

Ex-post-Evaluierung Solar-WM 2014, Brasilien

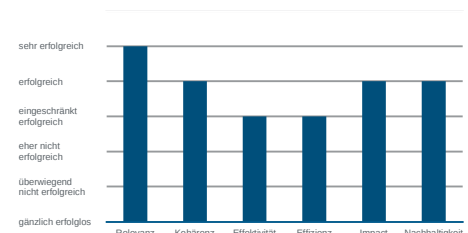
Titel	Solar WM 2014 Minas Gerais (CEMIG)		
Sektor und CRS-Schlüssel	Solarenergie für Verbundnetze; CRS-Code: 23230		
Projektnummer	2009 66 911		
Auftraggeber	BMZ		
Empfänger/ Projektträger	CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais S.A.)		
Projektvolumen / Finanzierungsinstrument	10 Mio. EUR / ZV		
Projektlaufzeit	12/2012 (Darlehensvertrag) – 10/2018 (Abschlusskontrolle)		
Berichtsjahr	2024	Stichprobenjahr	2020

Ziele und Umsetzung des Vorhabens

Das Ziel auf Outcome-Ebene war es, eine öffentlichkeitswirksame Photovoltaik-anlage auf dem Dach eines Austragungsortes der Fußball-Weltmeisterschaft 2014 zu installieren und zu betreiben. Hierdurch sollte zur Verbreitung und zum Ausbau von Photovoltaik sowie zum Klimaschutz beigetragen werden (Ziel auf Impact-Ebene).

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine 1,42 MW_p (1,32 MWAC) Photovoltaik-Dachanlage auf dem Stadion Mineirão, einem der Austragungsorte der Fußball-WM 2014, installiert. Die geplante Anlage auf dem benachbarten Sportkomplex Mineirinho wurde mangels Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt. Auch die ange-dachten Energieeffizienzmaßnahmen wurden nicht durch das Vorhaben, sondern im Rahmen der WM-vorbereitenden Renovierung des Stadions umgesetzt.

Gesamtbewertung: erfolgreich



Wichtige Ergebnisse

Für das erfolgreiche Gesamtergebnis waren die folgenden Aspekte ausschlaggebend:

- Das Vorhaben setzte im Einklang mit den brasilianischen Prioritäten an einem zentralen Engpass an, fügte sich in die Länderstrategie sowie in den Schwerpunkt Energie ein und wirkte komplementär zu den Eigenanstrengungen Brasiliens sowie zum Engagement weiterer EZ-Instrumente.
- Das Vorhaben griff die damals weltweite Aufbruchsstimmung hinsichtlich Photovoltaik auf und war für den brasilianischen Kontext seiner Zeit voraus. Dabei war die Intention, die Fußballweltmeisterschaft 2014 als Vehikel für das Marketing von Photovoltaik zu wählen und eine PV-Anlage auf einem Austragungsort der WM 2014 zu installieren sowie die Standortauswahl des Stadions Mineirão, konzeptionell ausgezeichnet.
- Der Ansatz des Vorhabens hat sich bewährt und trug als Mosaikstein zur Entwicklung des brasilianischen Photovoltaiksektors bei. Bemerkenswert ist, dass die PV-Anlage zum damaligen Zeitpunkt die weltweit größte PV-Dachanlage auf einem Stadion war. Im Rahmen der WM 2014 und der Olympischen Spiele 2016 erfuhr die PV-Anlage auf dem Mineirão viel Aufmerksamkeit in den Medien und in der Fachwelt. Noch heute gilt sie als Referenzprojekt.
- Trotz der damals hohen spezifischen Kosten von Photovoltaik und der negativen Rentabilität der Anlage wird die Effizienz aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive aufgrund ihrer breitenwirksamen Impulse insgesamt als eingeschränkt erfolgreich erachtet.
- Die Expertise und Professionalität des Trägers lassen auf einen nachhaltigen Betrieb schließen.

Schlussfolgerungen

- Bei der PV-(Dach-)Anlagenplanung bedarf es einer Analyse der Notwendigkeit von Schattenmanagement und regelmäßiger Reinigung inkl. entsprechender Reinigungseinrichtungen. Hierdurch können Beeinträchtigungen bei der Stromerzeugung verringert werden.
- Ein sehr hohes Breitenwirksamkeitspotenzial haben Projekte, die technologische Entwicklungen und Trends in Märkten mit großem unausgeschöpften Potenzial aufgreifen. Die Sichtbarkeit bzw. Öffentlichkeitswirksamkeit des Standorts kann dafür ein entscheidender Faktor sein.
- Vergleichsweise hohe spezifische Kosten und eine unzureichende Rentabilität sind bei der Verbreitung von Technologien angesichts der intendierten längerfristigen gesamtwirtschaftlichen Wirkungen unvermeid- und hinnehmbar.

Ex-post-Evaluierung – Bewertung nach OECD DAC-Kriterien

Übersicht der Teilbewertungen:

Relevanz	1
Kohärenz	2
Effektivität	3
Effizienz	3
Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen	2
Nachhaltigkeit	2
Gesamtbewertung:	2

Rahmenbedingungen und Einordnung des Vorhabens

Das natürliche Potenzial der Solarenergie in Brasilien ist aufgrund der geographischen Lage sehr groß. Die durchschnittlichen täglichen Solarstrahlungswerte liegen in einem Großteil Brasiliens zwischen 5 und 6 kWh/m² und erreichen Maximalwerte im Nordosten und im Landesinneren von 6,5 kWh/m². Die Solarstrahlung ist damit ungefähr doppelt so hoch wie in Deutschland mit Werten zwischen 2,4 und 3,4 kWh/m². Das beschriebene Solarpotenzial Brasiliens war zum Zeitpunkt der Initiierung des Vorhabens (2009) praktisch ungenutzt. Es existierten in erster Linie netzungebundene Kleinanlagen zur Elektrifizierung netzferner Regionen. Zum Zeitpunkt der Prüfung (2010/2011) waren lediglich ca. 0,17 MWp in rund 30 Kleinanlagen ans Netz angeschlossen, was weniger als 0,01 % der damals in Deutschland installierten Leistung entsprach.

Die spezifischen Kosten der Photovoltaik (PV) waren zum damaligen Zeitpunkt im Vergleich zu anderen (erneuerbaren) Energiequellen hoch. Die Stromerzeugungsunternehmen hatten nahezu keine Erfahrung mit dieser Technologie und die regulatorischen Rahmenbedingungen waren noch unausgereift.

Kurzbeschreibung des Vorhabens

Um zum Ausbau der Stromversorgung aus (nicht-konventionellen) erneuerbaren Energiequellen (Outcome-Ebene) und hierüber durch die Einsparung von CO₂-Emissionen zum Umwelt- und Klimaschutz (Impact-Ebene) beizutragen, wurde im Rahmen des Vorhabens mit dem Träger Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) eine 1,42 MW_p (1,32 MW_{ac}) Photovoltaik-Dachanlage auf dem als Austragungsort der Fußball-Weltmeisterschaft 2014 vorgesehenen Stadion Mineirão installiert. Eine weitere Photovoltaik-Dachanlage wurde entgegen der ursprünglichen Planung weder auf dem benachbarten Sportkomplex Mineirinho noch auf den untersuchten Alternativen umgesetzt. Ebenso entfielen die geplanten Energieeffizienzmaßnahmen, da diese unabhängig vom Vorhaben im Rahmen der WM-vorbereitenden Renovierung des Stadions umgesetzt wurden. Infolgedessen verfielen rund 60 % der zur Verfügung stehenden BMZ-Mittel (siehe *Effizienz - Allokationseffizienz*).

Aufschlüsselung der Gesamtkosten

In Mio. EUR	Inv. (Plan)	Inv. (Ist)
Investitionskosten (gesamt)	14,25	4,28
Eigenbeitrag	4,25	0,54
Fremdfinanzierung	10,00	3,74
davon BMZ-Mittel	10,00	3,74

Abbildung 1: Karte/ Satellitenbild des Projektlandes inkl. Projektstandort



Quellen: GADM/ Flanders Marine Institute (2023). Maritime Boundaries Geodatabase, Version 12. Eigene Darstellung.

Bewertung nach OECD DAC-Kriterien

Relevanz

1. Ausrichtung an Politiken und Prioritäten

Die Zielsetzung des Vorhabens stand im Einklang mit den damaligen Zielen der Millennium Development Goals (MDG) insb. Entwicklungsziels Nr. 7 „Sicherung umweltbezogener Nachhaltigkeit“, des Sustainable Development Goal (SDG) 13 („Weltweit Klimaschutz umsetzen“) der gegenwärtigen Agenda 2030 (siehe *Beiträge zur Agenda 2030*) und dem Pariser Klimaabkommen (2015). Ferner entspricht die Zielsetzung des Vorhabens damals wie heute der Zielsetzung der deutschen Bundesregierung, das globale Klima und die Umwelt zu schützen und dem im Rahmen der deutsch-brasilianischen Energiepartnerschaft vereinbarten Schwerpunkt „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ sowie der gegenwärtigen Kernthemenstrategie „Verantwortung für unseren Planeten - Klima und Energie“ des BMZ (Aktionsfelder 1 „Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel“ und 2 „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“).¹ Letztere sieht vor, den steigenden Energiebedarf mit einer klimaneutralen Energieversorgung zu decken und zu einer vollständigen Nettodekarbonisierung des Energiesektors bis 2050 beizutragen.

Die Zielsetzung korrespondierte ebenso mit der Sektorstrategie der brasilianischen Regierung, bei welcher der Zubau von Erzeugungskapazitäten aus (nicht-konventionellen) erneuerbaren Energiequellen eine bedeutende Rolle zukam (siehe *Relevanz - Ausrichtung an Bedürfnisse und Kapazitäten der Beteiligten und Betroffenen*). Zum Zeitpunkt der Projektinitiierung (2009) befand sich der brasilianische Photovoltaik-Sektor und damit auch die gesetzlichen Vorgaben bzw. Rahmenbedingungen noch in den Anfängen. Ende 2008 wurde eine interministerielle Arbeitsgruppe einberufen, welche eine Politik zur Nutzung der netzgebundenen PV in Brasilien entwickeln sollte. Die Empfehlungen dieser

¹ Strategiepapier des BMZ „BMZ Konzepte 145 – Sektorkonzept Nachhaltige Energie für Entwicklung“ (01/2007) und BMZ Kernthemenstrategie „Verantwortung für unseren Planeten – Klima und Energie“ vom Juni 2021.

Arbeitsgruppe zielten darauf ab, die Möglichkeiten der netzgebundenen Energieerzeugung mittels PV als Ergänzung zu bestehenden Energiequellen zu nutzen und mittelfristig ein Anreizsystem einzuführen.

Auch aus heutiger Perspektive besteht Einklang mit den nationalen Sektor-/Ausbauplänen sowie den brasilianischen Reduktionsverpflichtungen (National Determined Contributions - NDC). Das Land hat sich im Rahmen seiner nationalen Reduktionsverpflichtungen ein Minderungsziel von 50 % bis 2030 gesteckt und strebt bis 2050 CO₂-Neutralität an.

2. Ausrichtung an Bedürfnisse und Kapazitäten der Beteiligten und Betroffenen

Als Reaktion auf mehrfach aufgetretene drastische Energieengpässe mit einschneidenden Rationierungsplänen verfolgte der brasilianische Staat zum Zeitpunkt der Projektprüfung (PP) im Jahr 2010/2011 das Ziel der Erhöhung von Erzeugungskapazitäten zur Deckung der steigenden Nachfrage und zur Vermeidung erneuter Energiekrisen. Gemäß Programmvorschlag ging die damalige Nachfrageprognose von einem jährlichen Zuwachs des Stromverbrauchs von 5,2 % im Zeitraum 2011-2019 aus. Aus der Nachfrageprognose ergab sich die Notwendigkeit eines deutlichen Ausbaus der Kraftwerksleistung. Der Zehnjahres-Ausbauplan (Plano Decenal de Expansão de Energia) 2010-2019 des brasilianischen Ministeriums für Bergbau und Energie (MME) sah den Ausbau von bis zu 63 zusätzlichen GW Kraftwerksleistung bis 2019 vor. Im Mittelpunkt der brasilianischen Pläne standen dabei insbesondere Großwasserkraftwerke. Von Bedeutung waren aber auch alternative (nicht-konventionelle) Energiequellen wie Windkraft und Biomasse sowie Kleinwasserkraftanlagen. Konkrete Ausbaupläne für Photovoltaik lagen zum damaligen Zeitpunkt nicht vor.

Das Kernproblem erneuter Energieengpässe in der Stromversorgung Brasiliens wurde korrekt identifiziert. Folgerichtig adressierte das Vorhaben den weiteren Ausbau von Kraftwerkskapazitäten auf Basis (nicht-konventioneller) erneuerbarer Energien. Es war damit in der Lage zur Lösung des Kernproblems beizutragen. Dies war damals wie heute angemessen. Das sehr große Solarpotenzial in Wert zu setzen, war zukunftsweisend. Retrospektiv unterstrichen wird dies insbesondere dadurch, dass das Potenzial für Wasserkraft (mit rund 60 % wichtigste Stromerzeugungsquelle) inzwischen ausgeschöpft ist und infolge einer jahrelang anhaltenden Dürreperiode die Erzeugung aus Wasserkraft zwischenzeitlich sank. Als Folge stieg die fossile Stromerzeugung deutlich an. Die erneute, schwere Wasserkrise im Jahr 2021 unterstrich im Kontext der o.g. Abhängigkeit von Wasserkraft die notwendige Diversifizierung der brasilianischen Stromerzeugungskapazitäten.

Da es sich bei der Stromerzeugung und dessen Einspeisung ins nationale Netz um zielgruppenferne Maßnahmen handelt, gibt es keine spezifisch vom Vorhaben profitierende Zielgruppe im engeren Sinne, bei welcher Bedürfnisse und Kapazitäten besonders benachteiligter bzw. vulnerabler Gruppen zu berücksichtigen gewesen wären. Dies betrifft auch Genderwirkungspotenziale. Weitere Potenziale durch anderweitige konzeptionelle Ausgestaltung sind auch ex post nicht erkennbar.

3. Angemessenheit der Konzeption

Im Projektkonzept war die CEMIG als Projektträger vorgesehen. CEMIG ist eine an der Börse gehandelte Energieholding mit dem Bundesstaat Minas Gerais als Mehrheitseigner und war zum Zeitpunkt der PP das zweitgrößte Energieversorgungsunternehmen Brasiliens. Schon bei PP war CEMIG in Brasilien ein Pionier auf dem Gebiet der Photovoltaik. Der CEMIG Holding wurde 2009 zum bereits zehnten Mal in Folge die wirtschaftliche, ökologische und soziale Nachhaltigkeit der Unternehmenspolitik mit dem Dow Jones Preis für Nachhaltigkeit bescheinigt. Somit setzte das Vorhaben konzeptionell stark auf die Zusammenarbeit mit einem zentralen und progressiven Akteur im brasilianischen Energiemarkt.

Die folgende nachgebildete Wirkungslogik lag dem Vorhaben bei PP zugrunde: Finanzierung (Input) und Installation öffentlichkeitswirksamer Photovoltaikanlagen (Output) → Nachweis des wirtschaftlichen Potenzials netzgebundener Photovoltaik → Demonstrationseffekte → Verbreitung von Photovoltaik → Ausbau Erneuerbarer Energien → nachhaltige Stromversorgung und Verringerung des Risikos erneuter Versorgungsknappheit (Outcome) → Vermeidung von CO₂-Emissionen → Umwelt- und Klimaschutz (Impact).

Die zuvor dargelegte Wirkungskette und ihre Wirkungsannahmen waren bei Prüfung und zum Zeitpunkt der Ex Post-Evaluierung (EPE) grundsätzlich plausibel. Die Annahme, dass die Installation einer PV-Dachanlage auf dem Stadion für die Fußball-WM 2014 direkt (durch die eigene Stromerzeugung) und indirekt als innovatives Pilotvorhaben mit Demonstrationscharakter zur Verbreitung der Photovoltaik und damit zu einer effizienten und ökologisch verträglichen Stromerzeugung beitragen kann, wird auch aus heutiger Sicht als plausibel erachtet. Allerdings war der „Nachweis des wirtschaftlichen Potenzials netzgebundener Photovoltaik“ unrealistisch (s.u.). Ferner werden die intendierten Energieeffizienzmaßnahmen (rund 21 % der Gesamtinvestitionskosten bzw. 30 % der FZ-Finanzierung) von der

Wirkungskette nicht aufgegriffen bzw. abgebildet. Konzeptionell waren die Energieeffizienzmaßnahmen mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Energieeffizienzmaßnahmen wirken wenig in das Gesamtkonzept integriert. Prinzipiell sehr zu begrüßen, ist die bei den Energieeffizienzmaßnahmen angedachte Zusammenarbeit mit der GIZ. Die Ausgestaltung war zum Zeitpunkt der PP jedoch noch wenig konkretisiert. Angesichts dessen, dass zwei von insgesamt drei Outputs (o.g. Energieeffizienzmaßnahmen sowie die u.g. Kommerzialisierungsstrategie/Stromabnahmeverträge) mit Unterstützung der GIZ umgesetzt werden sollten, ist zwar Ausdruck von EZ aus einem Guss. Zugleich hing das Vorhaben dadurch jedoch von mehreren Akteuren ab, ohne dass es über ein Memorandum of Understanding hinaus eine konkretisierte/formalisierte Vereinbarung mit der GIZ bzw. ein verbindliches und ausgereiftes Konzept vorlag. Retrospektiv wäre eine inhaltliche Fokussierung auf die ausschließliche Umsetzung der PV-Dachanlagen durchaus sinnvoll gewesen.

Es konnte im Rahmen der EPE nicht abschließend geklärt werden, ob es bereits bei PP offensichtlich war, dass die Energieeffizienzmaßnahmen im Rahmen des Stadionumbaus umgesetzt werden, da dieser im Jahr 2010 begann. Erstaunlich ist auch, dass der Träger CEMIG hierfür bereit war, Mittel aus einem Entwicklungskredit aufzunehmen. Die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Rahmen des Vorhabens erscheint nur vor dem Hintergrund nachvollziehbar, dass Energieversorger in Brasilien zum Zeitpunkt der Prüfung 0,5 % ihres Nettoumsatzes für Energieeffizienzmaßnahmen beim Endverbraucher investieren müssen und der Bundesstaat Minas Gerais sowohl Mehrheitseigner der CEMIG als auch Eigner des Stadions war und ist.

Das Zielsystem war zwar nachvollziehbar und überprüfbar ausgestaltet. Zielformulierungen, Indikatoren und Wertbestückung waren jedoch nur teilweise angemessen und wurden im Rahmen der EPE entsprechend angepasst (siehe *Anlage 1*):

- Analog zur Wirkungskette werden im originären Zielsystem bei PP die Energieeffizienzmaßnahmen nur unzureichend abgebildet. Die Zielformulierung auf der Outcome-Ebene bei PP nahm trotz Bestückung mit einem prinzipiell angemessenem Indikator (LEED-Zertifizierung)² keinen Bezug auf die Energieeffizienzmaßnahmen. Dennoch werden die Energieeffizienzmaßnahmen ex-post nicht in die Zielformulierung aufgenommen, da diese letztlich nicht umgesetzt wurden (siehe *Relevanz - Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit*).
- Ungeachtet der o.g. Effizienzmaßnahmen wurde die Zielformulierung auf Outcome-Ebene im Rahmen der EPE wie folgt modifiziert: „Die Installation einer öffentlichkeitswirksamen Photovoltaikanlage im Rahmen der Fußball-WM 2014 trägt zur Verbreitung und zum Ausbau netzgebundener Photovoltaik in Brasilien bei.“ Die Anpassung erfolgte, da aus Perspektive der EPE die ursprüngliche Zielformulierung (Nachweis des wirtschaftlichen Potenzials netzgebundener Photovoltaik) sowie der entsprechende Indikator (100 % Kostendeckung) als unrealistisch bzw. zu ambitioniert erachtet wird (siehe *Allokationseffizienz*). Einerseits, da wie im Programmvorschlag konstatiert, die spezifischen Kosten zum damaligen Zeitpunkt noch sehr hoch waren und andererseits, da die Kommerzialisierungsstrategie noch zu entwickeln war. Diese fußte auf der Annahme, dass mit einem damals noch zu entwickelndem Solar-Label auf dem freien Markt (Ambiente de Contratação Livre - ACL) ein höherer Verkaufspreis (über dem Marktniveau) erzielbar sei. Gleichzeitig räumte der Programmvorschlag jedoch ein, dass durch die hohen Erzeugungskosten (zum Zeitpunkt der PP rund dreimal so hoch wie Kleinwasserkraft) eine Vollversorgung mit Solarstrom auch bei umweltbewussten Stromkunden unrealistisch ist. Zumal aufgrund der geringen Erzeugungsmenge der PV-Dachanlage auf dem Stadion und ihrer hohen Volatilität langfristige Abnahmeverträge im ACL wie vom Programmvorschlag angenommen für den Kontext nicht passend erscheinen. Ferner lag es auf der Hand, dass der Träger CEMIG als eines der größten Energieversorgungsunternehmen Brasiliens über entsprechende Kompetenzen bzgl. der strategischen Vermarktung von Strom aus erneuerbaren Energien verfügte. Unterstrichen wird dies retrospektiv auch dadurch, dass CEMIG zum Zeitpunkt der EPE mit 15 % Marktanteil größter Anbieter im ACL ist.
- Auf Impact-Ebene wurde die Zielformulierung nicht verändert, jedoch auf den Indikator „installierte Leistung (MW_p) der netzgebundenen PV-Anlagen in Brasilien bis zum Jahr 2015“ verzichtet, da der Zeitraum zwischen der geplanten Fertigstellung 2012 (tatsächlich 2013) sowie dem für das Marketing der PV-Anlage und die Demonstrationseffekte ausschlaggebenden Mega-Event Fußball-WM 2014 und dem intendierten Anstieg der installierten Leistung bis 2015 für die im Programmvorschlag angeführte mittelfristige Marktentwicklung unrealistisch knapp bemessen war.

Das Vorhaben hatte, ungeachtet der zuvor dargelegten Kritikpunkte bzgl. Wirkungskette und Zielsystems, die nicht die Wirkungslogik als solche in Frage stellen, durch die Öffentlichkeitswirksamkeit großes Potenzial breitenwirksamer Effekte. Die Intention, die Fußball-WM 2014 als Vehikel für das Marketing von Photovoltaik zu wählen und eine PV-Anlage auf einem Austragungsort der WM 2014 zu installieren, war konzeptionell hervorragend. Mit Blick auf die Öffentlichkeitswirksamkeit war das als Austragungsort der WM 2014 vorgesehene Stadion Mineirão, welches damals

² Die Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) ist ein vom U.S. Green Building Council entwickeltes System zur Klassifizierung für Ökologisches Bauen. Neubauten und Renovierungen können in 4 Qualitätsstufen eingeordnet werden: Certified (40-49 Punkte), Silber (50-59 Punkte), Gold (60-79 Punkte) und Platinum (80 und mehr Punkte).

zweitgrößtes Stadion Brasiliens und ein landesweit bekannter Veranstaltungsort war, eine exzellente Wahl, um in Medien, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft auf Photovoltaik aufmerksam zu machen und die Verbreitung und verstärkte Nutzung dieser Technologie zu fördern. Die Projektbeteiligten griffen die damals weltweit präsenste Aufbruchsstimmung hinsichtlich Photovoltaik auf und waren für den brasilianischen Kontext ihrer Zeit voraus.

Die Konzeption verfolgte dabei einen ganzheitlichen Ansatz nachhaltiger Entwicklung. In erster Linie zielte das Vorhaben auf ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit ab, da es zum Zeitpunkt der PP eine ökologische und gesamtwirtschaftlich kosteneffiziente Alternative (siehe *Allokationseffizienz*) zur Deckung der steigenden Nachfrage durch thermische Kraftwerke darstellte. Letztlich wirkt das Vorhaben über eine effiziente, verlässliche und langfristig gesicherte Stromversorgung aber auch auf die soziale Dimension der Nachhaltigkeit.

Das Vorhaben war konzeptionell geeignet, zur Erreichung des EZ-Programmziels beizutragen. Dieses sah vor, Brasilien bei der Umsetzung einer klimaneutralen, nachhaltigen Energiepolitik und dezentralen Energieversorgung zu unterstützen. Konkret konnte das Vorhaben konzeptionell zu den folgenden Zielen beitragen: „Die finanzierten Anlagen weisen einen messbaren Erfolg von stabiler Leistung und CO₂-Reduktionen auf“ und „die Investitionen in innovative Lösungen steigen“.

Die Konzeption der Maßnahme inkl. ihrer technischen, organisatorischen und finanziellen Ausgestaltung wird aus damaliger und heutiger Sicht insgesamt als geeignet erachtet, zur Lösung des beschriebenen Kernproblems sowie zum Erreichen des EZ-Programmziels beizutragen. Die Kapazitäten von Partnerregierung und Projektträger wurden realistisch eingeschätzt und bei der Ausgestaltung angemessen berücksichtigt.

4. Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit

Hinsichtlich der technischen Änderungen wies das Vorhaben eine große Anpassungsfähigkeit mit Blick auf die örtlichen Begebenheiten des Stadions auf.

Ursprünglich waren zwei PV-Dachanlagen vorgesehen. Eine sollte auf dem Vor- und Hauptdach des Stadions Mineirão (~300 und 510 kW_p) und eine zweite auf dem benachbarten Sportkomplex Mineirinho (~560 kW_p) errichtet werden. Von den geplanten Leistungen wurde nur die PV-Anlage auf dem Hauptdach des Mineirão Stadions in veränderter technischer Ausführung umgesetzt. Anstelle von Dünnschichtmodulen konnten letztlich durch verbesserte Statik des Daches im Rahmen der Stadionumbau leistungsfähigere polykristalline Module mit einer Leistung von 1.420 kW_p auf dem Hauptdach verbaut werden. Von der Installation von laminierten kristallinen Modulen auf dem Vordach wurde aus statischen Gründen Abstand genommen. Eine Übersicht über die konzeptionellen Änderungen in der Planung der PV-Anlagen findet sich in Anhang *Konzeptionelle Änderungen*.

Die PV-Anlage auf dem Sportkomplex Mineirinho entfiel, da es gemäß Abschlusskontrolle (AK) die zuständigen Institutionen keinen Bezug zur WM sahen und zudem gemäß CEMIG eine grundlegende Renovierung im Raum stand. Diese war schon zum Zeitpunkt der PP mit Unsicherheit behaftet, wie der Programmvorschlag konstatiert. Als Alternativen kamen öffentlichkeitswirksame Gebäude in Frage. Letztlich war keine der untersuchten Alternativen wirtschaftlich rentabel. Anders als bei der Hauptmaßnahme der PV-Dachanlage auf dem Stadion Mineirão (siehe *Effizienz - Allokationseffizienz*) war die Rentabilität der zweiten PV-Dachanlage für den Träger CEMIG ausschlaggebend.

Ebenso entfielen die Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen, da diese unabhängig vom Vorhaben im Rahmen der WM-vorbereitenden Renovierung des Stadions umgesetzt wurden. Inwiefern der Wegfall der Energieeffizienzmaßnahmen vorhersehbar war, konnte im Rahmen der EPE nicht abschließend geklärt werden.

Zusammenfassung der Benotung

Das Vorhaben setzte an einem zentralen Engpass an und war konzeptionell geeignet zur Lösung des Kernproblems beizutragen. Es fügte sich in die Politiken und Prioritäten sowohl der brasilianischen als auch der deutschen Regierung ein und berücksichtigte angemessen die Kapazitäten und Potenziale der brasilianischen Partner. Konzeptionell herausragend war die Intention des Vorhabens, die Nutzung des bis dahin praktisch ungenutzten Solarpotenzials im Rahmen der Fußball-WM 2014 öffentlichkeitswirksam durch eine PV-Anlage auf dem Stadionsdach des Austragungsorts Mineirão zu fördern. Die Relevanz wird vor diesem Hintergrund als sehr erfolgreich eingestuft.

Relevanz: 1

Kohärenz

5. Interne Kohärenz

Das Vorhaben bettet sich in die seit 2008 bestehende Länderstrategie zur bilateralen Zusammenarbeit ein (Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung - ZnE). Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind darin als Schwerpunkt definiert mit dem Ziel, die brasilianische Regierung bei der Umsetzung einer klimafreundlichen und nachhaltigen Energiepolitik zu unterstützen. Konsistent dazu fügte sich das Vorhaben bei PP (2010/2011) vollumfänglich in das bestehende Engagement der deutschen EZ mit Brasilien im Schwerpunkt Energie ein. Das Engagement im Schwerpunkt Erneuerbare Energien und Energieeffizienz umfasste die Ausweitung des Angebots an langfristigen Finanzierungsmöglichkeiten, die Einführung innovativer Technologien und die Unterstützung der Partner bei der Schaffung, Verbesserung und Umsetzung förderlicher Rahmenbedingungen für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Mit Blick auf das Engagement im Bereich Photovoltaik knüpfte das Vorhaben unmittelbar an das von der FZ umgesetzte Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) Vorhaben „Solar Pilotprojekt Brasilien“ an.

Das Vorhaben wurde 2009 während einer von der GIZ organisierten Fachreise ins Leben gerufen. Im Rahmen dieser Reise beschlossen die teilnehmenden Vertreter der CEMIG, der Regierung des Staates Minas Gerais, des Instituto IDEAL³ sowie der GIZ und der KfW, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach des Stadions „Mineirão“ zu realisieren und nach Möglichkeiten dafür zu suchen. Die grundsätzliche Idee einer Solar-WM, d.h. die Fußballweltmeisterschaft 2014 als Werbeträger für Photovoltaik zu nutzen, geht auf das Instituto IDEAL zurück.

Auch das Umsetzungskonzept sah eine enge Verknüpfung von TZ und FZ vor. Die Energieeffizienzmaßnahmen sowie die u.g. Kommerzialisierungsstrategie/Stromabnahmeverträge sollten mit Unterstützung der GIZ umgesetzt werden (siehe *Relevanz - Angemessenheit der Konzeption*). Beide Komponenten wurden letztlich nicht umgesetzt. Die Energieeffizienzmaßnahmen wurden beim Stadionumbau implementiert und die Kommerzialisierungsstrategie (inkl. eines Solarlabels) wurden von den Änderungen bei der Regulierung zugunsten von Photovoltaik überholt. Zusätzliche Kommerzialisierungsstrategien waren gemäß GIZ damit nicht mehr nötig. Unabhängig davon gab es einen stetigen Austausch und enge Zusammenarbeit zwischen TZ und FZ.

Das Vorhaben ist konsistent mit den damaligen MDG, den SDG der gegenwärtigen Agenda 2030 und dem Pariser Klimaabkommen (siehe *Relevanz - Ausrichtung an Politiken und Prioritäten / Agenda 2030*).

6. Externe Kohärenz

Das Vorhaben griff die Ausbaupläne der brasilianischen Regierung auf. Gemäß Programmvorschlag griff das Vorhaben zudem das Ansinnen der brasilianischen Regierung einer „grünen WM“ auf.

Auch mit dem vorgesehenen Träger CEMIG als zweitgrößtem Energieversorgungsunternehmens Brasiliens und zentralem Akteur zum Ausbau von Erneuerbaren Energien (siehe *Angemessenheit der Konzeption*), zielte das Vorhaben darauf ab, dessen Eigenanstrengungen zu unterstützen (siehe *Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungs-politischen Veränderungen*) und bestehende nationale Strukturen zu nutzen.

Eine direkte Koordination zwischen den Geberinstitutionen im Sinne einer internen Abstimmung zur Gestaltung ihrer Beiträge wurde und wird bis heute von brasilianischer Seite nicht gewünscht. Vielmehr bestehen die Partner auf brasilianischer Seite auf die Formulierung der Unterstützungsbedarfe gegenüber den einzelnen Gebern und gestalten diese jeweils bilateral. Auf Aktivitätenebene besteht dagegen ein enger Austausch zwischen den Gebern, der von brasilianischer Seite auch nicht in Frage gestellt wird.

Zusammenfassung der Benotung:

Das Vorhaben fügte sich in die Länderstrategie und den Schwerpunkt Energie ein, wirkte komplementär zum Engagement der EZ-Instrumente und war geprägt von einer engen Zusammenarbeit von TZ und FZ. Ebenso ergänzte und unterstützte das Vorhaben die Eigenanstrengungen Brasiliens und nutzte bestehende nationale Strukturen. Die Kohärenz wird daher als erfolgreich erachtet.

Kohärenz: 2

³ Das brasilianische Instituto IDEAL (<https://institutoideal.org>) wurde 2007 als privates non-profit Institut gegründet mit dem Ziel Erneuerbare Energien in Lateinamerika zu fördern.

Effektivität

7. Erreichung der (intendierten) Ziele

Das der EPE zugrunde gelegte Ziel auf Outcome-Ebene war es, eine öffentlichkeitswirksame Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Fußball-WM 2014 Austragungsortes zu installieren und zu betreiben.

Die Erreichung des Ziels auf Outcome-Ebene kann wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle Zielerreichung Outcome:

Indikator	Status bei PP	Zielwert lt. PP/EPE	Ist-Wert bei EPE
(1) Installierte Kapazität der PV-Dachanlagen (kWp)	0	>1.200 (PP/EPE) (Mineirão ~810) (Mineirinho ~560)	1.420 Erfüllt
(2) Jährliche Stromerzeugung der PV-Dachanlagen (MWh/Jahr)	0	1.900 (PP/EPE)	1.274 (Ø 2020-22) bzw. 1.505 (Ø 2015-22) Nicht erfüllt
(3) Verfügbarkeit (%)	0	>95 (EPE)	93,7 (Ø 11/2020 - 10/2023) 97,8 (Ø 01/2023 - 10/2023) Teilweise erfüllt

8. Beitrag zur Erreichung der Ziele

Entgegen der ursprünglichen Planung wurde nur die PV-Dachanlage auf dem Stadion Mineirão implementiert. Der Fokus lag denkrichtig auf der zeitkritischen Implementierung der PV-Dachanlage auf dem WM 2014 Stadion Mineirão (Beginn der Implementierung erst Ende 2012). Mit der Installation und dem Betrieb der PV-Dachanlage auf dem Mineirão wurde der intendierte Hauptoutput einer öffentlichkeitswirksamen PV-Dachanlage auf einem WM-Austragungsort durch welche zur Verbreitung und zum Ausbau von Photovoltaik (Impact) beigetragen werden sollte, erreicht. Das Stadion Mineirão war der erste Austragungsort der Fußball-WM 2014 mit einer PV-Dachanlage und zum Zeitpunkt ihres Baus die größte Photovoltaikanlage der Welt, die auf dem Dach eines Stadions errichtet wurde. Betrachtete alternative öffentlichkeitswirksame Standorte für die zweite PV-Dachanlage kamen letztlich mangels Mindestrentabilität nicht zum Zuge. Ebenso entfielen die Energieeffizienzmaßnahmen (siehe *Relevanz - Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit*).

Hinsichtlich der Erreichung der Indikatorzielwerte zeigt sich ein gemischtes Bild:

Obwohl die PV-Dachanlage auf dem Sportkomplex Mineirinho entfiel und nur die PV-Dachanlage auf dem Mineirão implementiert wurde, wurden der Zielwert des Indikators 1 (installierte Kapazität) dennoch erreicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass anstelle von Dünnschichtmodulen leistungsstärkere polykristalline Module auf dem Mineirão verbaut werden konnten (siehe *Relevanz - Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit*).

Die jährliche Stromerzeugung der zwei PV-Dachanlagen (Indikator 2) bleibt dennoch mit nur einer PV-Dachanlage auf dem Mineirão hinter dem Zielwert der Programmprüfung zurück, der basierend auf zwei PV-Dachanlagen geschätzt wurde. Mit Blick auf die Erzeugung ist allerdings anzumerken, dass die Zielerreichung des Indikators (2) auch hinter der Simulation des EPC-Auftragnehmers für die PV-Dachanlage auf dem Mineirão zurückbleibt, welche für das Mineirão als Folge des Verbaus leistungsstärkerer Module auf eine jährliche Erzeugung von knapp 1.800 MWh/Jahr kam. Dass trotz der Zielerreichung der installierten Kapazität die Erzeugung unter der geschätzten Erzeugung der PP sowie der Simulation liegt, ist nicht der erwartbaren technischen Degradation zu attribuieren, sondern lassen auf Optimierungspotenziale des Anlagenbetriebs schließen (siehe *Nachhaltigkeit - Dauerhaftigkeit von Wirkungen über die Zeit*). und ist auch auf die architektonisch bedingte Verschattung auf dem Mineirão zurückzuführen – welche bei der Simulation des EPC-Auftragnehmers nicht berücksichtigt wurde. Durch die elliptische Form des Stadions und der jeweils unterschiedlichen Ausrichtung zur Sonne und Abschattung, weist die Anlage, im Gegensatz zu herkömmlichen Anlagen mit meist nur einer Ausrichtung, 88 verschiedene PV-Einzelanlagen mit unterschiedlichen Ausrichtungen auf. Durch aktives Schattenmanagement hätte die Erzeugung höher liegen können.

Potenzial für die Steigerung der Erzeugung der PV-Dachanlage des Mineirão liegt in der regelmäßigen Reinigung der Module. Da keine Einrichtung zur Beförderung von Wasser auf das Stadiondach im Rahmen des Vorhabens vorgesehen war, muss aufwändig Wasser mit Tanklastwagen angefahren und durch mobile temporäre Pumpen und Behälter auf das Stadiondach befördert werden. Zu beobachten war eine unregelmäßige Reinigung der PV-Dachanlage, die damit im Zusammenhang stehen dürfte. Veröffentlichten Studien unter Beteiligung von Mitarbeitern der CEMIG zufolge wird hierdurch die Erzeugung in der Trockenzeit um ca. 16,5 % und in der Regenzeit um ca. 8 % verringert.⁴

Dass die PV-Dachanlage hinter ihren eigentlichen technischen Möglichkeiten zurückbleibt, kommt auch im Nicht-Erreichen der Zielwerte der Indikatoren 2 (jährliche Stromerzeugung) und 3 (Verfügbarkeit) zum Ausdruck. Die durchschnittliche Verfügbarkeit für den Zeitraum 11/2020 bis 10/2023 entspricht nicht dem internationalen Standard für vergleichbare Photovoltaikanlagen. Klammert man bei der Berechnung der Verfügbarkeit die Monate, in denen die PV-Dachanlage des Mineirão aufgrund von Großereignissen (wie der wiederholten Unterbrechung der Stromversorgung des Verteilnetzes aufgrund von Spannungsschwankungen) abgeschaltet war, aus, liegt die Verfügbarkeit bei rund 95 % – was für diese Anlage als akzeptabel erachtet wird. Im Jahr 2023 bis zur EPE (Januar bis Oktober), beträgt die Verfügbarkeit 97,8 %. Die CEMIG strebt bei PV-Dachanlage Mineirão eine Verfügbarkeit von 95 % an, entsprechend ihrer internen Richtlinien. In der Gesamtschau wird daher die Verfügbarkeit als teilweise erfüllt erachtet.

Angesichts der großen Öffentlichkeitswirksamkeit der PV-Dachanlage auf dem Mineirão tritt die Erreichung der in den Indikatoren technischen Betriebsdaten sowie die tatsächliche Stromerzeugung in den Hintergrund bzw. überwiegen die positiven Effekte.

9. Qualität der Implementierung

Die Qualität der Steuerung und Implementierung durch alle Projektbeteiligten war zielorientiert und geprägt von sehr hohem persönlichem Engagement, um die Fertigstellung vor der WM 2014 sicher zu stellen. Angesichts des Zeitdrucks ist es nachvollziehbar, dass der Fokus zunächst auf dem Mineirão und nicht bei den alternativen Standorten der zweiten PV-Dachanlage lag.

10. Nicht-intendierte Wirkungen (positiv oder negativ)

Weder in der Bau- noch in der Betriebsphase wurden negative nicht-intendierte Wirkungen für Mensch und Umwelt festgestellt. Es handelt sich bei der auf einem Bestandsgebäude installierten PV-Dachanlage um Maßnahmen mit minimalen Auswirkungen. Dies kommt auch darin zum Ausdruck, dass es in für den Betrieb inzwischen keiner Umweltlizenz mehr bedarf. Die erforderlichen (vereinfachten) Umweltlizenzen für Bau und Betrieb wurden ordnungsgemäß eingeholt.

Zusammenfassung der Benotung

Die PV-Dachanlage des Mineirão erfüllt vollumfänglich die gesteckten Ziele der Öffentlichkeitswirksamkeit. Ferner waren Steuerung und Implementierung von sehr hohem Engagement geprägt. Daher wird trotz gemischter Indikatorziel-erreichung die Effektivität insgesamt als eingeschränkt erfolgreich erachtet.

Effektivität: 3

Effizienz

11. Produktionseffizienz

Bei PP (2011) wurden die Gesamtkosten des Vorhabens auf 14,25 Mio. Euro geschätzt. Die finalen Gesamtkosten des Vorhabens lagen bei 4,28 Mio. EUR. Der deutliche Unterschied ist v.a. auf die Umsetzung nur einer PV-Dachanlage auf dem Mineirão und auf den Wegfall der Energieeffizienzmaßnahmen (siehe Relevanz - *Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit*) sowie auf die bereits vor Beginn des Vorhabens umgesetzten Netzmaßnahmen zur Anbindung des Stadions zurückzuführen. Diese hatte CEMIG bereits ausgeführt, um die für den Umbau des Stadions nötige elektrische Energie bereitzustellen. Ebenso fielen die Kosten für die Consultingleistungen deutlich geringer aus. Die Consultingkosten werden als angemessen erachtet.

⁴ Field I-V Curve Measurements Methodology at String Level to Monitor Failures and the Degradation Process: A Case Study of a 1.42 MWp PV Power Plant, December 2020" sowie "Analysis of the soiling effect on the performance of photovoltaic modules on a soccer stadium in Minas Gerais" (2018).

Die Kosten⁵ für die PV-Dachanlagen des Mineirão (Vor- und Hauptdach) sowie des Mineirinho wurden damals auf insgesamt 5,65 Mio. EUR geschätzt. Die finalen Kosten⁵ für die Implementierung der PV-Dachanlage auf dem Mineirão beliefen sich auf 4,22 Mio. EUR⁶. Damit liegen die finalen Kosten für die Photovoltaikkomponente deutlich unter den bei PP geschätzten Kosten.

Aus den finalen Kosten ergeben sich spezifische Kosten i.H.v. 2,973 Mio. EUR/MW. Dieser Wert ist in der Bandbreite damaliger internationaler Durchschnitt (2012). Die spezifischen Kosten werden angesichts der herausfordernden örtlichen Bedingungen für die PV-Anlage auf dem Mineirão, der Anlagengröße, der zusätzlichen Abdichtungsarbeiten und Schwierigkeiten bei der Montage als angemessen betrachtet, insbesondere unter der Berücksichtigung, dass die Arbeiten international ausgeschrieben wurden.

Die PV-Dachanlage wurde wie intendiert vor der WM 2014 fertiggestellt. Diese sollte schon 2013 zum Confederation Soccer Cup in Betrieb genommen werden. Die Maßnahmen wurden zwar weitestgehend vor dem Confederation Soccer Cup fertiggestellt und eingeweiht, allerdings konnte die Anlage erst später, aber noch rechtzeitig vor der WM 2014, in Betrieb genommen werden, da es Probleme beim Netzanschluss (Transformatorprobleme) gab, für deren Behebung ein Transformator in Einzelanfertigung notwendig war.

12. Allokationseffizienz

Die erzeugte Energie wird auf dem freien Markt (ACL) verkauft. Aufgrund der monatlichen Schwankungen bei der Erzeugung wird der erzeugte Strom nicht vertraglich gebunden an einen bestimmten Kunden verkauft, sondern auf monatlicher Basis Lieferverträgen mit Kunden zugeordnet, die staatlich geförderte Energie aus Erneuerbaren Energien kaufen.

Der durchschnittliche jährliche Verkaufspreis für den Zeitraum 2015-2023 betrug 277,88 R\$/MWh. Dies entspricht bei einem durchschnittlichen mehrjährigen Wechselkurs etwa 60 EUR/MWh. Nach überschlägigen Berechnungen im Rahmen der EPE liegen die aktualisierten dynamischen Gestehungskosten (LCOE) auf Basis der wichtigsten von CEMIG zur Verfügung gestellten Daten bei rund 317 EUR/MWh. Diese übersteigen deutlich den durchschnittlichen jährlichen Verkaufspreis.

Nach den Berechnungen der CEMIG ist die reale interne Verzinsung (IRR) leicht negativ. Da das Finanzmodell der CEMIG nicht extern geteilt werden darf, wurde im Rahmen der EPE eine vereinfachte Berechnung durchgeführt. Demnach wäre die IRR stärker negativ als die von CEMIG berechnete. Faktoren, die zur negativen IRR beitrugen, waren die damals hohen spezifischen Kosten von Photovoltaik (nicht wettbewerbsfähig mit anderen erneuerbaren Energiequellen wie z.B. Wind), der starke Rückgang der Stromproduktion und die starke Abwertung des BRL gegenüber dem EUR (Rückzahlung in EUR). Angesichts der Größe und Leistungsfähigkeit der CEMIG ist dennoch von der ausreichenden Mittelbereitstellung für Betrieb, Wartung und Ersatzbeschaffungen auszugehen.

Es war für die Verbreitung einer damals in Brasilien nahezu komplett ungenutzten Technologie bei zugleich damals noch hohen spezifischen Kosten von Photovoltaik nicht von einer einzelwirtschaftlichen Rentabilität auszugehen. Außerdem ist mit Blick auf die Rentabilität hervorzuheben, dass diese für CEMIG bei der PV-Dachanlage auf dem Mineirão nicht im Vordergrund stand, sondern der Innovationscharakter des Vorhabens, das Sammeln von Know-How und Erfahrungen mit der Technologie von PV-Großanlagen, der Kommerzialisierung der PV-Energie sowie das Marketing als innovatives Energieversorgungsunternehmen und Pionier auf dem Gebiet der PV-Anlagen.

Anders als die einzelwirtschaftliche Perspektive auf Ebene der CEMIG wird das Vorhaben aus makroökonomischer Sicht dennoch als effizient erachtet, da es als Leuchtturmprojekt in der brasilianischen PV-Stromerzeugung dazu beigetragen hat, eine (großtechnische) Photovoltaik-Technologie und deren großes Potenzial bekannt zu machen und zu Breitenwirksamkeit beitrug (siehe *Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen*). Die plausible Breitenwirksamkeit führte zu weitaus größeren Wirkungen als die direkten mess- und quantifizierbaren Wirkungen des Vorhabens auf Effektivitäts- und Impactebene.

Letztlich wurden nur 3,74 Mio. EUR von insgesamt 10 Mio. EUR im Rahmen des Vorhabens ausgeschöpft, da die Energieeffizienzmaßnahmen sowie eine zweite PV-Dachanlage entfielen (siehe Relevanz - *Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit*). Der FZ-Entwicklungskredit wurde auf Wunsch der CEMIG entsprechend um

⁵ Inklusive Wechselrichter, Verkabelung einschließlich interner Netzanschluss, Schutz- und Steuerung, Transport, Versicherung, Planung, Baustelleneinrichtung, Installation, Inbetriebnahme, erweiterter Garantiefumfang, Consultingkosten und Training.

⁶ Der Unterschied zu den o.g. finalen Kosten i.H.v. 4,28 Mio. EUR ergibt sich aus einer Kleinmaßnahme (Beschaffung von 6 Elektroaus).

6,26 Mio. EUR gekürzt. Angesichts der über das Vorhaben hinausgehenden Wirkungen fällt die Nicht-Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden Mittel und hierdurch potenziell entgangener Wirkungen nicht ins Gewicht.

Zusammenfassung der Benotung

Eine unzureichende bzw. negative Rentabilität sind bei Verbreitung und Etablierung von Technologien angesichts der intendierten längerfristigen gesamtwirtschaftlichen Wirkungen hinnehmbar bzw. unvermeidbar. Daher wird die Effizienz, trotz negativer interner Verzinsung aufgrund der guten Produktionseffizienz sowie der von dem Leuchtturmvorhaben ausgehenden gesamtwirtschaftlichen Wirkungen insgesamt als eingeschränkt erfolgreich erachtet.

Effizienz: 3

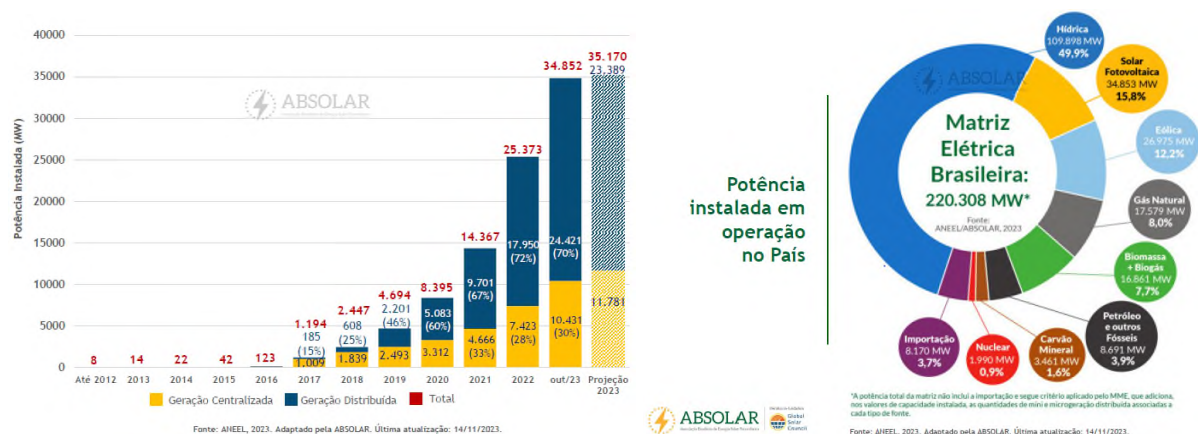
Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen

13. Übergeordnete (intendierte) entwicklungspolitische Veränderungen

Das im Rahmen der EPE zugrunde gelegte Ziel auf Impact-Ebene war es, zur Verbreitung und zum Ausbau von Photovoltaik sowie zum Klimaschutz beizutragen.

Nachdem das Solarpotenzial Brasiliens bis 2013 faktisch ungenutzt war, hat sich der Photovoltaiksektor seitdem fulminant entwickelt. Brasilien lag beim jährlichen Zubau installierter Leistung i.H.v. 9,9 GW im Jahr 2022 an sechster Stelle weltweit und an zehnter Stelle bzgl. der gesamten installierten PV-Kapazität. Im Jahr 2023 machte Photovoltaik knapp 16 % (~ 35 GW) der brasilianischen Erzeugungskapazitäten aus (Abbildung 2). Der Bundesstaat Minas Gerais (Standort des Vorhabens) gehört hinsichtlich der installierten PV-Kapazitäten zu den Spitzenreitern unter den brasilianischen Bundesstaaten. Der brasilianischer Verband für Photovoltaik und Solarenergie (ABSOLAR) schätzt, dass seit 2012 der Photovoltaiksektor akkumuliert mehr als 1 Million Arbeitsplätze geschaffen hat.

Abbildung 2: Entwicklung der PV und Installierte Kraftwerkskapazitäten (2022) in Brasilien



Quelle: Darstellung ABSOLAR auf Basis von Daten der Regulierungsbehörde ANEEL

Hierzu trugen auch die zugunsten der Förderung von Photovoltaik umfangreich angepassten regulatorischen Rahmenbedingungen bei. Das 2023 in Kraft getretene Gesetz zur dezentralen Stromversorgung aus Photovoltaik (Lei 14.300/2022) schafft eine größere Rechtsicherheit für Bestands- und Neuanlagen und regelt die Beteiligung für Neuanlagen an den Netzkosten. Die Verabschiedung hat den PV-Boom verstärkt, da viele Investoren die derzeit sehr günstigen Einspeisebedingungen nutzen möchten. Das Gesetz sichert damit auch langfristig den Zubau von PV. Dies spiegelt sich auch im Zehnjahresplan für die Energiesektorentwicklung (Plano Decenal de Expansão de Energia, PDE) 2022-2031 wider, wo von einem Ausbau der dezentralen PV von 37 GW ausgegangen wird (von 9 GW, 31.12.2021).

Sowohl die Investitionskosten als auch die Betriebskosten von Photovoltaikanlagen sind stark gesunken und lagen damit auch innerhalb der internationalen Bandbreiten.⁷

⁷ Brasilianische Energieforschungsgesellschaft - EPE: Caderno de Preços de Geração (Erscheinungsjahr 2021)

Photovoltaik steht damit in Brasilien mit Windkraft im direkten Wettbewerb als günstigste Erzeugungsquelle. Eine vergleichende Analyse der brasilianischen Energieforschungsgesellschaft zeigt, dass Windkraftprojekte zwar einen niedrigeren durchschnittlichen Investitionswert in R\$/kW haben als Photovoltaikprojekte, letztere jedoch im Vergleich zu Windkraftanlagen niedrigere durchschnittliche Betriebs- und Wartungskosten aufweisen. Daher hängt (im brasilianischen Kontext) die Wettbewerbsfähigkeit zwischen den beiden Energiequellen von anderen Kosten und Ausgaben, Vermarktungsstrategien sowie der Kapitalstruktur und -kosten ab.⁸

Die Erreichung des unmittelbaren Ziels auf Impact-Ebene wird in der Tabelle Zielerreichung Impact dargestellt. Über diese direkt messbaren Wirkungen der PV-Dachanlage hinaus wird im Abschnitt *Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen* die Zielerreichung qualitativ bewertet.

Tabelle Zielerreichung Impact:

Indikator	Status PP	Zielwert EPE	Ist-Wert bei EPE
Vermiedene CO ₂ -Emissionen (t/Jahr)	0	629 ¹⁾ und ²⁾	642 ³⁾ Erfüllt

¹⁾ Berechnung des CO₂-Koeffizienten auf Basis von IGES (Combined Margin 2007-2009: 0,279 t CO₂/MWh)

²⁾ Geschätzte Erzeugung von UFV Mineirão und UFV Mineirinho (~1.900 MWh)

³⁾ Berechnung auf Basis der Bruttoproduktion (2015-2022) und der entsprechenden CO₂-Koeffizienten von IGES (Combined Margin 2015-2022: 0,428 t CO₂/MWh)

14. Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen

Das Vorhaben trägt durch den Zubau von Stromerzeugungskapazitäten aus Photovoltaik zur Vermeidung von CO₂-Emissionen und somit zum übergeordneten entwicklungspolitischen Ziel des Umwelt- und Klimaschutzes bei: Obwohl die zweite PV-Dachanlage nicht umgesetzt wurde und die Stromerzeugung hinter dem Zielwert zurückbleibt (siehe *Effektivität - Beitrag zur Erreichung der Ziele*), wird der Zielwert bzgl. der Vermeidung von CO₂-Emissionen (t/Jahr) erreicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der CO₂-Koeffizient (grid emission factor) gegenüber dem Wert bei PP gestiegen ist (siehe weiter unten). Allein durch die PV-Dachanlage auf dem Mineirão wäre ohne den Anstieg des CO₂-Koeffizienten der Zielwert nicht erreicht worden. Mit einer zweiten PV-Dachanlage wären die vermiedenen CO₂-Emissionen höher als der o.g. Ist-Wert bei EPE ausgefallen.

Die übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen gehen jedoch über diese direkten und quantifizierbaren CO₂-Einsparungen hinaus. Sie ergeben sich aus dem intendierten Impuls für die Verbreitung der Nutzung und dem induzierten Ausbau von Photovoltaik. Diese können allerdings nur deskriptiv bewertet werden.

Wie unter dem vorherigen Abschnitt *Übergeordnete (intendierte) entwicklungspolitische Veränderungen* dargestellt, hat sich der brasilianische Photovoltaiksektor fulminant entwickelt. Gemäß Programmvorschlag lag die Erzeugungskapazität aus Photovoltaik zum Zeitpunkt der PP lediglich bei 0,17 MW_p. Durch das evaluierte Vorhaben „Solar-WM 2014“ im Zusammenspiel mit dem ebenso FZ-finanzierten Vorhaben „Solar Pilotprojekt Brasilien“ wurden allein 2,42 MW_p zugebaut.

Im Rahmen der Fußball-WM 2014, der Olympischen Spiele 2016 sowie darüber hinaus erfuhr die PV-Anlage auf dem Mineirão viel Aufmerksamkeit in den Medien sowie in der Fachwelt, u.a. auf Konferenzen und in der Literatur (u.a. auch in Studien unter Beteiligung von Mitarbeitern der CEMIG). Ferner war die PV-Dachanlage auf dem Stadion Mineirão Gegenstand mehrerer Doktorarbeiten und Masterstudien. Noch heute gilt die PV-Anlage als Referenzprojekt und wurde bzw. wird von Universitäten und Fachleuten, die sich für Photovoltaik interessieren, besucht. Bemerkenswert ist, dass die PV-Anlage seinerzeit die erste PV-Dachanlage auf einem brasilianischen WM-Stadion⁹ und die weltweit größte Stadion-PV-Dachanlage war.

In Interviews mit Pionieren und langjährigen Kennern des brasilianischen Energiesektors wurde bestätigt, dass von der Öffentlichkeitswirksamkeit des Vorhabens wichtige Impulse für die Entwicklung des brasilianischen Photovoltaiksektors ausgegangen sind. Neben dem o.g. für sich allein sprechenden inzwischen beträchtlichen Anteil von

⁸ Brasilianische Energieforschungsgesellschaft - EPE: Caderno de Preços de Geração (Erscheinungsjahr 2021)

⁹ In Recife wurde eine 1 MW Anlage neben das WM-Stadion und auf dem WM-Stadion Maracanã in Rio de Janeiro eine PV-Dachanlage mit einer Kapazität von ~0,4 MW installiert.

Photovoltaik an den brasilianischen Erzeugungskapazitäten wurde ferner bestätigt, dass Photovoltaik sowie das entsprechende Know-How etabliert und somit Marketing dafür inzwischen häufig sei.

Auch bei der CEMIG ist eine beeindruckende Entwicklung der Erzeugungskapazitäten mit Photovoltaik zu beobachten. Zum Zeitpunkt der EPE lag der Anteil von PV an der gesamten Erzeugungskapazität (~5.300 GW) nur bei 1 % (~56 MW_p), allerdings plant CEMIG bis 2027 insgesamt 1.800 MW_p¹⁰ an PV-Kapazitäten zu installieren. Bis Ende 2023 war vorgesehen weitere 170 MW_p in Betrieb zu nehmen. Ferner hat CEMIG die Genehmigung für weitere PV-Großanlagen erhalten. Diese sind schwimmende PV-Anlagen mit einer Gesamtkapazität von rund 270 MW_p und sollen bis 2025 bzw. 2026 umgesetzt werden. Damit hatte das Vorhaben über die sektorale Breitenwirksamkeit hinaus auch unmittelbare Wirkungen auf CEMIG.

Die von CEMIG intendierten Effekte des Sammelns von Know-How und Erfahrungen mit der Technologie von Photovoltaik-Großanlagen, der Kommerzialisierung der Photovoltaik-Energie sowie des Marketings als innovatives Energieversorgungsunternehmen sind eingetreten.

Die plausiblen Demonstrationseffekte des Vorhabens tragen somit sowohl direkt durch die PV-Dachanlage des Mineirão also auch durch den Impuls für den Zubau weiter PV-Kapazitäten zur Vermeidung von CO₂-Emissionen und somit zum EZ-Programm bei, welches u.a. zum Ziel hat Treibhausgasemissionen bei der Energieerzeugung zu reduzieren.

Im Kontext der Wasserkrise (2021), die neben Kapazitätsengpässen in der Energieerzeugung zu erhöhtem Einsatz thermischer Kraftwerke führte, stieg der CO₂-Koeffizient Brasiliens wieder. Nach vorne blickend ist es auch nach der Überwindung der Wasserkrise (2021) weiterhin unerlässlich, die brasilianische Energieversorgung zu diversifizieren, um zukünftige Krisen zu vermeiden, die, angesichts der Tatsache, dass die Stromerzeugung bzw. der Ausbau aus Großwasserkraftwerken nicht mehr verlässlich planbar ist, zum erneuten (temporären) Anstieg fossiler Stromerzeugung führen würden. Hierzu leistet Photovoltaik gemeinsam mit Windkraft einen wichtigen Beitrag.

15. Beitrag zu übergeordneten (nicht-intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen

Es sind im Rahmen der EPE keine (nicht-intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen feststellbar.

Zusammenfassung der Benotung

Der brasilianische Photovoltaiksektor hat sich eindrucksvoll seit PP entwickelt - sowohl hinsichtlich der installierten Kapazität als auch hinsichtlich der regulatorischen Änderungen zugunsten von Photovoltaik - und steht im direkten Wettbewerb mit Windkraft als günstigste Erzeugungsquelle. Neben den direkten durch die PV-Dachanlage des Mineirão vermiedenen CO₂-Emissionen (t/Jahr) trug das Vorhaben als prominenter Mosaikstein zur Entwicklung des brasilianischen Photovoltaiksektors allgemein sowie zur Ausweitung der Photovoltaikkapazitäten des Trägers bei. Insgesamt werden die übergeordneten entwicklungspolitischen Wirkungen des Vorhabens als erfolgreich bewertet.

Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen: 2

Nachhaltigkeit

16. Kapazitäten der Beteiligten und Betroffenen

Der Projektträger CEMIG ist wirtschaftlich, personell und organisatorisch solide aufgestellt. Die Professionalität und das Ausbildungsniveau der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist hoch. Das Selbstverständnis und Auftreten von CEMIG ist von Motivation und Ownership geprägt. Dies zeigt sich auch in der o.g. eigenständigen Entwicklung und Implementierung weiterer PV-Großanlagen (siehe *Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen*).

Angesichts der inzwischen umfangreichen Erfahrungen hat CEMIG eine gute Resilienz aufgebaut, um auf technische Probleme adäquat zu reagieren. Ebenso ist trotz stark schwankender Stromverkaufspreise angesichts der Größe von CEMIG auch von einer hinreichenden finanziellen Resilienz auszugehen.

¹⁰ CEMIG GT und CEMIG SIM.

17. Beitrag zur Unterstützung nachhaltiger Kapazitäten

Das für den Betrieb und die Wartung zuständige Personal von CEMIG erhielt eine zweiwöchige Schulung durch den EPC-Auftragnehmer sowie ein laufendes „on-the-job-training“.

Vor der Durchführung des Projekts hatte die CEMIG nur wenig Erfahrung im Bereich der Photovoltaikanlagen. Durch das Vorhaben wurde das Know-How und die Erfahrung bzgl. Photovoltaik vertieft, insbesondere im Hinblick auf die technischen Anforderungen.

Das Vorhaben hat zur Diversifizierung der Erzeugungskapazitäten von CEMIG und den Impuls für den weiteren Ausbau von Photovoltaik zur Energiesicherheit für die Stromverbraucher beigetragen. Dies ist insbesondere mit Blick auf den Klimawandel von Bedeutung (siehe *Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen*).

18. Dauerhaftigkeit von Wirkungen über die Zeit

Die Qualität der PV-Dachanlage und weiterer technischer Ausrüstung ist von hoher Qualität. Die Anzahl der Schäden von der Inbetriebnahme bis heute wird als normal und unauffällig erachtet.

Eventuelle Betriebsstörungen werden von der CEMIG behoben, auch wenn der Verfügbarkeitsfaktor etwas unter dem Durchschnitt vergleichbarer PV-Anlagen liegt. Allerdings gibt es Einschränkungen beim Zugang zum Mineirão (bei Events oder an Wochenenden), so dass Reparaturen mitunter nicht sofort durchgeführt werden können - was sich demnach auf die Verfügbarkeit der Anlage auswirkt.

Der Betrieb und die Wartung wurden in den ersten zwei Jahren auf der Grundlage eines Servicevertrags durch den EPC-Auftragnehmer durchgeführt; seitdem werden sie von Mitarbeitern der CEMIG übernommen. Sowohl der Betrieb als auch die Wartung durch CEMIG entsprechen den höchsten Standards (Best International Engineering Practice) und werden mit einer angemessenen Personalstruktur durchgeführt.

Seit Inbetriebnahme gab es Probleme mit dem SCADA System und der Verfügbarkeit von Daten. CEMIG bemüht sich weiter um eine Lösung, die aber durch speziell erforderliche Zugangs-codes für Einstellungen erschwert wird und durch den zwischenzeitlichen Kauf des damaligen EPC-Auftragnehmers beeinträchtigt wird.

Mit Blick auf den Betrieb und Wartung gibt es Optimierungspotenzial. Hieraus kann auch für andere PV-Anlagen bzw. Anlagenplanung gelernt werden. Dies umfasst u.a.: periodische Leistungsanalysen (alle zwei Jahre), die Erhöhung der Verfügbarkeit der PV-Anlage auf mindestens 95 – 97 % durch regelmäßige halbjährliche Berechnung des Leistungsfaktors (PR) der Anlage und entsprechende Betriebsmaßnahmen, regelmäßige Reinigung der Module zweimal im Jahr (siehe *Effektivität - Beitrag zur Erreichung der Ziele*), Analyse der Degradation der PV-Module sowie die Bündelung und Validierung aller Informationen (finanziell, technisch, operativ und wartungsseitig). Gerade die Durchführung regelmäßiger Degradationsanalysen und deren Berücksichtigung in der Modulgarantie für einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren ist mit Blick auf zukünftige PV-Anlagen eine wirksame Maßnahme.

Insgesamt lassen die Professionalität und das ausgeprägte Ownership seitens CEMIG sowie die Betriebsdaten und ständiges Monitoring der Anlage auf einen nachhaltigen Betrieb und das Erreichen der technischen Lebensdauer (25 Jahre) schließen.

Zusammenfassung der Benotung

Die wirtschaftlich, personell und organisatorisch solide Aufstellung des Trägers und seine gewachsene Expertise und Professionalität lassen auf einen nachhaltigen Betrieb und nachhaltige Wirkungen der PV-Dachanlage des Mineirão schließen. Die Nachhaltigkeit wird daher als erfolgreich bewertet.

Nachhaltigkeit: 2

Gesamtbewertung

Der Ansatz des Vorhabens griff die damals weltweit präsente Aufbruchsstimmung hinsichtlich Photovoltaik auf und war für den brasilianischen Kontext seiner Zeit voraus. Die Intention, die Fußballweltmeisterschaft 2014 als Vehikel für das Marketing von Photovoltaik zu wählen und eine PV-Anlage auf einem Austragungsort der Fußball-WM 2014 zu installieren, war konzeptionell ausgezeichnet. Mit Blick auf die Öffentlichkeitswirksamkeit war das Stadion Mineirão, welches damals das zweitgrößte Stadion Brasiliens und ein landesweit bekannter Veranstaltungsort war, ein exzellenter Standort, um in Medien, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft auf Photovoltaik aufmerksam zu machen und die Verbreitung und verstärkte Nutzung dieser Technologie zu fördern. Diese Aspekte waren ausschlaggebend für die sehr erfolgreiche Bewertung des OECD DAC-Kriterium Relevanz. Der Ansatz des Vorhabens hat sich bewährt, da das Vorhaben durch seine Breitenwirksamkeit plausibel als Mosaikstein zur Entwicklung des brasilianischen Photovoltaiksektors beitrug, was in der erfolgreichen Bewertung des OECD DAC-Kriteriums übergeordnete entwicklungspolitischen Wirkungen zum Ausdruck kommt. In dieses Bild passen sich auch die als gegeben erachtete Nachhaltigkeit sowie die erfolgreiche Kohärenz ein. Letztere zeichnet sich durch die Einbettung in die Länderstrategie und den Schwerpunkt Energie sowie durch die Komplementarität von EZ-Instrumenten und brasilianischen Eigenanstrengungen aus.

Die sehr erfolgreiche Bewertung der Relevanz bzw. die erfolgreichen Bewertungen der Kohärenz, der übergeordneten entwicklungspolitischen Wirkungen und der Nachhaltigkeit wiegen die durch die gemischte Indikatorzielerreichung eingeschränkt erfolgreiche Effektivität und die durch die negative Rentabilität eingeschränkt erfolgreiche Effizienz auf und sind ausschlaggebend für die insgesamt erfolgreiche Bewertung des Vorhabens.

Beiträge zur Agenda 2030

Die Weltgemeinschaft hat sich auf die Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Agenda 2030 (UN, 2015) und die Umsetzung des Pariser Klimaabkommens verständigt (UNFCCC, 2015). SDG 13 zum Klimaschutz umfasst Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und SDG 7 beinhaltet Maßnahmen, die den Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern. Ziel des Pariser Abkommens ist die Begrenzung der Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2°C und möglichst unter 1,5°C. Mit der Erzeugung aus Erneuerbaren Energien und der Vermeidung von CO₂-Emissionen trägt das Vorhaben zu den o.g. SDGs bei, da die Integration und Verbreitung von Erneuerbaren Energien sowohl direkten Einfluss auf den Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie als auch auf die allgemeine Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen hat. Letztlich wird mit dem Ausbau von Erneuerbaren Energien als kosteneffiziente Alternative bei zunehmendem Energiebedarf auch zu einer ökologisch nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung beigetragen (SDG 8). Durch die „Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung“ mit dem Globalen Partnerland Brasilien, in welche sich das Vorhaben einfügt, wird darüber hinaus ein Beitrag zu Partnerschaften zur Erreichung der Ziele (SDG 17) geleistet. Im Hinblick auf Dürreperioden, welche aufgrund des Klimawandels zukünftig häufiger zu erwarten sind, leistet das Vorhaben durch die Komplementarität der Photovoltaik zur Wasserkraft auch einen Beitrag zur Resilienz der Energieinfrastruktur (SDG 9).

Projektspezifische Stärken und Schwächen sowie projektübergreifende Schlussfolgerungen und Lessons Learned

Zu den Stärken und Schwächen des Vorhabens zählen insbesondere:

- Der Ansatz des Vorhabens griff die damals weltweit präsenten Aufbruchsstimmung hinsichtlich Photovoltaik auf und war für den brasilianischen Kontext seiner Zeit voraus.
- Die Intention, die Fußballweltmeisterschaft 2014 als Vehikel für das Marketing von Photovoltaik zu wählen und eine PV-Anlage auf einem Austragungsort der WM 2014 zu installieren, war konzeptionell ausgezeichnet.
- Mit Blick auf die Öffentlichkeitswirksamkeit war das Stadion Mineirão als damals zweitgrößtes Stadion Brasiliens und landesweit bekannter Veranstaltungsort, ein exzellenter Standort, um in Medien, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft auf Photovoltaik aufmerksam zu machen und die Verbreitung und verstärkte Nutzung dieser Technologie zu fördern.
- Retrospektiv zeigte sich, dass die Stromerzeugung deutlich von Schmutz auf den Modulen beeinträchtigt wird. Die Planung hatte keine Einrichtung zur Beförderung von Wasser auf das Stadionsdach vorgesehen. In der Konsequenz führt die aufwändige Wasserbeschaffung zu einer unregelmäßigen Reinigung der Module.
- Durch die Dacharchitektur/-konstruktion und die elliptische Form des Stadions ist die PV-Dachanlage ganztätig stark von Verschattung und damit von einer verringerten Erzeugung betroffen. Ein aktives Schattenmanagement war in der Planung nicht vorgesehen.
- Der Fokus des Vorhabens lag schlüssig auf der Förderung der Verbreitung von Photovoltaik in den brasilianischen Markt. Dabei war angesichts der 2011/22 noch nahezu ungenutzten Technologie und der hohen spezifischen von Photovoltaik nicht von einer Wirtschaftlichkeit der Anlage auszugehen.

Schlussfolgerungen und Lessons Learned:

- Ein besonders hohes Breitenwirksamkeitspotenzial haben Projekte, die technologische Entwicklungen und Trends in Märkten mit großem unausgeschöpften Potenzial aufgreifen. Auch die Sichtbarkeit bzw. Öffentlichkeitswirksamkeit des Standorts kann dafür ein entscheidender Faktor sein.
- Im Vergleich zu anderen Technologien sind in frühen Marktphasen hohe spezifische Kosten und eine unzureichende Rentabilität bei der Verbreitung und Etablierung von Technologien angesichts der intendierten längerfristigen gesamtwirtschaftlichen Wirkungen akzeptabel.
- Bei der Planung von PV-(Dach-)Anlagen bedarf es je nach Kontext der Berücksichtigung von Reinigungseinrichtungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen in der Stromerzeugung.
- Die Analyse standortbezogener Verschattung und ihrer Auswirkungen auf die Erzeugung hat das Potenzial Ertragsverluste vorzubeugen bzw. zu verringern.
- Die Durchführung regelmäßiger Degradationsanalysen und die Berücksichtigung dieser in der Modulgarantie für einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren ist eine wirksame Maßnahme für eine optimierte Anlagen-Betriebsführung.

Evaluierungsansatz und Methoden

Methodik der Ex-post-Evaluierung

Die Ex-post-Evaluierung folgt der Methodik eines Rapid Appraisal, d.h. einer datengestützten, qualitativen Kontributionsanalyse und stellt ein Expertenurteil dar. Dabei werden dem Vorhaben Wirkungen durch Plausibilitätsüberlegungen zugeschrieben, die auf der sorgfältigen Analyse von Dokumenten, Daten, Fakten und Eindrücken beruhen. Dies umschließt – wenn möglich – auch die Nutzung digitaler Datenquellen und den Einsatz moderner Techniken (z.B. Satellitendaten, Online-Befragungen, Geocodierung). Ursachen für etwaige widersprüchliche Informationen wird nachgegangen, es wird versucht, diese auszuräumen und die Bewertung auf solche Aussagen zu stützen, die – wenn möglich – durch mehrere Informationsquellen bestätigt werden (Triangulation).

Dokumente:

interne Projektdokumente; Länder-/Sektorstrategie, nationale Daten der Regulierungsbehörde und weiterer Sektorinstitutionen, öffentliche Studien und Trägerberichte/Antwort auf Fragebogen

Datenquellen und Analysetools:

Energieforschungsgesellschaft (EPE), nationale Stromregulierungsbehörde (ANEEL), Brasilianischer Verband für Photovoltaik und Solarenergie (ABSOLAR), Monitoringdaten des Partners, IGES Grid Emission Factors, GPS-Daten, Satellitenbilder

Interviewpartner:

Projektträger und langjähriger Stakeholder im brasilianischen Photovoltaiksektor.

Der Analyse der Wirkungen liegen angenommene Wirkungszusammenhänge zugrunde, dokumentiert in der bereits bei Programmprüfung entwickelten und ggf. bei Ex-post-Evaluierung aktualisierten Wirkungsmatrix. Im Evaluierungsbericht werden Argumente dargelegt, warum welche Einflussfaktoren für die festgestellten Wirkungen identifiziert wurden und warum das untersuchte Projekt vermutlich welchen Beitrag hatte (Kontributionsanalyse). Der Kontext der Entwicklungsmaßnahme wird hinsichtlich seines Einflusses auf die Ergebnisse berücksichtigt. Die Schlussfolgerungen werden ins Verhältnis zur Verfügbarkeit und Qualität der Datengrundlage gesetzt. Eine Evaluierungskonzeption ist der Referenzrahmen für die Evaluierung.

Die Methode bietet für Projektevaluierungen ein – im Durchschnitt - ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis, bei dem sich Erkenntnisgewinn und Evaluierungsaufwand die Waage halten, und über alle Projektevaluierungen hinweg eine systematische Bewertung der Wirksamkeit der Vorhaben der FZ erlaubt. Die einzelne Ex-post-Evaluierung kann daher nicht den Erfordernissen einer wissenschaftlichen Begutachtung im Sinne einer eindeutigen Kausalanalyse Rechnung tragen.

Folgende Aspekte limitierten die Evaluierung:

Keine.

Methodik der Erfolgsbewertung

Zur Beurteilung des Vorhabens nach den OECD DAC-Kriterien wird eine sechsstufige Skala verwandt. Die Skalenergebnisse sind wie folgt belegt:

- Stufe 1** sehr erfolgreich: deutlich über den Erwartungen liegendes Ergebnis
- Stufe 2** erfolgreich: voll den Erwartungen entsprechendes Ergebnis, ohne wesentliche Mängel
- Stufe 3** eingeschränkt erfolgreich: liegt unter den Erwartungen, aber es dominieren die positiven Ergebnisse
- Stufe 4** eher nicht erfolgreich: liegt deutlich unter den Erwartungen und es dominieren trotz erkennbarer positiver Ergebnisse die negativen Ergebnisse
- Stufe 5** überwiegend nicht erfolgreich: trotz einiger positiver Teilergebnisse dominieren die negativen Ergebnisse deutlich
- Stufe 6** gänzlich erfolglos: das Vorhaben ist nutzlos bzw. die Situation ist eher verschlechtert

Die Gesamtbewertung auf der sechsstufigen Skala wird aus einer projektspezifisch zu begründenden Gewichtung der sechs 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 „eingeschränkt erfolgreich“ (Stufe 3) bewertet werden.

Abkürzungsverzeichnis:

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Brasilianischer Verband für Photovoltaik und Solarenergie)
AK	Abschlusskontrolle
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DAC	Development Assistance Committee
EUR	Euro
(F)IRR	(Financial) Internal Rate of Return (interner Zinsfuß)
FZ	Finanzielle Zusammenarbeit
FZ E	FZ Evaluierung
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
GW	Gigawatt
kW _p	Kilowattpeak
MDG	Millennium Development Goals
MME	Ministério de Minas e Energia (Ministerium für Bergbau und Energie)
MW	Megawatt
NDC	National Determined Contribution
PP	Projektprüfung
PV	Photovoltaik
SDG	Sustainable Development Goal
TZ	Technische Zusammenarbeit
WM	Weltmeisterschaft

Impressum

Verantwortlich

FZ E

Evaluierungsabteilung der KfW Entwicklungsbank

FZ-Evaluierung@kfw.de

Kartografische Darstellungen dienen nur dem informativen Zweck und beinhalten keine völkerrechtliche Anerkennung von Grenzen und Gebieten. Die KfW übernimmt keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit oder Vollständigkeit des bereitgestellten Kartenmaterials. Jegliche Haftung für Schäden, die direkt oder indirekt aus der Benutzung entstehen, wird ausgeschlossen.

KfW Bankengruppe

Palmengartenstraße 5-9

60325 Frankfurt am Main, Deutschland

Anlagenverzeichnis:

Anlage Zielsystem und Indikatoren

Anlage Risikoanalyse

Anlage: Konzeptionelle Änderungen

Anlage Evaluierungsfragen entlang der OECD DAC-Kriterien/ Ex-post-Evaluierungsmatrix

Anlage Zielsystem und Indikatoren

Projektziel auf Outcome-Ebene		Bewertung der Angemessenheit (damalige und heutige Sicht)		
Bei Projektprüfung: Das wirtschaftliche Potential netzgebundener Photovoltaik in Brasilien ist demonstriert und damit ein Beitrag zur effizienten und ökologisch verträglichen Stromerzeugung geleistet.		Nicht angemessen. Die Zielformulierung „Nachweis des wirtschaftlichen Potenzials netzgebundener Photovoltaik“ sowie der entsprechende Indikator (100 % Kostendeckung) werden als unrealistisch erachtet. Einerseits, da wie im Programmvorschlag konstatiert, die spezifischen Kosten und die Gestehungskosten zum damaligen Zeitpunkt noch sehr hoch waren und andererseits, da die Kommerzialisierungsstrategie noch zu entwickeln war. Diese fußte auf der Annahme, dass mit einem damals noch zu entwickelndem Solar-Label auf dem freien Markt (ACL) ein höherer Verkaufspreis (über dem Marktniveau) erzielbar sei. Gleichzeitig räumte der Programmvorschlag aber ein, dass durch die hohen Erzeugungskosten (zum Zeitpunkt der PP rund dreimal so hoch wie Kleinwasserkraft) eine Vollversorgung mit Solarstrom auch bei umweltbewussten Stromkunden unrealistisch ist sowie, dass die Netzparität von PV erst in einigen Jahren für realistisch gehalten wird (d.h. noch nicht zum Zeitpunkt PP). Die letztlich entfallenen Energieeffizienzmaßnahmen waren von der Zielformulierung nicht abgedeckt.		
Bei EPE (falls Ziel modifiziert): Installation und Betrieb einer öffentlichkeitswirksamen Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Fußball-WM 2014 Austragungsortes				
Indikator	Bewertung der Angemessenheit	Zielniveau PP / EPE	Status PP (2011)	Status EPE (2023)
Entspricht einer jährlichen CO2-Vermeidung von 597 t	Nicht angemessen. CO2-Vermeidung für die Wirkungsmessung bzgl. Klimaschutz wird sektorüblich auf Impact-Ebene angesiedelt. VERSCHOBEN			
Installierte Kapazität in der PV-Anlagen kWp	Angemessen. Der Indikator misst zwar einen Output (installierte Leistung), wird aber dennoch als angemessen erachtet, da genau von diesem Output (d.h. von der Installation selbst) die intendierten Demonstrationseffekte/Öffentlichkeitswirksamkeit ausgehen.	PP: >1.200 (gesamt) PP Mineirão: 810 (510 Hauptdach + 300 Vordach) PP Minerinho: 560 → 1.370 kWp	0	1.420
Jährliche Stromerzeugung in MWh/Jahr der PV-Anlage in den ersten fünf Jahren nach Fertigstellung	Generell angemessen, allerdings ungenau formuliert. Umformulierung: Jährliche Stromerzeugung der PV-Dachanlagen (MWh/Jahr) (Mehrjahresdurchschnitt)	PP: 1.900 (Mineirao und Minerinho) PP Mineirão: 1.134	0	1.274 (Ø 2020-22) bzw. 1.505 (Ø 2015-22)

		PP: Minerinho: 850		
Erhalt des LEED-Goldstandards für das Mineiro Stadion nach Durchführung der EE-Maßnahmen	Nicht angemessen. Der Indikator entfällt, da keine Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt wurden.	PP: Gold	N.A.	-
Kostendeckungsgrad in % der PV-Anlagen (mittels Kommerzialisierungskonzept der GIZ auf dem freien Markt)	Nicht angemessen. Siehe „Bewertung der Angemessenheit es Projektziels auf Outcome-Ebene“.	100	N.A.	-
NEU: Verfügbarkeit (%)	Anmessen. Sektorüblicher Indikator für die Bewertung des Betriebs	EPE: >95	0	93,7, (Ø 11/2020-10/ 2023)

Projektziel auf Impact-Ebene		Bewertung der Angemessenheit (damalige und heutige Sicht)		
Bei Projektprüfung: Beitrag zum globalen Klimaschutz		Teilweise angemessen: Der direkte Beitrag des Vorhabens (der PV-Dachanlage des Mineirão) in Form von CO ₂ -Reduktion ist angemessen, allerdings greift die Zielformulierung nicht die indirekten Effekte der intendierten Öffentlichkeitswirksamkeit/Demonstrationseffekte hinsichtlich der Verbreitung und des Ausbaus von Photovoltaik auf.		
Bei EPE (falls Ziel modifiziert): Beitrag zur Verbreitung und zum Ausbau von Photovoltaik sowie zum Klimaschutz				
Indikator	Bewertung der Angemessenheit	Zielniveau PP / EPE	Status PP (2011)	Status EPE (2023)
Installierte Leistung/MWp der netzgebundenen PV-Anlagen in Brasilien bis zum Jahr 2015	Nicht angemessen. Der Programmvorschlag führt an, dass die Entwicklung des brasilianischen PV-Markts mittelfristig sich entwickeln wird. Der Zeitraum zwischen WM 2014 (geplant 2012) und intendierten Anstieg der installierten Leistung bis 2015 war für die im o.g. mittelfristige Marktentwicklung unrealistisch knapp bemessen bzw. die Entwicklungen sind kaum dem Vorhaben zu attribuieren.	10,00	0,17	35.000
Vermiedene CO ₂ -Emissionen (t/Jahr)	Von Outcome zu Impact verschoben und umformuliert. Angemessen. Der PV selbst an führt an: Minderung von Treibhausgasen steht im Mittelpunkt des Vorhabens.	PP: 557 EPE 629 ¹⁾ und 2)	0	642 ³⁾

¹⁾ Berechnung des CO₂-Koeffizienten auf Basis von IGES (Combined Margin 2007-2009: 0,279 t CO₂/MWh)

²⁾ Geschätzte Erzeugung von UFV Mineirão und UFV Mineirinho (~1.900 MWh)

³⁾ Berechnung auf Basis der Bruttoproduktion (2015-2022) und der entsprechenden CO₂-Koeffizienten von IGES (Combined Margin 2015-2022: 0,428 t CO₂/MWh)

Anlage Risikoanalyse

Risiko (eingetretene ex-ante oder ex-post identifizierte Risiken)	Relevantes OECD-DAC Kriterium
Ex-ante: Es besteht das Risiko, dass einzelne Teilmaßnahmen nicht, oder nicht wie hier beschrieben, durchgeführt werden. Am stärksten gefährdet ist die Installation einer PV-Anlage auf dem Mineirinho.	Effektivität, Effizienz, Impact
Ex-ante: Unsicher ist die Installation von PV-Modulen auf dem neu anzubringenden <u>Vordach</u> aus lichtdurchlässigem Polycarbonat. Aufgrund der technischen Komplexität dieser Lösung ist es nicht auszuschließen, dass die Regierung des Bundesstaates Minas Gerais sich dagegen entscheidet	Effektivität, Effizienz, Impact
Ex-ante: Es besteht das Risiko, dass der Zeitrahmen für die gleichzeitige Modernisierung des Stadions und der Installation der PV-Anlage nicht ausreicht, um beide Maßnahmen rechtzeitig vor dem Confederations Cup im Jahr 2013 fertig zu stellen.	Effizienz

Anlage: Konzeptionelle Änderungen

Jahr	Anlass	PV-Maßnahme	Technologie	Kapazität	Leistung
2009	UFSC Studie	Mineirão (Dach) + Mineirinho	Dünnschichtmodule	1,150 kWp	1,500 MWh/a
		Mineirão (Dach) + Mineirinho	Mono/polykrist. Module	2,660 kWp	3,300 MWh/a
2010	FZ-Prüfung vor Ort: Zusätzliche Dünnschichtmodule auf der Vordach des Mineirão	Mineirão (Dach + Vordach)	(a) Dünnschichtmodule	1,000 kWp	1,300 MWh/a
		Mineirinho	(b) Dünnschichtmodule	500 kWp	650 MWh/a
		Mineirinho	(c) Polykristalline Module	1,280 kWp	1,950 MWh/a
2011	Prüfungsbericht: Variante mit polykristallinen Solarmodulen auf dem Dach des Mineirinho entfällt.	Mineirão (Dach)	Dünnschichtmodule	510 kWp	714 MWh/a
		Mineirão (Vordach)	Dünnschichtmodule	300 kWp	420 MWh/a
		Mineirinho	Dünnschichtmodule	560 kWp	850 MWh/a
2011	Entscheidung Sportsekretariat Belo Horizonte / Stadiongeseellschaft: Keine PV Installation auf dem Dach des Mineirinho und auf dem Vordach des Mineirão.	Mineirão (Dach)	Polykristalline Module	1,420 kWp	1,723 MWh/a
2012	Detailplanung Consultant Lahmeyer: Überprüfung der Solareinstrahlung und Anpassung der Auslegung.	Mineirão (Dach)	Polykristalline Module	1,418 kWp	1,610 MWh/a

Anlage Evaluierungsfragen entlang der OECD-DAC-Kriterien/ Ex-post Evaluierungsmatrix

Relevanz

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 1: Ausrichtung an Politiken und Prioritäten			2		
1.1 Sind die Ziele der Maßnahme an den (globalen, regionalen und länderspezifischen) Politiken und Prioritäten, insbesondere der beteiligten und betroffenen (entwicklungspolitischen) Partner und des BMZ, ausgerichtet?	Ausrichtung an: • Ausbauplan Brasilien • Sektorstrategie BMZ	• Plano Nacional de Energia 2030 (2007) • Plano Nacional de Energia 2050 (2020) • Plano Nacional sobre Mudanca do Clima (2008) • prgrammvorschlag • Berichterstattung • Rückkehrvermerke • Deutsch-brasilianisches Energieabkommen (2008)			
1.2 Berücksichtigen die Ziele der Maßnahme die relevanten politischen und institutionellen Rahmenbedingungen (z.B. Gesetzgebung, Verwaltungskapazitäten, tatsächliche Machtverhältnisse (auch bzgl. Ethnizität, Gender, etc.))?	Wie waren die Rahmenbedingungen bei PP und bei Inbetriebnahme?	A história da energia solar no Brasil Órigo (origoenergia.com.br)			
Bewertungsdimension 2: Ausrichtung an Bedürfnisse und Kapazitäten der Beteiligten und Betroffenen			1	+	Zukunftsweisende Inwertsetzung des ungenutzten Solarpotenzials auch retrospektiv von hoher Bedeutung angesichts der ausgeschöpften und inzwischen unsichereren Wasserkraftressourcen.

2.1 Sind die Ziele der Maßnahme auf die entwicklungspolitischen Bedürfnisse und Kapazitäten der Zielgruppe ausgerichtet? Wurde das Kernproblem korrekt identifiziert?		• Programmvorschlag • Projektregion – Brasilien (agora-energiawende.de) • ANEEL/EPE			
2.2 Wurden dabei die Bedürfnisse und Kapazitäten besonders benachteiligter bzw. vulnerabler Teile der Zielgruppe (mögliche Differenzierung nach Alter, Einkommen, Geschlecht, Ethnizität, etc.) berücksichtigt? Wie wurde die Zielgruppe ausgewählt?		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
2.3 Hätte die Maßnahme (aus ex-post Sicht) durch eine andere Ausgestaltung der Konzeption weitere nennenswerte Genderwirkungspotenziale gehabt? (FZ E-spezifische Frage)	Hätte es Möglichkeiten gegeben die Zielgruppe und insbesondere Frauen stärker in der Umsetzung des FZ-Vorhabens zu beteiligen?	Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
Bewertungsdimension 3: Angemessenheit der Konzeption			1	+	Das Konzept war dem brasilianischen Kontext voraus, griff das große Potenzial breitenwirksamer Effekte durch Öffentlichkeitswirksamkeit auf und die Standortwahl war exzellent.
3.1 War die Konzeption der Maßnahme angemessen und realistisch (technisch, organisatorisch und finanziell) und grundsätzlich geeignet zur Lösung des Kernproblems beizutragen?	Wurden alternativen Optionen frühzeitig Studien untersucht? Gab es offizielle Vereinbarungen/Protokolle o.ä. mit der GIZ hinsichtlich der Energieeffizienzmaßnahmen und der Kommerzialisierungsstrategie sowie Folgeberichte zu Aktivitäten/Ergebnissen? War es realistisch darauf zu bauen, dass a) das Solarlabel zeitnah eingeführt wird und b) mit einer	• Programmvorschlag • Abschlusskontrolle • Rückkehrvermerke • Ajuda Memoria (2010) • Synthese Vorort-Evaluierung			

	Marketing-/Kommerzialisierungsstrategie ausreichend Großkunden akquiriert werden können? War es realistisch längerfristige Verträge im ACL zu schließen? Wurden aktive Marketingmaßnahmen bzgl. der PV-Anlage des Mineirão im Rahmen des Vorhabens mitgeplant? Warum sollten EE Maßnahmen über CEMIG umgesetzt werden, obwohl CEMIG nicht Eigentümer der Gebäude war und für die aus einem Entwicklungskredit zu finanzierenden Maßnahmen somit kein Return on Investment bestand? Was hat CEMIG maßgeblich motiviert (ausschlaggebende Aspekte) a) das PV Vorhaben umzusetzen (Beispiele wie Eletrosul oder PV-Dach Freiburg) und b) EE Maßnahmen zu finanzieren an nicht eigenen Gebäuden?	
3.2 Ist die Konzeption der Maßnahme hinreichend präzise und plausibel (Nachvollziehbarkeit und Überprüfbarkeit des Zielsystems sowie der dahinterliegenden Wirkungsannahmen)?		• Programmvorschlag • Synthese Vorort-Evaluierung
3.3 Waren die gewählten Indikatoren und deren Wertbestückung in ihrer Gesamtheit angemessen (zur Beantwortung eine der folgenden Angaben auswählen: Indikatoren und Wertbestückung waren angemessen / teilweise angemessen / nicht angemessen)? Die Begründung erfolgt differenziert nach Indikatoren in Anlage 1. (FZ E spezifische Frage)		• Programmvorschlag • Synthese Vorort-Evaluierung
3.4 Bitte Wirkungskette beschreiben, einschl. Begleitmaßnahmen, ggf. in Form einer grafischen Darstellung. Ist diese plausibel? Sowie originäres und		• Programmvorschlag • Synthese Vorort-Evaluierung

ggf. angepasstes Zielsystem unter Einbezug der Wirkungsebenen (Outcome- und Impact) nennen. Das (angepasste) Zielsystem kann auch grafisch dargestellt werden. (FZ E spezifische Frage)					
3.5 Inwieweit ist die Konzeption der Maßnahme auf einen ganzheitlichen Ansatz nachhaltiger Entwicklung (Zusammenspiel der sozialen, ökologischen und ökonomischen Dimensionen der Nachhaltigkeit) hin angelegt?		• Programmvorschlag • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
3.6 Bei Vorhaben im Rahmen von EZ-Programmen: ist die Maßnahme gemäß ihrer Konzeption geeignet, die Ziele des EZ-Programms zu erreichen? Inwiefern steht die Wirkungsebene des FZ-Moduls in einem sinnvollen Zusammenhang zum EZ-Programm (z.B. Outcome-Impact bzw. Output-Outcome)? (FZ E spezifische Frage)		• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 4: Reaktion auf Veränderungen / Anpassungsfähigkeit			1	+	Hohe Flexibilität bei der Anpassung an Änderungen
4.1 Wurde die Maßnahme im Verlauf ihrer Umsetzung auf Grund von veränderten Rahmenbedingungen (Risiken und Potentiale) angepasst?	Was waren die Gründe für die zahlreichen Unterschiede zwischen der Projektplanung und der Projektumsetzung?	• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			

Kohärenz

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 5: Interne Kohärenz (Arbeitsteilung und Synergien der deutschen EZ):			2		
5.1 Inwiefern ist die Maßnahme innerhalb der deutschen EZ komplementär und arbeitsteilig konzipiert (z.B. Einbindung in EZ-Programm, Länder-/Sektorstrategie)?		• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Interview GIZ • Synthese Vorort-Evaluierung			
5.2 Greifen die Instrumente der deutschen EZ im Rahmen der Maßnahme konzeptionell sinnvoll ineinander und werden Synergien genutzt?	• Wurden die intendierten TZ Komponenten überhaupt umgesetzt bzw. wurde/wie wurde das FZ-Vorhaben konkret durch die TZ-Komponente der GIZ unterstützt? • Wurde das geplante Kommerzialisierungskonzept der GIZ entwickelt? • Warum wurden keine Stromabnahmeverträge geschlossen?	• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Interview GIZ • Synthese Vorort-Evaluierung			
5.3 Ist die Maßnahme konsistent mit internationalen Normen und Standards, zu denen sich die deutsche EZ bekennt (z.B. Menschenrechte, Pariser Klimaabkommen etc.)?		• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 6: Externe Kohärenz (Komplementarität und Koordinationsleistung im zum Zusammenspiel mit Akteuren außerhalb der dt. EZ):			2		
6.1 Inwieweit ergänzt und unterstützt die Maßnahme die Eigenanstrengungen des Partners (Subsidiaritätsprinzip)?	Welche Relevanz hat der Ausbau von PV für CEMIG im Vergleich zu anderen Formen der Energiegewinnung?	• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			

	Wurden die im AK genannten 5 Solaranlagen in Kooperation mit privaten Investoren umgesetzt?	
6.2 Ist die Konzeption der Maßnahme sowie ihre Umsetzung mit den Aktivitäten anderer Geber abgestimmt?	Gab es andere Geber, die im Zeitraum der Durchführung des FZ-Vorhabens ebenfalls PV-Vorhaben von CEMIG finanziert haben?	• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
6.3 Wurde die Konzeption der Maßnahme auf die Nutzung bestehender Systeme und Strukturen (von Partnern/anderen Gebern/internationalen Organisationen) für die Umsetzung ihrer Aktivitäten hin angelegt und inwieweit werden diese genutzt?	Wird das Solar-Label von CEMIG für die Kommerzialisierung des PV Stroms genutzt?	• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
6.4 Werden gemeinsame Systeme (von Partnern/anderen Gebern/internationalen Organisationen) für Monitoring/Evaluierung, Lernen und die Rechenschaftslegung genutzt?		• Programmvorschlag • Berichterstattung • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung

Effektivität

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 7: Erreichung der (intendierten) Ziele			3		
7.1 Wurden die (ggf. angepassten) Ziele der Maßnahme erreicht (inkl. PU-Maßnahmen)? Indikatoren-Tabelle: Vergleich Ist/Ziel		• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 8: Beitrag zur Erreichung der Ziele:			3		

8.1 Inwieweit wurden die Outputs der Maßnahme wie geplant (bzw. wie an neue Entwicklungen angepasst) erbracht? (<i>Lern-/Hilfsfrage</i>)		• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
8.2 Werden die erbrachten Outputs und geschaffenen Kapazitäten genutzt?	Produziert die PV-Dachanlage weiterhin die berechnete Menge Strom und wird diese komplett ins Netz eingespeist oder wird diese anteilig vom Stadion genutzt? Werden die 6 beschafften Elektroautos (2 6-Sitzer und 4 2-Sitzer) sowie die Ladestation noch genutzt? Wurden wie im Programmvorschlag vorgesehen die zwei unterirdischen Kabel zu zwei benachbarten Umspannstationen (Pampulha und Maracana) als Eigenbeitrag erbracht?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
8.3 Inwieweit ist der gleiche Zugang zu erbrachten Outputs und geschaffenen Kapazitäten (z.B. diskriminierungsfrei, physisch erreichbar, finanziell erschwinglich, qualitativ, sozial und kulturell annehmbar) gewährleistet?		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar
8.4 Inwieweit hat die Maßnahme zur Erreichung der Ziele beigetragen?	Aktuelle Betriebsdaten (Verfügbarkeit, jährl. Erzeugung etc.) Wurden weitere WM Stadien nach Vorbild des Mineirão mit PV ausgestattet? Wie war damals und wie heute die Vermarktung/Publicity der PV-Anlage: a) öffentlichkeitswirksame Events bei Einführung b) öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen in den letzten Jahren Wird das Stadion zukünftig genutzt?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
8.5 Inwieweit hat die Maßnahme zur Erreichung der Ziele auf Ebene der intendierten Begünstigten beigetragen?	Hat die Zielgruppe (brasilianische (Groß-) Verbraucher) im Vergleich zu 2010 bessere Bedingungen	• Daten Träger • Abschlusskontrolle

	für die Nutzung von Strom in Bezug auf eine Versorgung mit sauberem und günstigem Strom?	Synthese Vorort-Evaluierung			
8.6 Hat die Maßnahme zur Erreichung der Ziele auf der Ebene besonders benachteiligter bzw. vulnerabler beteiligter und betroffener Gruppen (mögliche Differenzierung nach Alter, Einkommen, Geschlecht, Ethnizität, etc.), beigetragen?		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
8.7 Gab es Maßnahmen, die Genderwirkungspotenziale gezielt adressiert haben (z.B. durch Beteiligung von Frauen in Projektgremien, Wasserkomitees, Einsatz von Sozialarbeiterinnen für Frauen, etc.)? (FZ E spezifische Frage)		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
8.8 Welche projektinternen Faktoren (technisch, organisatorisch oder finanziell) waren ausschlaggebend für die Erreichung bzw. Nicht-Erreichung der intendierten Ziele der Maßnahme? (Lern-/Hilfsfrage)	War bei Vertragsabschluss klar, a) dass die geplanten Energieeffizienzmaßnahmen im Stadion nicht über das FZ-Vorhaben finanziert werden müssen und b) dass die Modernisierung der Sporthalle nicht gewünscht ist da kein Bezug zur WM besteht?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
8.9 Welche externen Faktoren waren ausschlaggebend für die Erreichung bzw. Nicht-Erreichung der intendierten Ziele der Maßnahme (auch unter Berücksichtigung der vorab antizipierten Risiken)? (Lern-/Hilfsfrage)		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 9: Qualität der Implementierung			2		
9.1 Wie ist die Qualität der Steuerung und Implementierung der Maßnahme im Hinblick auf die Zielerreichung zu bewerten?		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			

9.2 Wie ist die Qualität der Steuerung, Implementierung und Beteiligung an der Maßnahme durch die Partner/Träger zu bewerten?		• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
9.3 Wurden Gender Ergebnisse und auch relevante Risiken im/ durch das Projekt (genderbasierte Gewalt, z.B. im Kontext von Infrastruktur oder Empowerment-Vorhaben) während der Implementierung regelmäßig gemonitort oder anderweitig berücksichtigt)? Wurden entsprechende Maßnahmen (z.B. im Rahmen einer BM) zeitgemäß umgesetzt? (FZ E spezifische Frage)					
Bewertungsdimension 10: Nicht-intendierte Wirkungen (positiv oder negativ)			-		
10.1 Sind nicht-intendierte positive/negative direkte Wirkungen (sozial, ökonomisch, ökologisch sowie ggf. bei vulnerablen Gruppen als Betroffene) feststellbar (oder absehbar)?	Gab es nicht-intendierte direkte Wirkungen (pos./neg.)? Gab es pos./neg. Auseinandersetzung mit der Bevölkerung während Implementierung/Betrieb?	• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
10.2 Welche Potentiale/Risiken ergeben sich aus den positiven/negativen nicht-intendierten Wirkungen und wie sind diese zu bewerten?		• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
10.3 Wie hat die Maßnahme auf Potentiale/Risiken der positiven/negativen nicht-intendierten Wirkungen reagiert?		• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			

Effizienz

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 11: Produktionseffizienz			2		
11.1 Wie verteilen sich die Inputs (finanziellen und materiellen Ressourcen) der Maßnahme (z.B. nach Instrumenten, Sektoren, Teilmaßnahmen, auch unter Berücksichtigung der Kostenbeiträge der Partner/Träger/andere Beteiligte und Betroffene, etc.)? (Lern- und Hilfsfrage)		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
11.2 Inwieweit wurden die Inputs der Maßnahme im Verhältnis zu den erbrachten Outputs (Produkte, Investitionsgüter und Dienstleistungen) sparsam eingesetzt (wenn möglich im Vergleich zu Daten aus anderen Evaluierungen einer Region, eines Sektors, etc.)? Z.B. Vergleich spezifischer Kosten.	Wie hoch sind die spezifischen Kosten und sind sie angemessen? Wie sind sie im Vergleich zu den spezifischen Kosten bei PP? Wie hoch waren die spezifischen Kosten für kristalline Module bei PP? Wie hoch waren die spezifischen Kosten in vergleichbaren Projekten?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung - Caderno de Preços de Geração (2021): Caderno de Preços da Geração r0 (epe.gov.br)			
11.3 Ggf. als ergänzender Blickwinkel: Inwieweit hätten die Outputs der Maßnahme durch einen alternativen Einsatz von Inputs erhöht werden können (wenn möglich im Vergleich zu Daten aus anderen Evaluierungen einer Region, eines Sektors, etc.)?		Synthese Vorort-Evaluierung			
11.4 Wurden die Outputs rechtzeitig und im vorgesehenen Zeitraum erstellt?		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			

11.5 Waren die Koordinations- und Managementkosten angemessen? (z.B. Kostenanteil des Implementierungsconsultants)? (FZ E spezifische Frage)		• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 12: Allokationseffizienz			3		
12.1 Auf welchen anderen Wegen und zu welchen Kosten hätten die erzielten Wirkungen (Outcome/Impact) erreicht werden können? (Lern-/Hilfsfrage)	Gab es andere Stadien in Brasilien die für die Installation einer PV-Dachanlage ggfs. besser geeignet gewesen wären?	• Synthese Vorort-Evaluierung • Interview Instituto IDEAL			
12.2 Inwieweit hätten – im Vergleich zu einer alternativ konzipierten Maßnahme – die erreichten Wirkungen kostenschonender erzielt werden können?		• Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			
12.3 Ggf. als ergänzender Blickwinkel: Inwieweit hätten – im Vergleich zu einer alternativ konzipierten Maßnahme – mit den vorhandenen Ressourcen die positiven Wirkungen erhöht werden können?	Wie wurde die PV Anlage im Rahmen der WM und danach vermarktet? Gab es (ausreichend?) PR-Maßnahmen zu der innovativen Umsetzung einer PV-Dachanlage auf einem Stadiondach ?				
12.4 In welcher Hinsicht war der Einsatz öffentlicher Mittel finanziell additional?	Keine Konkretisierung notwendig	Nicht anwendbar, keine PSP Kennung			

Übergeordnete entwicklungspolitische Wirkungen

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 13: Übergeordnete (intendierte) entwicklungspolitische Veränderungen			1		
13.1 Sind übergeordnete entwicklungspolitische Veränderungen, zu denen die Maßnahme beitragen sollte, feststellbar? (bzw. wenn absehbar, dann möglichst zeitlich spezifizieren)	Wie hat sich die Erzeugungsmatrix in Brasilien entwickelt? Wie die Grid-Emissions-Factors in Brasilien?	- Berichterstattung - Synthese Vorort-Evaluierung - ABSOLAR - ANEEL/EPE - Caderno de Preços de Geração (2021): <u>Caderno de Preços da Geração r0 (epe.gov.br)</u> - IGES Grid Emission Factors			
13.2 Sind übergeordnete entwicklungspolitische Veränderungen (sozial, ökonomisch, ökologisch und deren Wechselwirkungen) auf Ebene der intendierten Begünstigten feststellbar? (bzw. wenn absehbar, dann möglichst zeitlich spezifizieren)		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
13.3 Inwieweit sind übergeordnete entwicklungspolitische Veränderungen auf der Ebene besonders benachteiligter bzw. vulnerabler Teile der Zielgruppe, zu denen die Maßnahme beitragen sollte, feststellbar (bzw. wenn absehbar, dann möglichst zeitlich spezifizieren)		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
Bewertungsdimension 14: Beitrag zu übergeordneten (intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen			2		

14.1 In welchem Umfang hat die Maßnahme zu den festgestellten bzw. absehbaren übergeordneten entwicklungspolitischen Veränderungen (auch unter Berücksichtigung der politischen Stabilität), zu denen die Maßnahme beitragen sollte, tatsächlich beigetragen?	Wie hoch ist der Anteil des Vorhabens an PV-Erzeugung (MWh) bzw. der PV-Erzeugungskapazität (MW) von CEMIG? War das Vorhaben Vorbild bzw. hat es zur konkreten Realisierung anderer Vorhaben beigetragen? Wieviele t CO₂-Emissionen wurden vermieden?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • IGES Grid Emission Factors • Interview Instituto IDEAL • Synthese Vorort-Evaluierung
14.2 Inwieweit hat die Maßnahme ihre intendierten (ggf. angepassten) entwicklungspolitischen Ziele erreicht? D.h. sind die Projektwirkungen nicht nur auf der Outcome-Ebene, sondern auch auf der Impact-Ebene hinreichend spürbar? (z.B. Trinkwasserversorgung/Gesundheitswirkungen)	Hat das Vorhaben tatsächlich Einfluss auf die Sektorentwicklung gehabt? Sind Demonstrationseffekte plausibel? War das Mineirão tatsächlich die erste WM -Stadion-Dachanlage? Wie hoch sind die aktuellen CO₂-Emissionseinsparungen?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • IGES Grid Emission Factors • Interview Instituto IDEAL • Synthese Vorort-Evaluierung
14.3 Hat die Maßnahme zur Erreichung ihrer (ggf. angepassten) entwicklungspolitischen Ziele auf Ebene der intendierten Begünstigten beigetragen?	Wie hat sich die Erzeugungsmatrix in Brasilien/von CEMIG entwickelt?	• Berichterstattung • Synthese Vorort-Evaluierung • ABSOLAR • ANEEL/EPE • Caderno de Preços de Geração (2021): Caderno de Preços da Geração r0 (epe.gov.br)
14.4 Hat die Maßnahme zu übergeordneten entwicklungspolitischen Veränderungen bzw. Veränderungen von Lebenslagen auf der Ebene besonders benachteiligter bzw. vulnerabler Teile der Zielgruppe (mögliche Differenzierung nach Alter, Einkommen, Geschlecht, Ethnizität, etc.), zu denen die Maßnahme beitragen sollte, beigetragen?		Nicht anwendbar, da Zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar
14.5 Welche projektinternen Faktoren (technisch, organisatorisch oder finanziell) waren ausschlaggebend für die Erreichung bzw. Nicht-Erreichung		• Synthese Vorort-Evaluierung

der intendierten entwicklungspolitischen Ziele der Maßnahme? (<i>Lern-/Hilfsfrage</i>)					
14.6 Welche externen Faktoren waren ausschlaggebend für die Erreichung bzw. Nicht-Erreichung der intendierten entwicklungspolitischen Ziele der Maßnahme? (<i>Lern-/Hilfsfrage</i>)		Synthese Vorort-Evaluierung			
14.7 Entfaltet das Vorhaben Breitenwirksamkeit? - Inwieweit hat die Maßnahme zu strukturellen oder institutionellen Veränderungen geführt (z.B. bei Organisationen, Systemen und Regelwerken)? (Strukturbildung) - War die Maßnahme modellhaft und/oder breitenwirksam und ist es replizierbar? (Modellcharakter)		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Interview Instituto IDEAL - Synthese Vorort-Evaluierung			
14.8 Wie wäre die Entwicklung ohne die Maßnahme verlaufen? (entwicklungspolitische Additionalität)	Gab es Alternativen zur FZ Finanzierung?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 15: Beitrag zu übergeordneten (nicht-intendierten) entwicklungspolitischen Veränderungen			-		
15.1 Inwieweit sind übergeordnete nicht-intendierte entwicklungspolitische Veränderungen (auch unter Berücksichtigung der politischen Stabilität) feststellbar (bzw. wenn absehbar, dann möglichst zeitlich spezifizieren)?		- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			

15.2 Hat die Maßnahme feststellbar bzw. absehbar zu nicht-intendierten (positiven und/oder negativen) übergeordneten entwicklungspolitischen Wirkungen beigetragen?		• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
15.3 Hat die Maßnahme feststellbar (bzw. absehbar) zu nicht-intendierten (positiven oder negativen) übergeordneten entwicklungspolitischen Veränderungen auf der Ebene besonders benachteiligter bzw. vulnerabler Gruppen (innerhalb oder außerhalb der Zielgruppe) beigetragen (Do no harm, z.B. keine Verstärkung von Ungleichheit (Gender/ Ethnie, etc.)?		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar

Nachhaltigkeit

Evaluierungsfrage	Konkretisierung der Frage für vorliegendes Vorhaben	Datenquelle (oder Begründung falls Frage nicht relevant/anwendbar)	Note	Gewichtung (- / o / +)	Begründung für Gewichtung
Bewertungsdimension 16: Kapazitäten der Beteiligten und Betroffenen			2		
16.1 Sind die Zielgruppe, Träger und Partner institutionell, personell und finanziell in der Lage und willens (Ownership) die positiven Wirkungen der Maßnahme über die Zeit (nach Beendigung der Förderung) zu erhalten?	Wird O&M durch CEMIG durchgeführt oder extern? Wie ist die Personalfuktuation bei CEMIG / beim O&M Personal? Ist das Personal ausreichend für die Überwachung/Begleitung des O&M Wartungsvertrags qualifiziert? Stehen ausreichend Mittel für O&M zur Verfügung? Wie ist Qualität von O&M zu bewerten?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung			

	Insofern O&M-Vertrag: wird dieser zufriedenstellend umgesetzt?				
16.2 Inwieweit weisen Zielgruppe, Träger und Partner eine Widerstandsfähigkeit (Resilienz) gegenüber zukünftigen Risiken auf, die die Wirkungen der Maßnahme gefährden könnten?	Welche Kapazitäten konnte CEMIG im Bereich PV aufbauen?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
Bewertungsdimension 17: Beitrag zur Unterstützung nachhaltiger Kapazitäten:			2		
17.1 Hat die Maßnahme dazu beigetragen, dass die Zielgruppe, Träger und Partner institutionell, personell und finanziell in der Lage und willens (Ownership) sind die positiven Wirkungen der Maßnahme über die Zeit zu erhalten und ggf. negative Wirkungen einzudämmen?	Wie haben sich die Outputs (siehe Zielsystem/Indikatoren) und die Abnahmepreise/Rentabilität entwickelt (siehe Einzelwirt. Perspektive bei Effizienz)?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
17.2 Hat die Maßnahme zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit (Resilienz) der Zielgruppe, Träger und Partner, gegenüber Risiken, die die Wirkungen der Maßnahme gefährden könnten, beigetragen?	Wurde CEMIG vom Consultant und/oder von der GIZ geschult? Wenn ja, welche Schulungen konkret?	- Daten Träger - Abschlusskontrolle - Synthese Vorort-Evaluierung			
17.3 Hat die Maßnahme zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit (Resilienz) besonders benachteiligter Gruppen, gegenüber Risiken, die die Wirkungen der Maßnahme gefährden könnten, beigetragen?		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar			
Bewertungsdimension 18: Dauerhaftigkeit von Wirkungen über die Zeit			2		

18.1 Wie stabil ist der Kontext der Maßnahme) (z.B. soziale Gerechtigkeit, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, politische Stabilität, ökologisches Gleichgewicht) (Lern-/Hilfsfrage)	Hat die Leistung im Vergleich zu den im AK genannten Werten zum Zeitpunkt der EPE abgenommen? Wie lange ist die erwartete technische Betriebsdauer? Sind die Probleme mit dem SCADA System behoben?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
18.2 Inwieweit wird die Dauerhaftigkeit der positiven Wirkungen der Maßnahme durch den Kontext beeinflusst? (Lern-/Hilfsfrage)	Konnte CEMIG die Herausforderung des benötigten Wassers für das regelmäßige Waschen der PV-Module lösen? Wie ist O&M der PV-Dachanlage organisiert? Ist der Zugang zur PV-Dachanlage jederzeit gewährleistet? Braucht es spezieller Genehmigungen des Stadionbetreibers? Geringere Leistung als geplant in der Trockenzeit?	• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung • (PDF) Field I-V Curve Measurements Methodology at String Level to Monitor Failures and the Degradation Process: A Case Study of a 1.42 MWp PV Power Plant (researchgate.net) • Analysis of the soiling effect on the performance of photovoltaic modules on a soccer stadium in Minas Gerais, Brazil – ScienceDirect • Monteiro et al (2017) - One-Year Monitoring PV_Power Plant Mineirao
18.3 Inwieweit sind die positiven und ggf. negativen Wirkungen der Maßnahme als dauerhaft einzuschätzen?		• Daten Träger • Abschlusskontrolle • Synthese Vorort-Evaluierung
18.4 Inwieweit sind die Gender-Ergebnisse der Maßnahme als dauerhaft einzuschätzen (Ownership, Kapazitäten, etc.?) (FZ E-spezifische Frage)		Nicht anwendbar, da zielgruppenfern; Begünstigte nicht abgrenzbar