zwei erfolglose Ausschreibungen. Daher wurde entschieden, die Mittel der Maßnahme 2 für die Erweiterung der Rohrreinigungsanlage auf Turbine 7 zu nutzen und mit den verbleibenden Mitteln eine neue Wasserpumpe mit Ausrüstung sowie 2 Motoren (nicht drehzahl geregelt) zu beschaffen (als "emergency-stand-by"). Diese Entscheidung erscheint auch ex-post als notwendig und sinnvoll.

Die Investitionskosten betragen 11,46 Mio. EUR (88,4 % des bei PP erwarteten Wertes). Wegen notwendiger Änderungen bzgl. Maßnahme 2 verzögerte sich die Durchführungszeit, dadurch musste der Consultingvertrag dreimal ergänzt werden. Die Gesamtkosten des Consultants werden mit 660.039 Euro (5,75 % der Gesamtkosten) jedoch als angemessen bewertet. Die Projektmaßnahmen stellten wichtige Modernisierungsmaßnahmen dar, um das Kraftwerk auf den international neuesten Stand der Technik zu bringen. Die umgesetzten Maßnahmen waren von 5 im Rahmen der Machbarkeitsstudie untersuchten Energieeffizienzmaßnahmen die rentabelsten und technisch naheliegendsten.

CHPP-4's Wirkungsgrad erhöhte sich von 40,19 % im Jahr 2013 auf 43,01 % im Jahr 2018. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz der Heizkraftwerke in der Mongolei stark vom Wärmebedarf getrieben ist, der auf die Nachfragespitzen im Winter ausgerichtet ist, im Sommer sind die Kraftwerkskapazitäten unterausgelastet. Im gleichen Zeitraum hat CHPP-4 seinen internen Energieverbrauch von 12,83 auf 12,38 % reduziert. Der durch die Energieeffizienzmaßnahmen erhöhte Wirkungsgrad des Kraftwerkes entspricht einer zusätzlich verfügbaren Kapazität von ca. 10 MW zum Zeitpunkt der EPE (bei PP angenommen: 11,7 MW), was primär auf die nur eingeschränkt umgesetzte Maßnahme 2 zurückzuführen ist. Die Investitionskosten pro zusätzlichem kW liegen bei rd. 1.140 EUR (bei PP angenommen: 930 EUR) und damit immer noch ca. 50 % unter den Kosten für den Bau eines neuen Kraftwerkes gleicher Leistung. Die Produktionseffizienz wird insgesamt als gut bewertet.

Die Allokationseffizienz der investierten Mittel ist als gut bewerten: Im PV wurde eine interne Verzinsung (FIRR) von 19 % angenommen. Die Berechnung im Rahmen der EPE kommt hierbei auf 20 %. Auch die gesamtwirtschaftliche Kostenrechnung erbringt eine EIRR von 21 % (PP 22 %). Bei der Berechnung wurde von einem durchschnittlichen Weltmarktpreis für Kohle von 86 EUR/t (analog zur PP, wird als immer noch realistisch angesehen) ausgegangen, die schwer zu quantifizierenden externen Effekte auf Umwelt und Gesundheit wurden analog zum PV nicht miteinbezogen. Die CO₂-Vermeidungskosten des Vorhabens lagen bei EPE mit 8,35 EUR pro eingesparter Tonne CO₂ (analoge Berechnungsmethodik des PV) etwas über dem bei PP geschätzten Wert von 7,7 EUR pro eingesparter Tonne CO₂. Unter Berücksichtigung der Einsparungen bei Kohle und Chemikalien sinken die Vermeidungskosten deutlich unter den Wert bei PP. Die Investition war demnach auch hinsichtlich der CO₂-Vermeidungskosten mit -5,10 EUR pro eingesparter Tonne CO₂ rentabel.

Effizienz Teilnote: 2

Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen

Das der EPE zugrunde gelegte Ziel auf Impact-Ebene war es, einen Beitrag zu einer ökonomisch nachhaltigeren und emissionsreduzierteren Energie- und Wärmeversorgung und Versorgungssicherheit in der Mongolei sowie zum Globalen Klimaschutz zu leisten.

Vor dem Hintergrund der installierten Leistung von CHPP-4, welche 57 % der nationalen installierten Leistung ausmacht, trugen die Energieeffizienzmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen zu ökonomischen und ökologischen Wirkungen auf Impact-Ebene bei.

Der Wirkungsgrad von CHPP-4 ist um insgesamt 2,82 % gestiegen (siehe Effizienz). CHPP-4 ist mit 43 % nach wie vor das mit Abstand effizienteste Kraftwerk und liegt bei den derzeitigen Rahmenbedingungen der Ausnutzung der Kraftwärmekopplung bereits relativ nah an seinem Optimum. Fünf der anderen sieben mongolischen Kraftwerke liegen zwischen 20,3 und 39,5 %. Lediglich CHPP-3 erreicht einen Wirkungsgrad von 41 %. Durch die Maßnahmen des Vorhabens ist gegenwärtig CHPP-4 das modernste Kraftwerk der Mongolei und damit zum Vorbild für andere Kraftwerke in der Mongolei geworden.

Auch mit Blick auf die Versorgungssicherheit leistet CHPP-4 als Grundlastkraftwerk, das auch zur Netzsteuerung eingesetzt wird, einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit. Die Erhöhung des Wir-

kungsgrades durch die Effizienzmaßnahmen erbringen zudem eine Mehrproduktion an Strom und Wärme, die zum Zeitpunkt der EPE einer Kraftwerkskapazität von ca. 10 MW entspricht.

Mit Blick auf die Einsparungen schädlicher Emissionen können dem Projekt folgende jährliche Einsparungen schädlicher Emissionen zugerechnet werden (Durchschnitt 2015 - 2018, Quelle CHPP-4):

Substanz	Einheit	Menge (jährlich)
CO ₂	t	90.492
Flugasche (15 %)*)	t	7.421
Staub (0,015 %)	t	743
NO _x (0,21 %)	t	141
SO _x (0,47 %)	t	233

*) Prozentangaben bezogen auf natürliche Kohle

Der insgesamt vermiedene jährliche CO₂-Ausstoß des Kraftwerks betrug zwischen 2015 und 2018 (verglichen mit vor Projekt) im Durchschnitt 254.337 t CO₂ (bei einem durchschnittlichen Jahresausstoß des Kraftwerks im gleichen Zeitraum von 5,1 Mio. t CO₂). Dem Vorhaben wird hiervon eine Einsparung von jährlich 96,850 t CO₂ zugerechnet. Über die Verringerung des CO₂-Ausstoßes hinaus leistete das Vorhaben (siehe Tabelle) zudem einen wichtigen Beitrag zur Verringerung weiterer gesundheitsgefährdender Schadstoffemissionen (SO_x, NO_x, Feinstaub und Flugasche). Die Einsparungen dieser Schadstoffemissionen sind von großer Bedeutung für die Luftqualität UBs und damit für die Gesundheit und Lebensbedingungen der Hälfte der dort lebenden mongolischen Bevölkerung. Desweiteren haben die Projektmaßnahmen bewirkt, dass große Mengen an giftigen Chemikalien in der Wasseraufbereitungsanlage eingespart werden (jährlich 100 t Schwefelsäure sowie 300-400 t Salz). CHPP-4 hat als einziges Kraftwerk einen elektrostatischen Abscheider (ESP) zur Reinigung des Rauchgases von Feinstaub, der allerdings nur noch eine reduzierte Wirkung hat und dringend erneuert werden müsste.

Trotz dieser positiven Wirkungen von CHPP-4 ist angesichts der gravierenden Luftverschmutzung in UB durch Herdfeuer und unregelmäßige Ascheentsorgung (siehe Relevanz) der Beitrag der Kraftwerke insgesamt zur Verringerung der Luftverschmutzung derzeit relativ gering. Die WHO schreibt den Kraftwerken 6 % der Umweltverschmutzung zu (siehe Relevanz). Eine aktuelle Machbarkeitsstudie der Weltbank schreibt den Kraftwerken sogar nur einen Beitrag von 1 % an der Luftverschmutzung zu (SRS, "Feasibility Study to Reduce Dust and SO₂ Emissions from CHP2, 3 AND 4, and Ash Ponds in Ulan Bator (Mongolia)", im Auftrag von Weltbank und UBCAP, 2015). Durch das Verbot der Verbrennung von Rohkohle und der den Haushalten zur Verfügung gestellten hochwertigeren Braunkohlebriketts werden sich allerdings die Verursacheranteile der Kraftwerke leicht erhöhen.

Darüber hinaus leiten sich übergreifende wirtschaftliche und soziale Wirkungen aus dem großen Anteil von CHPP-4 an der Strom- und Wärmeversorgung ab. Der Beitrag des Kraftwerks ist die Grundlage für jegliche ökonomische und soziale Entwicklung in der dicht besiedelten Region um UB und ermöglicht zudem regelrecht das Überleben von ca. 800.000 Menschen im Winter. Für das Betriebspersonal führen die Maßnahmen zudem unmittelbar zu besseren Arbeitsbedingungen hinsichtlich Arbeitssicherheit und manueller Arbeit.

Die zuvor dargestellten Wirkungen tragen auch zur Erreichung des EZ-Programmziels (Wirksamer Beitrag zur ökonomisch und ökologisch nachhaltigeren Bereitstellung und Nutzung von Energie sowie zur Versorgungssicherheit) bei. Mit Blick auf das EZ-Programmziel wären allerdings in einer Übergangsphase, in der zunehmend mehr erneuerbare Energien im Energiemix hinzukommen, analoge Maßnahmen zur Ausschöpfung des Effizienzpotentials bei den anderen Kraftwerken zielführend.

Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen Teilnote: 2

Nachhaltigkeit

Die installierten Anlagen funktionieren gut und befinden sich in gutem, gepflegten Zustand. Die im Rahmen des Vorhabens umgesetzten technischen Maßnahmen erhöhen die Verfügbarkeit des Kraftwerks, da die Routinereinigungen während des Betriebs erfolgen. Zudem wurde eine selbst entworfene Anlage zur Mehrfachnutzung der Membranen des Wasseraufbereitungssystems installiert. Durch eine vorgeschaltete Reinigungsphase, in der die gereinigten Membranen wieder zum Einsatz kommen, kann die Lebensdauer der teuren Membranen des Umkehrosmose-Systems verlängert werden.

Das Personal des Kraftwerks ist in der Lage, auch zukünftig Betrieb und Wartung zufriedenstellend zu meistern: Die gute Ausbildung durch die Liefer-/Herstellerfirmen ermöglichte bisher dem ohnehin gut ausgebildeten und motivierten Personal den ordnungsgemässen Betrieb von State-of-the-Art Technologien, die auch in weiteren Kraftwerken der Mongolei zur Anwendung kommen sollen. Im Kraftwerk ist ein klares Bewusstsein für die Notwendigkeit regelmässiger Routinekontrollen und auch präventiver Wartung vorhanden. Die Mitarbeiter sind sich der Bedeutung des Kraftwerks für die Bevölkerung UBs bewusst und sind stolz auf den guten Zustand und die guten Betriebsergebnisse. Es herrscht ein großes Interesse bei Management und Mitarbeitern an der Modernisierung des Kraftwerks.

Trotzdem kommt es zu langdauernden internen und interinstitutionellen Entscheidungs- und Abnahmeprozessen, welche die Effektivität und Effizienz des Kraftwerks einschränken. So erfolgte z.B. die Abnahme der Wasseraufbereitungsanlage durch die State Commission for Equipment Acceptance erst 2018 und führte zu Verzögerungen, da CHPP-4 vorher kein Budget für Wartung und Betrieb bereitstellen durfte. Ebenso ist zu bemängeln, dass die neue Wasserpumpe, die bereits im Januar 2016 geliefert wurde, erst Mitte 2018 eingebaut wurde. Zunächst war geplant, sie als 9. Pumpe einzusetzen, dann aber wurde letztlich entschieden, sie gegen die älteste Pumpe auszutauschen. Auch wenn Entscheidungsprozesse mitunter zu lange dauern, war die Funktionstüchtigkeit der Anlagen davon nicht ernsthaft beeinträchtigt und (Betriebs-)Probleme konnten, auch unter Hinzuziehung der Hersteller, bisher bewältigt werden. Allerdings existiert seit Herbst 2018 ein Problem mit der Rohrreinigungsanlage (Reinigungsbällchen verschwinden im Reinigungsprozess, die Ursache konnte bisher nicht gefunden werden). Derzeit führt CHPP-4 eine Studie zu den Ursachen durch. Dennoch scheint die Zeit für die Problemlösung zu lang. Aufgrund mangelnder Mittel wurde vermieden, den Hersteller bereits früher einzuschalten.

Um politisch unbeliebte Tarifierhöhungen zu vermeiden, werden Strom- und Wärmetarife und Kohlepreise jährlich von der Energieregulierungskommission festgelegt. Der Strompreis subventioniert dabei den Wärmepreis. Die Tarife sind zudem nicht verbrauchsabhängig. Dies führt zu nicht kostendeckenden Einnahmen. Das Budget für Wartung und Reparaturen (ohne Personal) beträgt lediglich 10 % des dem Kraftwerk zur Verfügung stehenden Jahresgesamtbudgets, was nicht ausreichend ist, sobald größere Mängel auftreten und Ersatzteile oder Expertise im Ausland eingekauft werden müssen. Notwendige Investitionen in Erneuerungen können somit nicht durch eigene Rücklagen finanziert werden, noch können große Reparaturen schnell durchgeführt werden. Diese Tatsache stellt das größte Risiko für die Nachhaltigkeit dar. Allerdings ist CHPP-4 "too big to fail" und notwendige Mittel wurden bei Bedarf durch staatliche Zuwendungen bereitgestellt. Davon ist auch in Zukunft auszugehen.

Die Mongolei bereitet laut "State Policy für den Energiesektor" einen Übergangsprozess vor zu einem marktwirtschaftlichen Funktionieren des Energiesektors mit mehr Autonomie der Kraftwerke und Anpassung der Tarife an reale Kosten. Dies würde die beschriebenen Hürden im Bereich Management und Zukunftsinvestitionen im Kraftwerksbereich schrittweise eliminieren. Allerdings ist nicht zu erwarten, dass dies zeitnah erreicht werden wird, v.a. angesichts politischer Bedenken gegenüber Energiepreiserhöhungen.

Nachhaltigkeit Teilnote: 3

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	zufriedenstellendes Ergebnis; liegt unter den Erwartungen, aber es dominieren die positiven Ergebnisse
Stufe 4	nicht zufriedenstellendes 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 (zufriedenstellende 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 „zufriedenstellend“ (Stufe 3) bewertet werden.