



COSTA RICA

Oberflächennahe Niederenthalpiegeothermie, eine neue Alternative in der Energiematrix in Costa Rica: Hybridlösungen zur Erzeugung elektrischer Energie und Wärme/Kälte direktnutzung

Zielmarktanalyse 2021 mit Profilen der Marktakteure

www.german-energy-solutions.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber: Deutsch-Costaricanische Industrie- und Handelskammer
Adresse: Boulevard Ernesto Rohrmoser, Ca. 65/67
San José
Costa Rica
Tel.: +506 2290 7621
E-Mail: info@ahk.cr
Internet: <https://costarica.ahk.de/>

Stand: 25.09.2021

Gestaltung und Produktion

Dr. Christian Schauer, Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Jorge Blanco, Vorsitzender der Kommission für Energie und Umwelt
Sofía Gamboa, Projektmanagerin
Jan Luginsland, Projektassistent
Berit Ellies, Projektassistentin

Bildnachweis:

Deutsch-Costaricanische Industrie- und Handelskammer

Redaktion:

Dr. Christian Schauer, Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Jorge Blanco, Vorsitzender der Kommission für Energie und Umwelt
Sofía Gamboa, Projektmanagerin
Jan Luginsland, Projektassistent

Urheberrecht:

Das gesamte Werk ist urheberrechtlich geschützt. Bei seiner Erstellung war die Deutsch-Costaricanische Auslandshandelskammer stets bestrebt, die Urheberrechte anderer zu beachten und auf selbst erstellte sowie lizenzfreie Werke zurückzugreifen. Jede Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des deutschen Urheberrechts bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des Herausgebers.

Haftungsausschluss:

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Unser Angebot enthält Links zu externen Webseiten Dritter, auf deren Inhalte wir keinen Einfluss haben. Für die Inhalte der verlinkten Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Seiten verantwortlich und die AHK Costa Rica übernimmt keine Haftung. Soweit auf unseren Seiten personenbezogene Daten (beispielsweise Name, Anschrift oder E-Mail-Adressen) erhoben werden, beruht dies auf freiwilliger Basis und/oder kann online recherchiert werden. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

EXECUTIVE SUMMARY

Energiegewinnung durch oberflächennahe Niederenthalpiegeothermie ist eine in Costa Rica und Lateinamerika aktuell kaum erschlossene nachhaltige Energiequelle.

Einzig die Direktnutzung zur Wärmeenergiegewinnung wird teilweise im Tourismussektor in Form von Thermalbädern genutzt. Weder die durch den technischen Fortschritt mögliche Nutzung zur Stromerzeugung noch eine breite Nutzung zur Wärme- oder Kälteerzeugung wird momentan, trotz des in weiten Teilen Costa Ricas vorhandenen großen Potenzials, ausgeschöpft. Insbesondere die Tatsache, dass aufgrund der Lage am Pazifischen Feuerring zum Erreichen der notwendigen Temperaturen von 70 – 200 °C nur Bohrtiefen von 100 – 400m notwendig sind, bringt ein hohes Kosten-Nutzen-Potenzial mit sich. Die hohen Stromkosten in Costa Rica führen zu einer relativ kurzen Amortisationszeit, was für die Einführung einer neuen Technologie sehr wichtig ist.

Einer der entscheidenden Vorteile dieser Form der Energieerzeugung findet sich in der Konstanz der Produktion, im Gegensatz zu beispielsweise Solar- oder Windenergie, welche, um eine vergleichbare Stetigkeit in der Energiebereitstellung zu erhalten, mit Speichertechnologien gekoppelt werden müssen.

Ebenso erlaubt die Nutzung von oberflächennaher Niederenthalpiegeothermie ein Hybridmodell, bei dem die Erzeugung elektrischer Energie mit der Direktnutzung der Wärme oder, mittels Verwendung einer Wärmepumpe, von Kälte gekoppelt wird, was zu einer weiteren Optimierung der Effizienz führt.

Es ist geplant mittels eines Konsortiums deutscher KMUs ein Komplettpaket oder auch modulare Varianten anzubieten, mittels welchen nach einer ersten Pilotphase in Costa Rica auch andere Märkte in Mittelamerika erschlossen werden können. Dies ermöglicht nicht nur den Markteintritt deutscher KMUs in der Region, sondern stärkt auch die Präsenz deutscher Technik in Mittelamerika.

VERZEICHNISSE

I. Inhaltsverzeichnis

EXECUTIVE SUMMARY	I
VERZEICHNISSE	II
I. INHALTSVERZEICHNIS	II
II. TABELLENVERZEICHNIS.....	III
III. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
IV. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
V. WÄHRUNGSUMRECHNUNG	IV
VI. ENERGIEEINHEITEN	V
DIE PROJEKTOPPORTUNITÄT	1
1. PROJEKTZIEL UND -RAHMEN	1
1.1. DAS PROJEKTZIEL.....	1
1.2. DIE PROJEKTOPPORTUNITÄT UND -CHANCEN	1
2. ZIELGRUPPE IN DER DEUTSCHEN INDUSTRIE	2
3. PROJEKT- UND WETTBEWERBSUMFELD	4
3.1. WAS GIBT ES BEREITS IM ZIELLAND UND WER MACHT DAS?	4
3.2. WELCHEM UMFELD IST DAS KONSORTIUM AUSGESETZT?.....	5
3.3. WAS SIND MÖGLICHE LOKALE UND INTERNATIONALE PARTNER UND WETTBEWERBER?.....	6
4. WIRTSCHAFTLICHE MACHBARKEIT	7
5. TECHNISCHE LÖSUNGSANSÄTZE	12
6. RECHTLICHE UND WIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	17
6.1. STEUERLICH UND STEUERRECHTLICH RELEVANTE INFORMATIONEN	18
6.2. ÖFFENTLICHE VERGABEVERFAHREN, AUSSCHREIBUNGEN UND ZUGANG ZU PROJEKTEN	18
6.3. NETZANSCHLUSSBEDINGUNGEN UND GENEHMIGUNGSVERFAHREN	19
6.4. UMWELTBEZOGENE ASPEKTE	21
6.5. MARKTBARRIEREN UND -HEMMNISSE	21
6.6. COSTA-RICANISCHE FACHKRÄFTE	21
6.7. ZAHLUNGS- UND VERTRIEBSSTRUKTUR	22
7. UMSETZUNGSOPTIONEN	23
8. SWOT-ANALYSE	23
ANHÄNGE	27
WICHTIGE SONSTIGE ADRESSEN UND WEBSITES	27
QUELLENVERZEICHNIS	28

II. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GEOTHERMIEKRAFTWERKE IN COSTA RICA	5
TABELLE 2: GESCHÄTZTES HOCHENTHALPIEGEOTHERMIEPOTENZIAL NACH REGIONEN IN MW	5
TABELLE 3: DIREKTE UND INDIREKTE WETTBEWERBER IN LATEINAMERIKA.....	6
TABELLE 4: MODELL DES ENERGIEVERBRAUCHS EINES HOTELS IN COSTA RICA	7
TABELLE 5: MODELL DES ENERGIEGEWINNS EINES NIEDERENTHALPIEKRAFTWERKES	7
TABELLE 6: ENERGIEVERBRAUCH NACH BRANCHEN UND MÖGLICHE ERTRÄGE UNTER ORC-NUTZUNG	8
TABELLE 7: GESCHÄTZTE KAPITAL-, BETRIEBS- UND WARTUNGSKOSTEN FÜR KLEINE BINÄRE NIEDERENTHALPIEKRAFTWERKE	9
TABELLE 8: KOSTENMODELL FÜR KLEINE NIEDERENTHALPIEGEOTHERMIEKRAFTWERKE < 1 MW _E	9
TABELLE 9: UNGEFÄHRE STROMERZEUGUNGSKOSTEN VON HOCHENTHALPIEKRAFTWERKEN	10
TABELLE 10: TYPISCHE KOSTENAUFSCHLÜSSELUNG EINES GEOTHERMISCHEN STROMERZEUGUNGSPROJEKTS	10
TABELLE 11: BOHRUNGSKOSTEN INDUSTRIELLER GEOTHERMIEKRAFTWERKE IN NEUSEELAND	10
TABELLE 12: KOSTENVERGLEICH VERSCHIEDENER KÜHLVERFAHREN.....	11
TABELLE 13: ENERGIE- UND INVESTITIONSKOSTEN FÜR DIE ENERGIEGEWINNUNG UND DIE DIREKTE WÄRMENUTZUNG	11
TABELLE 14: FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN ZUR ERSCHLIEßUNG VON GEOTHERMIE IN LATEINAMERIKA....	11
TABELLE 15: GENEHMIGUNGSVERFAHREN UND ZUSTÄNDIGE INSTITUTIONEN	19
TABELLE 16: SWOT-ANALYSE.....	23
TABELLE 17: PROFILE DER ENERGIEMARKTAKTEURE IN COSTA RICA	24
TABELLE 18: PROFILE WEITERER AKTEURE.....	26

III. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: WECHSELKURSENTWICKLUNG EUR - CRC	V
ABBILDUNG 2: HOCHENTHALPIE- UND NIEDERENTHALPIEGEBIETE IN COSTA RICA.....	4
ABBILDUNG 3: WÄRMEPUMPENSYSTEM EINES WOHNHAUSES	13
ABBILDUNG 4: FÖRDERBRUNNEN ZUR NUTZUNG OBERFLÄCHENNAHEN GRUNDWASSERS	13
ABBILDUNG 5: KÜHLSYSTEME ZUR ERDWÄRMENUTZUNG	14
ABBILDUNG 6: KASKADENSYSTEM EINES BINÄREN NIEDERENTHALPIE-GEOTHERMIEKRAFTWERKES	15
ABBILDUNG 7: WÄRMESKALA UND NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN GEOTHERMALER ENERGIE	15
ABBILDUNG 8: STRUKTUR DES COSTA-RICANISCHEN ELEKTRIZITÄTSSEKTORS	20

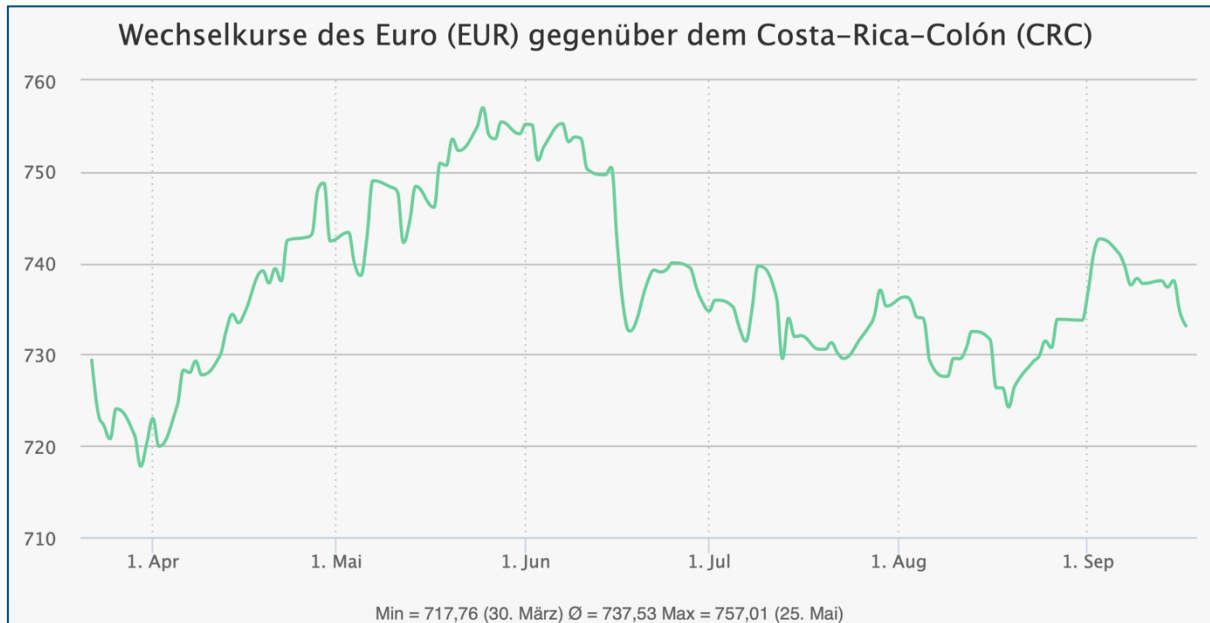
IV. Abkürzungsverzeichnis

AHK	Außenhandelskammer	
ARESEP	Regierungsbehörde für öffentliche Dienstleistungen	Autoridad Reguladora de Servicios Público
bzw.	beziehungsweise	
CNFL	Nationales Unternehmen für Energie und Licht	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
i.V.m.	in Verbindung mit	
ICE	Costa-ricanisches Institut für Elektrizität	Instituto Costarricense de Electricidad
inkl.	inklusive	
m ²	Quadratmeter	
MINAE	Ministerium für Umwelt und Energie	Ministerio de Ambiente y Energía
Mio.	Millionen	
Mrd.	Milliarden	
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung	Organization for Economic Cooperation and Development
ORC	Technologie für binäre Geothermiekraftwerke	Organic-Rankine-Cycle
z. B.	zum Beispiel	

V. Währungsumrechnung

Euro	US-Dollar	1 EUR = 1,174 US\$
Euro	Costa Rica Colon	1 EUR = 737,564 CRC

Abbildung 1: Wechselkursentwicklung EUR - CRC



Quelle Abbildung: (Exchangerates.org 2021)

VI. Energieeinheiten

GW(h)	Gigawatt(stunde)
kW(h)	Kilowatt(stunde)
MW(h)	Megawatt(stunde)
TW(h)	Terawatt(stunde)

DIE PROJEKTOPPORTUNITÄT

1. Projektziel und -rahmen

1.1. Das Projektziel

Das Projekt hat zum Ziel, die oberflächennahe Niederenthalpiegeothermie als alternative Energiequelle zur Eigenerzeugung und -nutzung und als Bestandteil einer dezentralen Energiematrix zu etablieren. Hierzu sollen mit Hilfe des deutschen Konsortiums Projekte entwickelt werden, welche eine niederenthalpiegeothermiebasierte Stromerzeugung, fallabhängig mit einer gekoppelten Wärme- oder Kältenutzung, in oberflächennahen (ca. 300m Tiefe) Erdschichten als Möglichkeit zur Eigennutzung und Netzeinspeisung in der Energiematrix in Costa Rica bereitstellen.

1.2. Die Projektopportunität und -chancen

Costa Rica ist ein Vorreiterland in der nachhaltigen Energieproduktion mittels erneuerbarer Energien. Im Jahr 2020 wurden 99,78% der landesweit erzeugten elektrischen Energie in dieser Form produziert, hauptsächlich mittels Wasserkraft, Hochenthalpiegeothermie, Solarenergie und Windkraft. Trotz der in diesem Bereich schon nahezu kompletten Abdeckung des Strommarktes durch erneuerbare Energien befindet sich der Markt aktuell in einem Transformationsprozess. Dieser hat zwei Haupttendenzen: einerseits die Abkehr von der großtechnischen hydroelektrischen und äolischen Energieproduktion, welche aufgrund ihrer starken Umwelt- und Landschaftseingriffe nicht mehr prioritär ist, andererseits die klare Abkehr von einer zentralisierten Erzeugungsmatrix zu einer dezentralen Struktur. Eine derartige Organisation bietet insbesondere Möglichkeiten zur Kosteneinsparung und führt zu einem großen Interesse an derartigen Eigenerzeugungslösungen. Ebenso entsteht hierdurch die Möglichkeit zur Teilnahme als Prosumerfigur in der nationalen Stromerzeugung.

Neben den traditionellen Prosumerlösungen, basierend auf solarer und äolischer Energieerzeugung, ermöglicht der technische Fortschritt der letzten Jahre auch eine Nutzung von Niederenthalpiegeothermie zur Energieerzeugung. Die Nutzung von Hochenthalpiegeothermie ist hier aufgrund des technischen Aufwandes und der hohen Energiemengen ausschließlich für großtechnische Anwendungen sinnvoll, ebenso ist die Nutzung von Hochenthalpiegeothermie aufgrund des costa-ricanischen Gesetzes *Ley N° 5761* aus dem Jahr 1976 ausschließlich dem *Instituto Nacional de Electricidad*, dem staatlichen Energieversorger, vorbehalten. Im Bereich der Nutzung von Niederenthalpie gibt es jedoch inzwischen vielfältige Nutzungsmöglichkeiten, insbesondere die Nutzung von oberflächennaher Niederenthalpiegeothermie zur Energieerzeugung in Indonesien ist hierbei als Vorbild zu nennen. In Lateinamerika wird trotz der in vielen Ländern existierenden hervorragenden geologischen Voraussetzungen Niederenthalpiegeothermie ausschließlich zum Zweck einer Direktnutzung erschlossen. In Costa Rica existiert in vielen Teilen des Landes ein großes Potenzial zur Nutzung der Niederenthalpiegeothermie. Dies bietet Chancen, insbesondere für die Nutzung klein- und mittelgroßer Anlagen zur

Energieerzeugung, welche in Kombination mit einer Nutzung der Abwärme erfolgen kann und somit einen sehr hohen Wirkungsgrad aufweist. Neben der Nutzung zum Eigenverbrauch mit Durchleitung, also getrennten Produktions- und Nutzungsstandorten, für gewerbliche Nutzer und organisierte Wohnsiedlungen ist diese Form der Energieerzeugung auch für den Vorortverbrauch hervorragend geeignet, beispielsweise in den touristisch hochentwickelten Landesteilen, in welchen große Hotels und touristische Komplexe Großverbraucher darstellen. Die hohen Stromkosten, die nutzungs- und tageszeitabhängig zwischen 0,11 und 0,18 €/kWh variieren, stellen einen starken Anreiz zur Eigenerzeugung dar. Im Vergleich hierzu liegen die Produktionskosten in den Hochenthalpie-geothermiekraftwerken bei 0,03 €/kWh. Die hohen Stromkosten erlauben einen kurzen Investitionsamortisation-/erwarteten *Payback*-Zeitraum. Bei Deponiegas- oder Biogas-anlagen sowie bei Solarparks liegt dieser aktuell in einem Zeitraum von 5 bis 6 Jahren.

Der integrale Ansatz eines Konsortiums aus deutschen Technologieanbietern und Ingenieursdienstleistern, das innovative Anwendungskonzepte für den costa-ricanischen Markt anbietet, ermöglicht eine modulare Adaptation des Produktes an die individuellen Anforderungen des Kunden.

Es sollten Komplettlösungen inkl. Lagestudien, Bohrung und Installation der Anlagen zur Stromerzeugung mit gekoppelter Wärme- oder Kältenutzung zur Eigennutzung sowie zur zukünftigen vergüteten Einspeisung oder Durchleitung angeboten werden. Neben einer Komplettlösung können auch Einzelmodule des Konzepts angeboten werden. Auch Finanzdienstleister mit Erfahrung in nachhaltigen Energieprojekten für mittelständische Gewerbekunden und Privatkunden, welche klassische kreditbasierende Finanzierungsmodelle, aber auch innovative Dienstleistungen wie vollfinanzierte *Energy-as-a-service*-Lösungen anbieten können, sollten zum Konsortium gehören.

Aufgrund der Vorbildfunktion Costa Ricas im Energiesektor können diese Konzepte im Anschluss auch auf dem mittelamerikanischen Markt angeboten und somit diese Region erschlossen werden.

Es bestehen Geschäftschancen für ein Konsortium deutscher Firmen bei folgenden Technologien:

- Dienstleistungen zur Erschließung von Geothermie
- Technologie zur Erschließung von Geothermie
- Steuertechnologie zur Netzeinspeisung/-durchleitung
- Smart-Grid-Technologie
- Ingenieursdienstleister und -beratung
- Finanzdienstleister

2. Zielgruppe in der deutschen Industrie

Im Gegensatz zu den anderen zentralamerikanischen Ländern verfügt Costa Rica über eine staatliche, vertikal integrierte Stromversorgungsstruktur. Das Costa-ricanische Institut für

Elektrizität (Spanisch: *Instituto Costarricense de Electricidad*, ICE) ist sowohl für die Übertragung als auch den größten Teil der Verteilung und Erzeugung zuständig (Meza 2014). Allerdings ist seit der Verabschiedung der Gesetze 7200 und 7508 eine private Stromerzeugung unter gewissen Bedingungen erlaubt (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Panamá 2011), sodass die Möglichkeit für ein Konsortium aus deutschen Unternehmen im Bereich der nachhaltigen Energieproduktion in Costa Rica besteht. Trotz seiner geologisch hervorragenden Bedingungen für die Nutzung von Niederenthalpiegeothermie wird bisher nur die Hochenthalpiegeothermie zur Stromerzeugung verwendet. Das bedeutet, dass – besonders durch das *Know-how* und die weltweit bekannte Qualität deutscher Produkte und Dienstleistungen sowie das Vertrauen in diese – Geschäftschancen für eine Konsortialbildung deutscher Firmen in folgenden Bereichen besteht:

- Anbieter klassischer und innovativer Finanzierungsmodelle für nachhaltige Energieprojekte;
- Dienstleistungen zur Erschließung von Niederenthalpiegeothermie;
- Smart-Grid-Technologie;
- Ingenieursdienstleistungen und -beratung;
- Steuertechnologie zur Netzeinspeisung und -durchleitung;
- Technologie zur Erschließung von Niederenthalpiegeothermie.

Spezifisch bieten sich Chancen für Unternehmen aus den folgenden Kategorien:

- Anlagentechnik (oberirdisch);
- Armaturen;
- Bohrarbeiten (inkl. Know-how aus der Erdöl- und Erdgasindustrie);
- Bohrzubehör/-geräte;
- Energieverteilung/-speicherung;
- Erdwärmesonden;
- Exploration;
- Gutachter, Sachverständige;
- Kommunikationstechnologien;
- Komplettierung, Stimulation;
- Monitoring;
- Netzmanagement und Leittechnik;
- Software;
- Thermal Response Tests;
- Vorerkundung, Planung, Beratung;
- (Wärme-) Pumpen, Wärmenetze.

Anbieter dieser Dienstleistungen und Technologien können ein Konsortium bilden, um dann ein innovatives Anwendungskonzept für den costa-ricanischen Markt anzubieten. Einige der zuvor genannten Unternehmenstypen existieren zwar in Costa Rica, jedoch sind diese bisher nicht in der Nutzung der Niederenthalpie aktiv, sodass hier gute Marktchancen für ein Konsortium deutscher Unternehmen bestehen, das nicht nur einzelne Module anbietet, sondern Komplettlösungen.

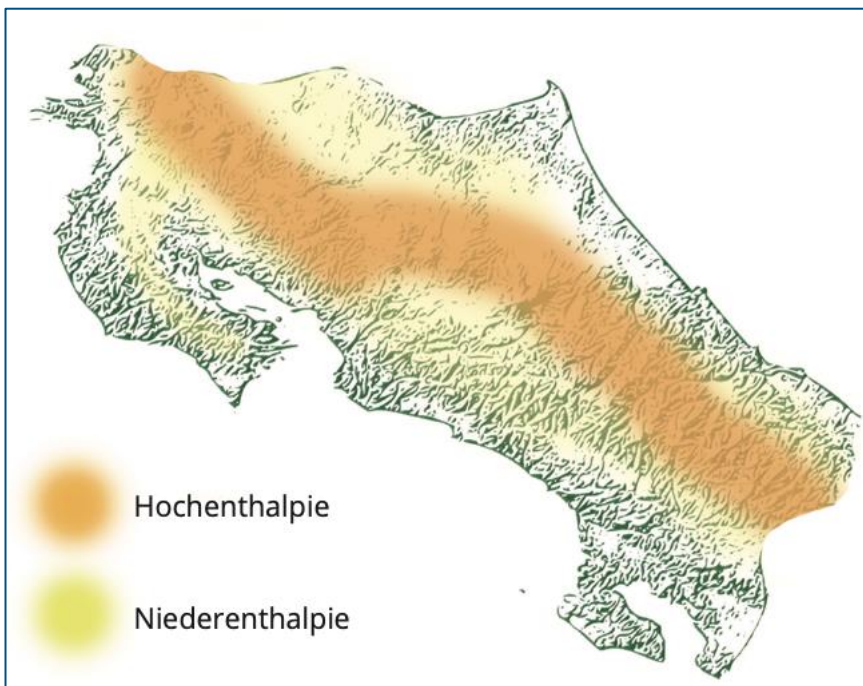
3. Projekt- und Wettbewerbsumfeld

Seit 1998 wird die Hochenthalpiegeothermie zur Stromgewinnung in Costa Rica genutzt, ebenso gibt es traditionell eine Direktnutzung oberflächennaher Geothermie, insbesondere im Tourismussektor.

3.1. Was gibt es bereits im Zielland und wer macht das?

Das Potenzial für Energieförderung durch Geothermie wird in Costa Rica, basierend auf einer vorläufigen Oberflächenschätzung, auf ungefähr 875 MW geschätzt (AHK Costa Rica 2015). Andere Daten legen ein Potenzial zwischen 900 und 1.000 MW (The World Bank 2018) bzw. bis zu 2.135 MW (ICE 2015) nahe. Dieselbe Studie weist auch die Regionen auf, in denen das Potenzial ermittelt wurde (siehe Tabelle 2). Dieses Potenzial zur Energieförderung bezieht sich aber ausschließlich auf die Hochenthalpiegeothermie und lässt das Potenzial der Niederenthalpie außen vor. Große Teile des Potenzials für die Nutzung der Hochenthalpiegeothermie liegen in Nationalparks der Gebirgsketten des *Valle Central* und Guanacaste.

Abbildung 2: Hochenthalpie- und Niederenthalpiegebiete in Costa Rica



Quelle Abbildung: (Germany Energy Solutions 2021)

Die Nutzung der Hochenthalpiegeothermie ist aktuell ausschließlich dem staatlichen Stromerzeuger ICE vorbehalten. Das erste Kraftwerk wurde am Vulkan Miravalles erbaut und verfügt heute über vier Anlagen, die zusammen 165,5 MW elektrische Energie erzeugen (ICE 2015). Das zweite Gebiet befindet sich am Fuße des Vulkans Rincón de la Vieja und weist aktuell ein Kraftwerk mit zwei Anlagen, Pailas I und Pailas II, mit einer Kapazität von 42,5 MW respektive 55 MW auf. Ein weiteres Kraftwerk, Borinquen I, angrenzend an

den Nationalpark Rincón de la Vieja unweit der Kraftwerke Pailas I und II, befindet sich aktuell (September 2021) im Bau. Borinquen I wird voraussichtlich 2027 fertiggestellt und über eine Kapazität von 55 MW verfügen. Schon heute macht der Strom aus Geothermie einen Anteil von mehr als 13% des jährlichen Gesamtstrombedarfs aus (ICE 2021). Des Weiteren wird eine weitere Anlage (Borinquen II) mit einer Kapazität von ebenfalls 55 MW geplant und könnte 2030 fertiggestellt werden (ICE 2021).

Die neuen Geothermiekraftwerke werden zusammen mit den bestehenden eine Gesamtleistung von 372 MW erreichen.

Tabelle 1: Geothermiekraftwerke in Costa Rica

Kraftwerk	Kapazität	Anlagen
Campo Geotérmico Miravalles	163,5 MW	Miravalles I
		Miravalles II
		Miravalles III
		Miravalles V
		Bocas de Pozo (mobile Anlage)
Campo Geotérmico Las Pailas	97,5 MW	Pailas I
		Pailas II
Campo Geotérmico Brorinquen	110 MW (geplante Kapazität)	Borinquen I (Fertigstellung 2023-2027)
		Borinquen II (Fertigstellung 2025-2030)

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (ICE 2015)

Tabelle 2: Geschätztes Hochenthalpiegeothermiepotenzial nach Regionen in MW

	Eine Stufe der Vaporisierung	Zwei Stufen der Vaporisierung	Durchschnitt
Miravalles	164	213	189
Rincón de la Vieja	137	177	157
Irazú – Turrialba	101	130	115
Tenorio	97	123	110
Platanar	97	122	109
Poás	90	116	103
Barva	85	109	97
Fortuna	61	77	69
Orosi-Cacao	33	41	37
TOTAL	865	1.108	986

Quelle Tabelle: (Ing. Jiménez 2010)

3.2. Welchem Umfeld ist das Konsortium ausgesetzt?

Der Strommarkt in Costa Rica wird in den drei Bereichen Erzeugung, Übertragung und Verteilung von der ICE-Gruppe dominiert. Die Stromerzeugung wird prioritär von sieben öffentlichen und 37 privaten Unternehmen übernommen. Im Jahr 2019 wurden 69% der gesamten Kapazität durch eigene Anlagen des ICE gestellt, die Verteilerunternehmen stellten 12% und nur 19% wurden von unabhängigen Erzeugern übernommen (ICE 2021). Während die Übertragung vollständig in das Aufgabenfeld des ICE fällt, teilt sich die Verteilung unter ICE und kommunalen Verteilern und Gesellschaften auf. Die langfristige Planung und die Ausarbeitung der politischen Strategie übernimmt das Ministerium für Umwelt und Energie (Spanisch: *Ministerio de Ambiente y Energía*, MINAE), die Kontrolle und Preisgestaltung des Energiesektors übernimmt die Regierungsbehörde für öffentliche

Dienstleistungen ARESEP (AHK Costa Rica 2015). Die ICE-Gruppe ist bisher die einzige Stromerzeugerin, die Geothermie zur Gewinnung elektrischer Energie in Costa Rica nutzt.

3.3. Was sind mögliche lokale und internationale Partner und Wettbewerber?

Eine wichtige Partnerin und gleichzeitig Wettbewerberin ist die ICE-Gruppe selbst. Zwar betreibt sie, wie bereits beschrieben, eigene Geothermiekraftwerke, trotzdem wird sie als Partnerin zur Stromeinspeisung bei aktueller Gesetzeslage unabdingbar.

Im Geothermie-Sektor gibt es in Costa Rica keinen weiteren privaten Wettbewerber. In Costa Rica sowie El Salvador dominieren bisher staatliche Unternehmen bei der Erschließung der Geothermie, während andere Länder Lateinamerikas wie Nicaragua und Guatemala Unternehmen der Privatwirtschaft dominieren. Ebenfalls finden sich Modelle basierend auf öffentlich-privaten Partnerschaften in Lateinamerika (The World Bank 2018).

Aus diesem Grund findet man in den Nachbarländern Costa Ricas bereits etablierte Unternehmen der Geothermie oder Unternehmen, die teilweise im Bereich der Erforschung und Erschließung von Geothermie tätig sind und zum Teil über internationale Erfahrung verfügen. Basierend auf Informationen der Geothermal Development Facility for Latin America (GDF) werden im Folgenden einige Wettbewerber vorgestellt.

Tabelle 3: Direkte und indirekte Wettbewerber in Lateinamerika

Länder	Unternehmen	Website
Bolivien	Empresa Nacional de Electricidad (ENDE)	https://www.ende.bo/index.php
	Compañía de Energía SPA	https://www.cge.cl
Chile	Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi	http://www.collahuasi.cl
	Transmark Chile SpA	https://www.transmark-renewables.com/projects
Costa Rica	Instituto Costarricense de Electricidad*	https://www.grupoice.com
Ecuador	Corporación Electrica del Ecuador	https://www.celec.gob.ec
	Adage Geothermal Guatemala	https://www.adagegeothermal.com
Guatemala	Bluestone Ressources Inc.	https://bluestoneressources.ca/mita-geothermal-project/
	Geotermia Centroamerica S.A.	https://www.geotermiacentroamericana.com
	ORMAT Honduras	https://www.ormat.com/en/home/a/main/
	Central Hidroeléctrica de Caldas S.A. ESP	http://www.chec.com.co
Kolumbien	Gensa	http://www.gensa.com.co
	ISAGEN	https://www.isagen.com.co/es/home
Mexiko	Comisión Federal de Electricidad	https://www.cfe.mx/Pages/default.aspx
	Energías Alternas	https://energiasalternativas.mx
	Geoinnova S.A.P.I. DE C.V.	https://geoinnova.cl/es_home/
Peru	EDC Energía Verde Perú	https://www.energiaverde.pe

*zur Vollständigkeit; keine Zusammenarbeit mit der GDF

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (GDF kein Datum)

4. Wirtschaftliche Machbarkeit

Ziel dieses Kapitels ist es, die Finanzierung und Kosten-Nutzen-Analyse eines hypothetischen Niederenthalpiegeothermiekraftwerkes in Costa Rica darzustellen. Außerdem wird eine Kostenberechnung von direkter Erdwärmenutzung zur Kühlung für mehrere Anwendungsbeispiele aufgestellt. Die unterschiedlichen Bedingungen und Nutzungsmöglichkeiten bedeuten, dass die Modelle nicht direkt auf andere Projekte übertragen werden können. Deshalb werden Business Cases dargestellt, die eine Finanzierung anderer Technologien und Bedingungen abschätzen lassen (für weitere Beispiele siehe Anhang). Insbesondere muss hier berücksichtigt werden, dass es sich bei diesem Projekt um ein Pilotprojekt handelt, folglich bisher keine Vergleichsprojekte und Vergleichsrechnungen existieren.

Niederenthalpiekraftwerk zur Stromgewinnung und direkter Wärmenutzung:

Im Folgenden wird ein Niederenthalpiekraftwerk nach dem Kaskadenprinzip vorgestellt, das heißt, die gewonnene Hitze wird zunächst für die Stromgewinnung und danach für die Wärme genutzt. Es wird eine binäre Technologie vorgestellt, welche im Vergleich zu Flash-Anlagen normalerweise kostenintensiver ist, aber auch bei geringeren Temperaturen (80-150 °C) genutzt werden kann. Für die Wärmeübertragung kommen die *Organic-Rankine-Cycle*-Technologie (ORC) und der *Kalina Cycle* (KC) in Frage. Bei entsprechendem Potenzial kann dieses binäre System für organisierte Wohnsiedlungen, Hotelkomplexe, gewerbliche Anwendungen und größere Wohnhäuser genutzt werden.

Tabelle 4: Modell des Energieverbrauchs eines Hotels in Costa Rica

Energieverbrauch einer Hotelanlage mit 1.000 m² Wohnfläche

Fläche Hotel	40 x 25 m ² = 1.000 m ²
Energieverbrauch / m ² (Strom)	70 kWh / m ² / Jahr
Energieverbrauch pro Jahr (Strom)	70 MWh
Energieverbrauch / m ² (Wärme)	200 kWh / m ² / Jahr
Energieverbrauch pro Jahr (Wärme)	200 MWh
Energieverbrauch / m ² gesamt	270 kWh / m ² / Jahr
Energieverbrauch absolut	270.000 kWh / Jahr (270 MWh / Jahr)
Energiekosten (ICE, 2015) pro Jahr	18.090 € *

* Berechnete Stromkosten bei 0,067€/kWh

Quelle Tabelle: Eigene Darstellung; Energiekosten: (MGM International 2017)

Tabelle 5: Modell des Energiegewinns eines Niederenthalpiekraftwerkes

System	Bruttoleistung*	Bruttoenergie*	Bruttostromerzeugung*
Kalina Cycle	430 kW	1.730 MWh	3,5 GWh / Jahr (J)
Organic-Rankine-Cycle	240 kW	940 MWh	1,9 GWh / J
Projizierter Energieüberschuss		940 – 200 = 740 MWh / J	1.830 MWh / J
Projizierte Erträge durch Einspeisung		***	76.860 € / J **

* Die Daten gehen auf ein Kraftwerk in Polen zurück (maximale Durchflussgeschwindigkeit: 51,22 kg/s; Wassertemperatur: 82 °C).

** Stromeinspeisungspreis: 0,042 €

*** Umsatz durch Wärmeverwendung möglich (Poolheizung, Gewächshausheizung, ...; siehe dazu Anhänge)

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Kaczmarczyk, Tomaszewska und Operacz 2020)

Wendet man dieses Modell auf unterschiedliche Branchen an, wird deutlich, dass ein Kraftwerk mit einer Leistung von 240 kW deutlich mehr Strom erzeugen würde, als durchschnittlich verbraucht wird. Folgend werden Daten aus einer Erhebung in Österreich auf obige Anwendung eines binären Kraftwerkes unter Nutzung des *Organic-Rankine-Cycle* übertragen.

Tabelle 6: Energieverbrauch nach Branchen und mögliche Erträge unter ORC-Nutzung

Branchen	Stromnutzung gesamt	Energieverbrauch gesamt	Stromüberschuss bei ORC	Erträge durch Einspeisung
Lebensmitteleinzelhandel	355 MWh	109 MWh	1.545 MWh	64.890 €
1.000 m ² (Durchschnittliche konditionierte Fläche Studie: 428 m ²)	Stromverbrauch, Beleuchtung, in Kühlaggregate	Raumwärme		
Bürobetriebe	72 MWh	96 MWh	1.828 MWh	76.776 €
1.000 m ² (Durchschnittliche konditionierte Fläche Studie: 230 m ²)	Stromverbrauch, Beleuchtung, in Bürogeräte, Klimaanlage	Raumwärme		
Einzelhandel Non Food	217 MWh	179 MWh	1.683 MWh	70.686 €
1.000 m ² (Durchschnittliche konditionierte Fläche Studie: 437 m ²)	Stromverbrauch, Beleuchtung, in Elektrische Antriebe, Bürogeräte, Klimaanlage	Raumwärme, Warmwasser		
Gastronomie	245 MWh	198 MWh	1.655 MWh	69.510 €
1.000 m ² (Durchschnittliche konditionierte Fläche Studie: 317 m ²)	Stromverbrauch, Beleuchtung, in Kühlaggregate	Raumwärme, Warmwasser		
Hotellerie	55 MWh	130 MWh	1.845 MWh	77.490 €
1.000 m ² (3- und 4-Sterne-Hotels, durchschnittlich 2.500 m ² , 80 Betten und 40 Nächtigungen/Tag)	Stromverbrauch, Beleuchtung, Kühlaggregate	Raumwärme, Warmwasser		

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Energieinstitut der Wirtschaft GmbH 2012)

Die Kosten für Niedertemperaturkraftwerke können abhängig von vielfältigen Faktoren variieren. Dennoch kann folgende Tabelle (siehe Tabelle 7) einen Hinweis auf die ungefähren Kosten der Anlage geben. Ebenso werden im Kostenmodell (siehe Tabelle 8) die unterschiedlichen Kostenpunkte genauer aufgeschlüsselt.

Tabelle 7: Geschätzte Kapital-, Betriebs- und Wartungskosten für kleine binäre Niedertemperaturkraftwerke

Kapitalkosten €/kW				
Ressourcentemperatur (°C)				
Nettoleistung (kW)	100	120	140	Betriebs- und Wartungskosten US\$/J
100	2.373	2.069	1.887	17.896
200	2.191	1.910	1.741	23.096
500	2.008	1.750	1.596	28.489
1.000	1.825	1.591	1.451	41.227

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Chandrasekharam und Bundschuh 2008)

Tabelle 8: Kostenmodell für kleine Niedertemperaturgeothermiekraftwerke < 1 MW_e

Technik	Ressourcentemperatur	120 °C
	Nettokapazität	300 kW _e
	Anzahl der Bohrungen	2
	Leistungsfaktor	0,8
	Lebensdauer der Anlage (Jahre)	30
	Rendite der Investition (ROI)	12% / Jahr
	Produzierte kWh / Jahr	2,1 Mio.
Kapitalkosten (€)	Erkundung	170.000
	Bohrung*	277.000
	Gelände	80.000
	Kraftwerk	561.000
	Total	1.088.000
Anlagenkosten / installierte kW		1.900
Jährliche Kapitalrückflusskosten (€)		135.150
Betriebs- und Wartungskosten (€ / Jahr)	Gelände	27.250
	Anlage	22.150
	Backup-System	4.250
	Total / Jahr	53.650

* Das Kostenmodell wurde 1999 entworfen und Entwicklungen in Bohrungstechnik und Anlagendesign sorgen für möglicherweise geringere Kosten als dargestellt. Hier: Temperatur 100-140 °C, Bohrungstiefe 200 – 1.000 Meter; Stromkosten 0,089 €/kWh

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Chandrasekharam und Bundschuh 2008)

In Costa Rica werden, wie bereits beschrieben, ausschließlich Hochtemperaturkraftwerke betrieben. Diese erzeugen vergleichsweise sehr günstig Strom (siehe Tabelle 9). Es ist

davon auszugehen, dass der erzeugte Strom von kleinen Niederenthalpiekraftwerken kostenintensiver ist, da sie nicht von den Skaleneffekten der großen Anlagen (bis zu 163,5 MW) profitieren.

Tabelle 9: Ungefähre Stromerzeugungskosten von Hochenthalpiekraftwerken

Land	Projektgröße	€ pro kWh	Betreiber
Costa Rica	4 Anlagen mit einer Leistung von 200 MW	0,034 - 0,043	ICE

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Gehring, Loksha und al. 2012)

Die Bohrungskosten sind zu Projektstart die größten Kosten. Folgende Tabellen geben Aufschluss über die typische Kostenverteilung von Geothermieprojekten (siehe Tabelle 10) und speziell die Bohrungskosten (siehe Tabelle 11). Da die benötigten Bohrtiefen erheblich geringer sind als in Europa, geschätzt etwa 100 – 400m, liegen die Bohrkosten auch auf einem niedrigeren Niveau.

Tabelle 10: Typische Kostenaufschlüsselung eines geothermischen Stromerzeugungsprojekts

Kostenpunkte	Kostenanteil	Kosten (€/kW)
Erkundung	5%	78 - 120
Bestätigung	5%	84 - 342
Genehmigung	1%	
Bohrung	23%	
Dampf-/Flüssigkeitssammelsystem	8%	
Kraftwerk	54%	
Übertragung	4%	144.000 - 240.000 (€/km)

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (CRL Energy Ltd East; Harbour Energy Ltd 2011)

Tabelle 11: Bohrungskosten industrieller Geothermiekraftwerke in Neuseeland

Bohrungsarbeiten	Geschätzte Gesamtkosten (Mio. €)
Ausweitung existierender Bohrung	0,18 – 0,6
Förderbohrung (1.500 m)	1,9
Förderbohrung (2.500 m)	3,12
Reinjektionsbohrung (2.000 m)	2,52

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (CRL Energy Ltd East; Harbour Energy Ltd 2011)

Aktive und passive Kühlung durch Wärmepumpen-Systeme:

Wärmepumpen bieten eine alternative Kühl- bzw. Wärmemöglichkeit bei gleichzeitiger CO₂-Einsparung. Für die Anwendungsbeispiele eines privaten Wohnhauses, eines Bürogebäudes und eines Gewerbegebäudes können folgende Kosten für die direkte Wärme- bzw. Kältenutzung erhoben werden (siehe Tabelle 12 und 13).

Tabelle 12: Kostenvergleich verschiedener Kühlverfahren

	Wärmepumpe		Raumklima- geräte	VRF-regelbare Klimasysteme
	Passive Kühlung	Aktive Kühlung		
Arbeitszahlen im Kühlbetrieb	15,0	5,0	3,0	3,8
Beispiel Wohnhaus 150 m² (Kühllast 6 kW, 4 Räume, 150 Vollbenutzungsstunden Kühlen)				
(Mehr-)Investitionen Kühlen	2.000 €	7.000 €	9.000 €	Nicht üblich
Energiekosten	9,0 €/a	19,8 €/a	45,0 €/a	
Gesamtkosten Kühlen	268,0 €/a	926,3 €/a	1210,5 €/a	
Beispiel Bürogebäude 300 m² (Kühllast 25 kW, 15 Räume, 400 Vollbenutzungsstunden Kühlen)				
(Mehr-)Investitionen Kühlen	4.000 €	25.000 €	30.000 €	45.000 €
Energiekosten	100,0 €/a	220,0 €/a	500,0 €/a	395 €/a
Gesamtkosten Kühlen	618,0 €/a	3.457,5 €/a	4.385,0 €/a	6.222,5 €/a
Beispiel Einkaufsmarkt 500 m² (Kühllast 45 kW, 700 Vollbenutzungsstunden Kühlen)				
(Mehr-)Investitionen Kühlen	Nicht üblich	27.000 €	Nicht üblich	40.000 €
Energiekosten		693,0 €/a		1.243,0 €/a
Gesamtkosten Kühlen		4.189,5 €/a		6.423,0 €/a

Quelle Tabelle: (Max 2008)

Tabelle 13: Energie- und Investitionskosten für die Energiegewinnung und die direkte Wärmenutzung

Energiegewinnung	Energie- und Investitionskosten für direkte Wärme			Energie- und Investitionskosten für die Stromerzeugung		
	Aktuelle Energiekosten €/ct/kWh	Mögliche zukünftige Energiekosten €/ct/kWh	Bereitstellungs- kosten €/kW	Aktuelle Energiekosten €/ct/kWh	Mögliche zukünftige Energiekosten €/ct/kWh	Bereitstellungs- kosten €/kW
Biomasse	0,85 - 4,26	0,85 - 4,26	213 - 639	4,26 - 13	3,4 - 8,5	767 - 2.555
Geothermie	0,43 - 4,26	0,43 - 4,26	170 - 1.700	1,7 - 8,5	0,85 - 6,8	680 - 2.555
Windkraft	4,26 - 11	2,56 - 8,5	937 - 1.448	4,26 - 11	2,56 - 8,5	937 - 1.448
Solar (geringe Temperatur)	2,56 - 17	1,7 - 8,5	426 - 1.448	10 - 15	3,4 - 8,5	2.555 - 3.407

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Lund 1999)

Finanzierungsmöglichkeiten:

Der Finanzierung von Geothermie-Anlagen kommt eine entscheidende Rolle zu. Besonders die Erforschung und Bohrung ist mit Risiken verbunden, welche möglicherweise durch unterschiedliche Finanzoptionen verringert werden können. Folgend werden öffentliche und private Institute aufgelistet, die Finanzierungsmöglichkeiten für Geothermie-Projekte bereitstellen (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Finanzierungsmöglichkeiten zur Erschließung von Geothermie in Lateinamerika

Name	Information
Weltbank	Investmentfinanzierung und technische Hilfe (1,96 Mrd. €)
IFC (Weltbank)	Eigen- und Fremdkapitalfinanzierung, Fachwissen zu Ressourcenrisiko; drei aktive Finanzierungslinien und Direktinvestitionen in Lateinamerika u.a. in Nicaragua
NDF (Nordic Development Fund)	Geothermie-Schulungsprogramm (2,3 Mio. Euro), das vom Nordischen Entwicklungsfonds (NDF), der IDB und der Regierung von El Salvador finanziert wird.
EIBA	Kredit für den Bau von Las Pailas II, 51 Mio. €

GIZ (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit)	5 Mio. € (verbessertes Investitionsklima, Human Resources...)
Costa-ricanische Regierung	Kredit für nachhaltige Stromerzeugung; Zeitraum 25 Jahre
GGDP (Global Geothermal Development Plan) ESMAP	200 Mio. € mit mehreren Projekten in der Region (u.a. Nicaragua und Mexiko)
IDB (Inter-American Development Bank)	170 Mio. € Kredit für Las Pailas II und Borinquen I in Costa Rica (zusammen mit JICA)
JICA (Japanische Agentur für internationale Zusammenarbeit)	Mehrere direkte Kreditprogramme in der Region, darunter ein Kredit von 477 Mio. € in Costa Rica für Geothermiekraftwerke.
GDF (Geothermal Development Facility for Latin America)	639 Mio. € (Risikoabsicherung & Kreditlinien)
KfW (GDFLA)	Bereits Kredit in Costa Rica vergeben.
CTF	4,9 Mrd. €
GCF (Green Climate Fund)	8,8 Mrd. € (Ein Projekt in der LAC-Region)
GEF (Global Environmental Facility)	3,8 Mrd. €

Quelle Tabelle: In Anlehnung an (Gischler, et al. 2020) und (The World Bank 2018)

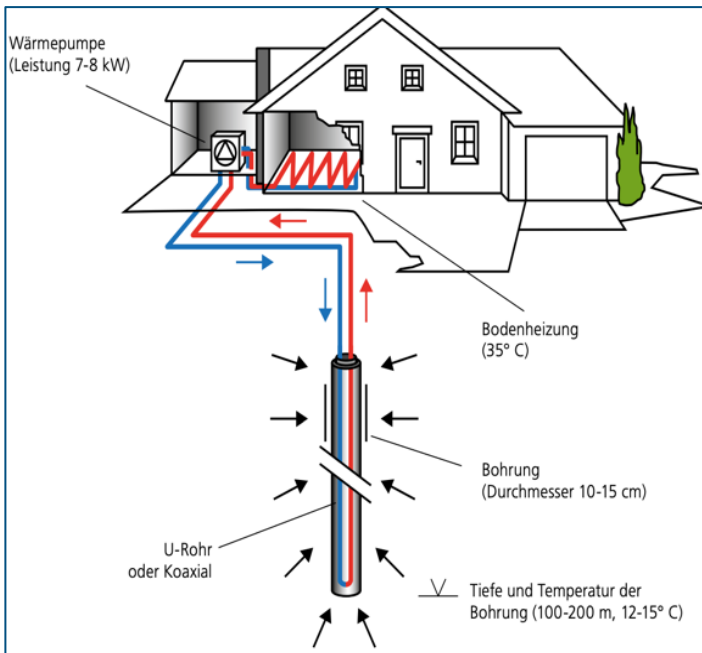
5. Technische Lösungsansätze

Es gibt unterschiedliche Systeme, die abhängig von der Umgebungsgegebenheit und dem Anwendungswunsch installiert werden können. Folgend werden unterschiedliche Systeme sowie der Ablauf der Planung und Installation dargestellt.

5.1. Unterschiedliche technische Systeme

Die *oberflächennahe Geothermie* nutzt die gespeicherte Energie der obersten Erdschichten bis zu einer Tiefe von ca. 400 m und Temperaturen von bis zu 190 °C. Diese dient zum Beheizen und Kühlen von Gebäuden, technischen Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen. Außerdem wird sie durch innovative Techniken auch zum Speichern thermischer Energie sowie der Stromgewinnung verwendet. Für die Gewinnung der Wärme aus dem Erdreich und dem oberflächennahen Gestein bzw. aus dem Grundwasser werden sowohl Wärmepumpen, Energiepfähle, Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren als auch erdberührte Betonbauteile eingesetzt (Bundesverband Geothermie 2020). Die Wärmequelle und die technische Variante zur Erschließung wird abhängig von den örtlichen Untergrundverhältnissen, der hydrogeologischen Situation und dem oberirdischen Platzangebot ausgewählt (StMUGV 2007). Die am häufigsten verwendeten Anlagentypen sind die Erdwärmesonden und die Grundwasserwärmepumpen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Abbildung 3: Wärmepumpensystem eines Wohnhauses

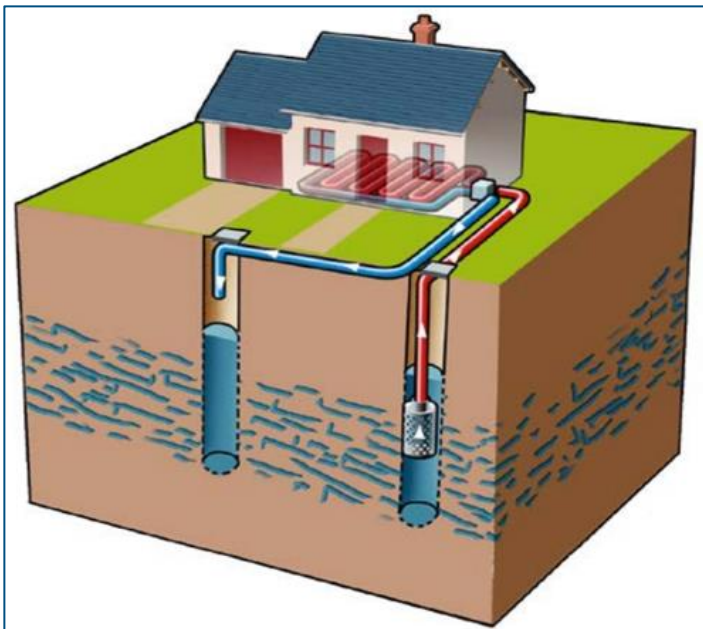


Quelle Abbildung: (Deutsch-Französisch-Schweizerische Oberrheinkonferenz 2013, 6)

Erdwärmesonden

Die Erdwärmesonden werden als senkrechte Bohrungen niedergebracht, in die Rohre eingelassen und im Anschluss durch eine Art Zement fest eingebaut, z. B. mit Doppel-U-Rohren aus Polyethylen. Durch die Zugabe eines Wärmeträgermittels kann dann die Wärme aus dem Erdreich aufgenommen und an die Oberfläche zur Wärmepumpe geleitet werden. Da bei größeren Anlagen mehrere Erdwärmesondenlöcher gebohrt werden müssen, muss vor dieser Erstellung ein *Thermal Response Test*, welcher Daten über den Untergrund (z. B. die Wärmeleitfähigkeit) liefert, durchgeführt werden, sodass die Anzahl der Bohrungen inkl. ihrer Tiefe berechnet werden kann (Bundesverband Geothermie 2020).

Abbildung 4: Förderbrunnen zur Nutzung oberflächennahen Grundwassers



Quelle Abbildung: (Deutsch-Französisch-Schweizerische Oberrheinkonferenz 2013, 7)

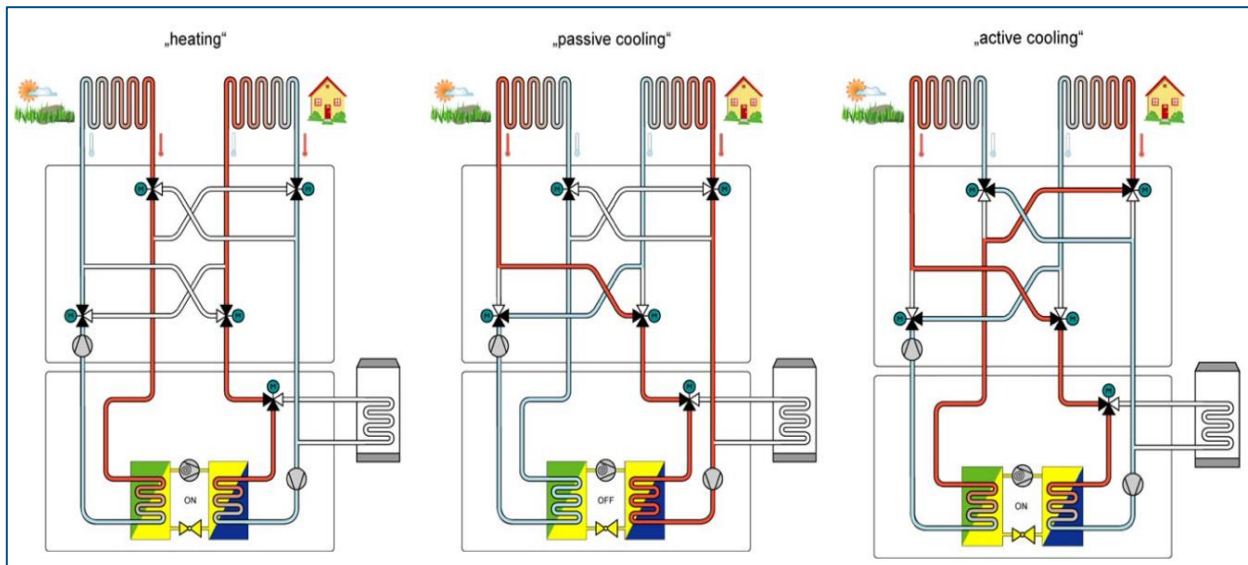
Grundwassernutzung

Wird die geothermische Energie über das oberflächennahe Grundwasser gewonnen, wird meist ein Förderbrunnen, eine Unterwasserpumpe, welche das Grundwasser zur Grundwasser-Wärmepumpe fördert, und ein Schluckbrunnen genutzt, in welchem es dem genutzten Grundwasserkörper wieder zugeführt wird. Für die Planung dieser technischen Variante der Erschließung ist aufgrund der hydrogeologischen Voraussetzungen die Zuschaltung eines Ingenieurbüros vorteilhaft (StMUGV 2007). Grundwasserpumpenanlagen sind also offene Systeme, da das Grundwasser in direktem Kontakt mit dem Untergrund steht.

Aktive und passive Kältenutzung

Gibt es keine Wärmequelle von mehr als 80 °C, ist die Stromgewinnung nicht möglich, dennoch gibt es die Möglichkeit, die Heizung bzw. Kühlung durch Erdwärme zu betreiben. Erdsonden, bedingt auch Erdkollektoren sowie Grundwasser unter 20 °C können als Kühlquelle dienen. Während in Einfamilienhäusern häufig eine passive Kühlung ausreicht, ist in Gewerbebetrieben die aktive Kühlung notwendig. In Bürogebäuden sind beide Verfahren möglich.

Abbildung 5: Kühlsysteme zur Erdwärmenutzung

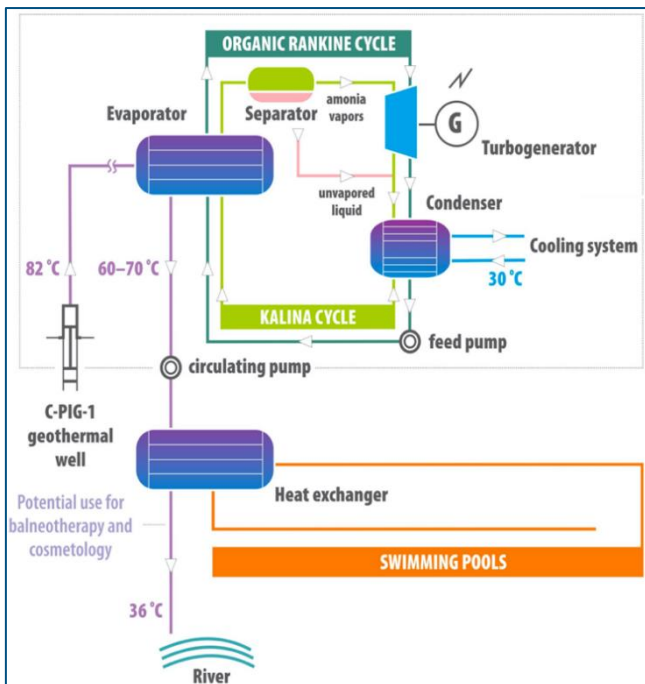


Quelle Abbildung: (Schiefelbein, 2008)

Kaskadensystem und Stromgewinnung

Für die Stromgewinnung kommen bei der Niederenthalpie binäre Kraftwerke zur Anwendung, welche die Wärme des Wassers (< 90° bis 190 °C) auf einen Stoff mit niederm Siedepunkt überträgt (Dickson und Fanelli kein Datum). Hierfür wird der *Organic-Rankine-Cycle* oder der *Kalina Cycle* verwendet. Danach kann die Restwärme im Kaskadensystem für die Wärmenutzung verwendet werden. Das Kraftwerk ist modular aufgebaut und kann somit um weitere direkte Nutzungsmöglichkeiten und um weitere Stromgeneratoren ergänzt werden.

Abbildung 6: Kaskadensystem eines binären Niederenthalpie-Geothermiekraftwerkes



Quelle Abbildung: (Kaczmarczyk, Tomaszewska und Operacz 2020, 4)

Abbildung 7: Wärmeskala und Nutzungsmöglichkeiten geothermaler Energie

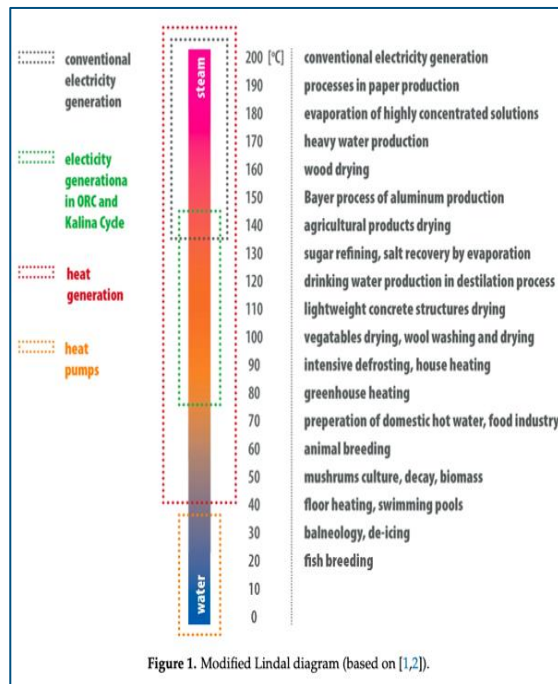


Figure 1. Modified Lindal diagram (based on [1,2]).

Quelle Abbildung: (Kaczmarczyk, Tomaszewska und Operacz 2020, 2)

5.2. Planung und Installation von Geothermieanlagen

Die Nutzbarmachung von Erdwärme (Geothermie) kann in die folgenden acht Phasen aufgeteilt werden (ESMAP 2012), für die jeweils spezielles *Know-how* und spezifische Unternehmen benötigt werden.

Phase 1 – Topografische Voruntersuchung

Die erste Phase beginnt mit der Prüfung, ob die Geothermie als eine sinnvolle Alternative angesehen werden kann und ob die Durchführung am jeweiligen Standort möglich ist. Teil der topografischen Voruntersuchung ist also eine Datenerhebung und Bestandsaufnahme, eine nationale topografische Erhebung, im Anschluss daran die Auswahl vielversprechender Gebiete, eine Umweltverträglichkeitsprüfung sowie die Prüfung erforderlicher Genehmigungen und die Planung der Exploration. Bei der Baugrunderkundung muss geprüft werden, ob der geologische Untergrund für Geothermie in Frage kommt. Außerdem wird geprüft, welcher Anlagentyp sich anbietet und wirtschaftlich ist. Gefragt sind also Unternehmen, die für die Erstellung von Geothermieanlagen am besten die komplette Dienstleistungskette der Machbarkeitsstudie anbieten: Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung inkl. notwendiger Modellierungen und Messungen (= Ingenieurdienstleistungen).

Phase 2 – Erkundung/Exploration

Die Explorationsphase besteht aus oberflächennahen topografischen Vermessungen zur Bestätigung der vorläufigen Ressourcenbewertung und beginnt, sobald der Projektentwickler

mit den Ergebnissen von Phase 1 zufrieden ist und die gesetzlichen Anforderungen erfüllt sind. Es erfolgt eine geothermische, geologische, seismische und/oder geophysikalische Exploration (ESMAP 2012). Anhand der Auswertung früherer Informationen und der Ergebnisse neuer topografischer Erhebungen wird ein vorläufiges Lagerstättenmodell entwickelt, das die Lagerstätteneigenschaften wie Durchlässigkeit, Fließparameter, Temperaturen, Mächtigkeit und Flächenausdehnung schätzt (ESMAP 2012). Es wird eine Durchführbarkeitsstudie erstellt.

Phase 3 – Probebohrungen

In dieser letzten Erkundungsphase werden ein Bohrprogramm zur Erschließung eines Ziels erstellt und in der Regel drei bis fünf Erdwärmebohrungen in voller Größe (>20 cm Durchmesser) abgeteuft. Je nach Lage, Zugänglichkeit und Infrastruktur kann es allerdings auch sinnvoll sein mit schmaleren Löchern (<15 cm Durchmesser) zu beginnen. Zudem sollten die Bohrpläne während der Bohrtätigkeit auf Basis der neuen Ergebnisse überarbeitet werden. Zu diesem Zeitpunkt ist allerdings noch nicht klar, ob die Bohrlöcher (in voller Größe) als Produktions- oder Reinjektionsbohrungen genutzt werden. Neue Bohrlöcher müssen unter Umständen nach dem Bohren „stimuliert“ werden, um Schlamm oder anderes Material zu entfernen, das Risse oder Verwerfungen im Gestein verstopft. Außerdem müssen Störungstests durchgeführt werden, um zu sehen, ob und wenn ja inwiefern die Bohrlöcher miteinander verbunden sind (ESMAP 2012).

Phase 4 – Projektprüfung und -planung

Die vierte Phase umfasst die Auswertung aller vorhandenen Daten, das heißt eine Bewertung der Entscheidungsfindung, die Durchführbarkeitsstudie sowie die endgültige Umweltverträglichkeitsprüfung. Die Machbarkeitsstudie inkl. aller finanziellen Berechnungen und des Bohrplans kann abgeschlossen werden und die Gestaltung der Installationen beginnt (ESMAP 2012).

Phase 5 – Beginn der Bohrungen

In der fünften Phase beginnen die eigentlichen Produktions- und Reinjektionsbohrungen sowie teilweise der Bau der Pipeline, die die Bohrungen mit dem Kraftwerk verbindet. Zusätzlich zu den Förderbohrungen müssen die Reinjektionsbohrungen abgeteuft werden, um geothermische Flüssigkeiten in das Reservoir zurückzuführen, was zu einer Druckunterstützung des Reservoirs führt. Diese Reinjektion muss allerdings an Stellen erfolgen, an denen sie nicht zu einer Abkühlung des geothermischen Reservoirs führt, sodass Kenntnisse über die unterirdischen Strömungsmuster erforderlich sind. Der Bohrvorgang selbst besteht aus abwechselnden Phasen des Bohrens, Verrohrens und Zementierens, bis die Oberfläche der Ressource erreicht ist. Sobald das Bohrloch in das geothermische Reservoir eindringt, wird eine durchlässige Schlitzverrohrung verwendet, um zu verhindern, dass Gestein und Schutt in das offene Loch eindringen. Zu den Materialien, die für Erdwärmebohrungen benötigt werden, gehören neben den Rohren auch Bohrgestänge, Bohrkronen, Chemikalien, die der Bohrspülung zugesetzt werden, Zement, Treibstoff, Richtbohrwerkzeuge, Bohrlochköpfe, Ventile usw. Für eine erfolgreiche Bohrung sollte der Standort der nächsten Bohrung auf den Ergebnissen früherer Bohrtests beruhen.

Bohrungen zur Gewinnung von Erdwärme sind ein zeit- und kostenaufwändiger Teil eines jeden Geothermieprojekts und bedürfen eines guten Projektmanagements und der Überwachung durch erfahrene Spezialisten. Es werden also Unternehmen für die Bohrung, Bohrlochstimulation, Reservoirsimulation und die Errichtung von Kühlwasserbrunnen benötigt (ESMAP 2012).

Phase 6 – Ausführungen (Bau)

Diese Phase umfasst die Installation des Dampfrückgewinnungssystems, das heißt einem Dampfrohrlaysystem von den Bohrlochköpfen zum Kraftwerk und zurück (=> für die Reinjektionsflüssigkeiten), Trennvorrichtungen, Kraftwerk inkl. Turbine, Generator und dem „kalten Ende“, welches aus einem Kondensator besteht und entweder Luft- oder Wasserkühlung (direkt oder mit einer Kühltürme) benötigt. Nach der Nutzung (Expansion) des Dampfes werden die abgekühlten geothermischen Fluide in der Regel in das Reservoir gepumpt, um es wieder zu erwärmen und den Druck aufrechtzuerhalten oder eine Erschöpfung des Reservoirs zu verhindern. Der erzeugte Strom wird an ein Umspannwerk und von dort an das Übertragungsnetz weitergeleitet (ESMAP 2012).

Phase 7 – Inbetriebsetzung

Die Inbetriebnahme des Kraftwerks ist die letzte Phase vor der Aufnahme des regulären Betriebs. In dieser Phase müssen in der Regel viele technische und vertragliche Fragen mit dem Anlagenlieferanten geklärt werden (ESMAP 2012).

Phase 8 – Durchführung und Wartung

Die achte und letzte Phase lässt sich unterteilen in die Betriebs- und Wartungsarbeiten für den Dampfbereich (Brunnen, Rohrleitungen, Infrastruktur usw.) und für das Kraftwerk (Turbine, Generator, Kühlsystem, Umspannwerk usw.). Die ordnungsgemäße Wartung aller Anlagen ist entscheidend, um einen hohen Verfügbarkeitsfaktor und einen hohen Kapazitätsfaktor für das Kraftwerk sowie eine kontinuierliche Dampfproduktion aus den geothermischen Bohrungen zu gewährleisten (ESMAP 2012).

Phase 1 bis 8 – Überwachung

Während des gesamten Prozesses ist es wichtig, dass die Qualität der verwendeten Baustoffe und durchgeführten Arbeiten kontrolliert und dokumentiert wird, damit eine fachgerechte Umsetzung des Projektes gewährleistet ist und Genehmigungsauflagen eingehalten werden.

6. Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Für die Nutzung geothermischer Energie müssen diverse rechtliche, ökologische und ökonomische Auflagen in Costa Rica berücksichtigt werden. Folgend werden die wichtigsten Faktoren erklärt.

6.1. Steuerlich und steuerrechtlich relevante Informationen

Das Freihandelsabkommen mit der Europäischen Union, genannt Assoziierungsabkommen zwischen Mittelamerika und der Europäischen Union, das 2013 von Costa Rica ratifiziert wurde, soll den Außenhandel und ausländische Investitionen vereinfachen und fördern. Es erlaubt vereinfachte Zahlungsabläufe sowie Kapitalbewegungen und vereinheitlicht auch patentrechtliche Gesetze (European Commission 2011), zudem beinhaltet es schrittweise Zollerleichterungen (European Commission 2012), welche inzwischen größtenteils in Kraft sind.

Nach langjährigen Verhandlungen konnte ein Doppelbesteuerungsabkommen zwischen Deutschland und Costa Rica geschlossen werden, das am 10.08.2016 in Kraft trat (Auswärtiges Amt 2021). Costa Rica ist zudem Mitglied der Welthandelsorganisation und seit Mai 2020 Mitglied der OECD. Weitere Abkommen, Freihandelszonen und Zollrückführungsverfahren wurden eingerichtet, um den internationalen Handel zu erleichtern. Auf Unternehmen wirken sich besonders Freihandelszonen positiv aus, da durch sie beispielsweise Importzölle auf bestimmte Rohstoffe, Produkte und Maschinen entfallen. Costa Rica hat bestehende Freihandelsabkommen mit den USA (CAFTA), Mexiko, Chile, Kolumbien, Kanada, der Dominikanischen Republik (CARICOM, *Caribbean Community*), Panama, Peru, China, Singapur und der EU sowie der Europäischen Freihandelszone EFTA. Die Zollrückvergütungsverfahren beziehen sich auf Waren und Verpackungen, die in Costa Rica zu Endprodukten weiterverarbeitet werden und für den Export bestimmt sind (AHK Costa Rica 2013).

6.2. Öffentliche Vergabeverfahren, Ausschreibungen und Zugang zu Projekten

Die Rechnungsprüfungsbehörde (Spanisch: *Contraloría General de la República*), das höchste fiskalische Kontrollorgan des costa-ricanischen Staates, beaufsichtigt die Ausschreibungen und öffentlichen Vergabeverfahren in Costa Rica. Ihre Aufgabe besteht darin, die ordnungsgemäße Verwendung öffentlicher Ressourcen und Güter zu gewährleisten. Alle öffentlichen Institutionen müssen diesem Gremium ihren Finanzhaushalt für das folgende Jahr vor dem 30. September jeden Jahres sowie ihren Beschaffungsplan vor dem 30. Januar im darauffolgenden Jahr mitteilen.

Damit diese Aufsicht optimal durchgeführt werden kann, gibt es ein integriertes System für vertragliche Aktivitäten (SIAC), in dem alle von öffentlichen Einrichtungen getätigten Käufe registriert werden müssen. Dieses System speichert alle Informationen über die Verwaltungsaufträge der Einrichtungen, die der Kontrolle durch die Rechnungsprüfungsbehörde unterliegen. Auf diese Weise werden die Effizienz und Transparenz des Einsatzes öffentlicher Gelder für die verschiedenen Akteure des Faches gefördert.

Um dieses Verfahren so zuverlässig wie möglich zu gestalten, wird das integrierte System des öffentlichen Beschaffungswesens (SICOP) eingesetzt. Über diese Plattform können Zulieferfirmen den Institutionen, die ihre Ausschreibungen hier veröffentlichen müssen, ihre Angebote unterbreiten.

6.3. Netzanschlussbedingungen und Genehmigungsverfahren

Laut dem Gesetz 6797 ist die Erschließung von geothermischen Energiequellen dem Staat vorbehalten und die Nutzung dieser kann staatlichen oder privaten Unternehmen in Übereinstimmung mit dem Gesetz autorisiert werden. Im Gesetz 5961 ist festgelegt, dass ausschließlich das ICE das Recht auf Untersuchung, Erkundung und Nutzung geothermischer Hochenthalpieressourcen hat (Banco Centroamericano de Integración Económica 2018). In den Gesetzen 7200 und 7508 sind jedoch die gesetzlichen Bestimmungen zum Aufbau und der Inbetriebnahme neuer Projekte durch private Unternehmen festgelegt (Banco Centroamericano de Integración Económica 2018). Demnach sind die Entwicklung und der Bau von Anlagen bis zu einer individuellen Höchstleistung von 20 MW erlaubt. Die Gesamtkapazität all dieser Anlagen darf jedoch nicht mehr als 15% der Kapazität des Nationalen Elektrizitätssystems (Spanisch: Sistema Eléctrico Nacional, SEN) betragen.

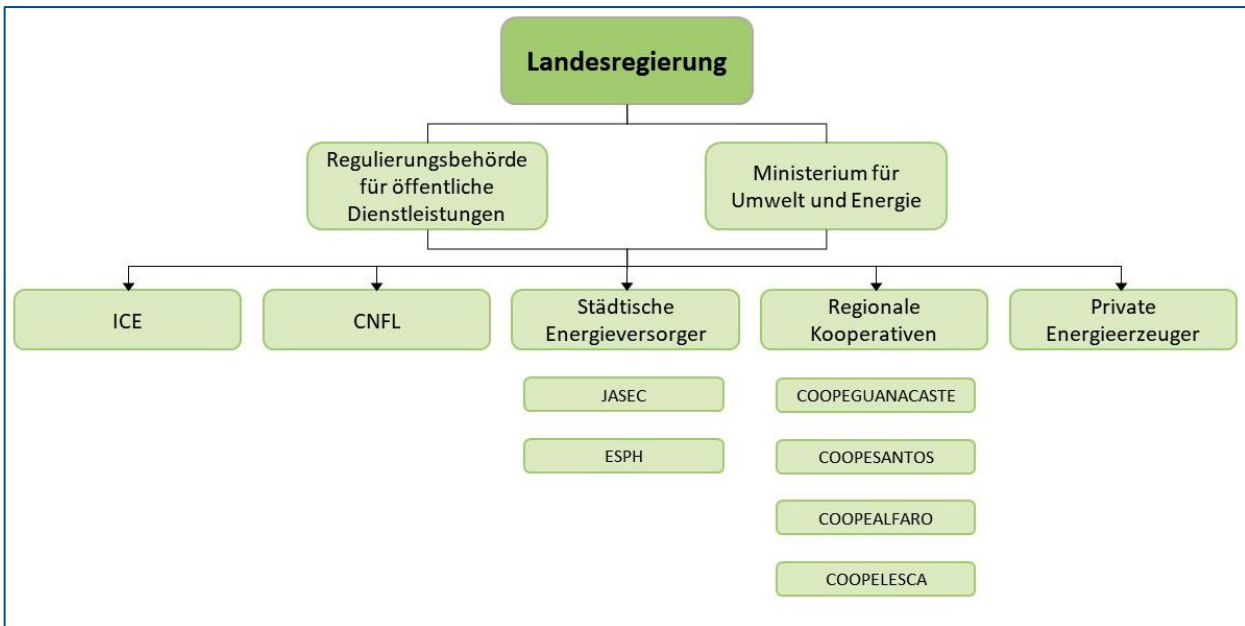
Neue Projekte in diesem Bereich kommen über ein Ausschreibungsverfahren im Rahmen des BOT-Systems (*build – operate – transfer*) auf den Markt. Das ICE ist berechtigt, mit Unternehmen Verträge mit einer Höchstlaufzeit von 20 Jahren abzuschließen. Der Tarif für den Verkauf der erzeugten Elektrizität wird von der Aufsichtsbehörde für Öffentliche Versorgungsbetriebe (Spanisch: *Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos*, ARESEP) geregelt. Außerdem muss sich Aktienkapital dieser Unternehmen zu mindestens 35% im Besitz von Costa-Ricanern befinden (Banco Centroamericano de Integración Económica 2018). Zur Bewilligung eines Projekts ist die Einreichung von Anträgen und Studien notwendig. Diese müssen vor dem jeweiligen Projektbeginn von diversen zuständigen Stellen genehmigt werden (siehe Tabelle 15). Anschließend kann der Vertrag durch die Unterzeichnung des ICE abgeschlossen werden. Die genaue Struktur des costa-ricanischen Elektrizitätssektors ist in Abbildung 8 abgebildet.

Tabelle 15: Genehmigungsverfahren und zuständige Institutionen

Gesetz	Anträge und Studien	Zuständige Institutionen
Gesetz 7200: Artikel 5, 6 & 8	Antrag auf Berücksichtigung des Projekts	ICE
Gesetz 7508: Artikel 21	Wirtschaftlichkeitsstudie	ICE
Gesetz 7200: Artikel 8 & 10	Studie über die Auswirkungen auf die Umwelt	MINAE
	Genehmigung zur Stromerzeugung	MINAE/ARESEP
	Genehmigung zur Nutzung der Geothermie	MINAE
Gesetz 7200: Artikel 14	Vertragsverhandlungen (Menge, Laufzeit, Abnahmepreis etc.)	ICE
Gesetz 7200: Artikel 4	Zahlung der Garantiesumme für evtl. Umweltschäden (während Bauphase 4%, gesamte Laufzeit 1% der MINAE Projektsumme)	

Quelle Tabelle: (AHK Costa Rica 2020)

Abbildung 8: Struktur des costa-ricanischen Elektrizitätssektors



Quelle Abbildung: (Banco Centroamericano de Integración Económica 2018)

Im Juni 2020 wurde der Gesetzentwurf 22.009 vorgelegt, der die Bedingungen für die Integration dezentraler Energieressourcen in das nationale Elektrizitätssystem sowie die Rechte, Pflichten und Verantwortlichkeiten, die von MINAE, ARESEP, Netzbetreiber, Elektrizitätsverteilungsunternehmen, Akteuren des nationalen Elektrizitätsmarktes und allen interessierten Parteien bei der Entwicklung der dezentralen Erzeugung für den Eigenverbrauch, die Energiespeicherung, das Selbstmanagement der Nachfrage oder die Bereitstellung von Hilfsdiensten zu erfüllen sind, festlegt (Asamblea Legislativa 2020). Der Gesetzentwurf sieht wichtige Fortschritte im Bereich der dezentralen Erzeugung (DG) und der daraus resultierenden Einsparungen für die Industrie vor. So hebt es die Kapazitätsbeschränkung von Anlagen von 15% des nationalen Elektrizitätssystems auf, was eine größere Installation von DG-Systemen ermöglicht. Außerdem erlaubt es den virtuellen Eigenverbrauch, die Erzeugung mit lokal entkoppeltem Eigenverbrauch unter Entrichtung einer Durchleitungsgebühr und ermöglicht den Verkauf von Überschüssen der dezentralen Erzeuger an die Stromversorger. Dies kann zu besseren Tarifen führen, vereinfacht das Verfahren für die Installation von DG-Systemen und bezieht neue technologische Ressourcen als Hilfsleistungen, wie z. B. Speicherung, für das nationale Elektrizitätssystem ein.

Ein Gesetzesentwurf des Vizeministeriums für Energie des MINAE (2021) sieht eine Änderung der Gesetze 7.200 und 7.508 vor, welcher den Stromverkauf privater Erzeuger ohne Vertrag mit dem ICE erlauben würde (Lara, La Nación 2021). Ebenso ist ein Verkauf im Regionalen Energiemarkt (Spanisch: *Mercado Eléctrico Regional de América Central*, MER), bestehend aus Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua und Panama, vorgesehen, bei welchem ICE als Vermittler auftreten würde (La Nación 2021). Im Falle einer Verabschiedung des Gesetzes wird die Abhängigkeit der privaten Stromerzeuger von ICE spürbar abnehmen und Planungssicherheit gewähren.

6.4. Umweltbezogene Aspekte

Die costa-ricanische Regierung verfolgt eine nationale Energiestrategie, die eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien vorsieht, um das Ziel der Klimaneutralität sowie der Dezentralisierung der Energieversorgung zu erreichen. So gibt der Nationale Energieplan 2015–2030 eine Strategie für eine erhöhte Nachhaltigkeit in der Elektrizitätswirtschaft vor, welche mittel- und langfristige Maßnahmen zur Erstellung und Aktualisierung des Bestandsverzeichnisses von Energiequellen einschließlich geothermischer Energie sowie die Analyse und Erarbeitung eines erweiterten Rechtsrahmens für die Nutzung von Geothermie vorsieht (Ministerio de Ambiente y Energía 2015).

6.5. Marktbarrieren und -hemmnisse

Sowohl aus dem Doing-Business-Report der Weltbank als auch aus Unternehmensumfragen zu den größten Hindernissen bei der Unternehmensgründung in Costa Rica geht hervor, dass die Bürokratie eines der Haupthindernisse für die Unternehmensentwicklung in Costa Rica ist (Centralamerica Data 2017). Ein immer wiederkehrendes Problem ist beispielsweise die Vielzahl der an den Verwaltungsverfahren beteiligten Behörden und die mangelnde Koordination zwischen ihnen (Banco Centroamericano de Integración Económica 2018).

Eine wesentliche Rolle spielt außerdem die starke Abhängigkeit des Energiesektors von ICE. Aktuell wird der Abnahmepreis und die Abnahmemenge des produzierten Stroms in Vertragsverhandlungen mit dem ICE festgelegt. Das wird sich jedoch durch das zuvor genannte Gesetz zur dezentralen Energieerzeugung ändern, welches momentan in der ersten Lesung im Parlament ist. Dieses sieht die Möglichkeit eines Direktverkaufs vor, wobei der Preis durch die ARESEP festgelegt wird, welche Studien zu den Erzeugungskosten zugrunde legt (UCCAEP 2016).

6.6. Costa-ricanische Fachkräfte

Costa Rica verfügt über ein kostenloses öffentliches Bildungssystem, das in vier Stufen unterteilt ist: Kindergarten-, Primär-, Sekundär- und Hochschulbildung. Daher beträgt die Alphabetisierungsrate 99% und ist damit die höchste Lateinamerikas (Guzmán 2019). Im Sekundarschulwesen gibt es zusätzlich technische Fach- oder Berufsschulen, die für den Arbeitsmarkt eine wichtige Rolle spielen, da sie, neben der Hochschulreife, mit dem Erwerb eines technischen Titels abschließen. Eine weitere Option zum Erwerb einer technischen Ausbildung ist das Nationale Institut für Ausbildung (*Instituto Nacional de Aprendizaje*, INA), eine autonome staatliche Institution, die sich auf die para-universitäre technische Ausbildung konzentriert. An vielen Orten im ganzen Land werden verschiedene Ausbildungen angeboten, die sich meist auf technische und operative Bereiche konzentrieren, die keine Hochschulreife erfordern. Viele dieser Ausbildungen sind inzwischen zweisprachig (Spanisch/Englisch). Die hochwertige technische, nicht-akademische Ausbildung, die häufig mit praktischen Teilen in Unternehmen kombiniert wird, versetzt Absolventen dieser Ausbildungszentren in eine sehr gute Position zur erfolgreichen Eingliederung in den Arbeitsmarkt. Costa Rica hat 2019 als erstes und bisher einziges Land Lateinamerikas ein Gesetz zur Regulierung der dualen Ausbildung verabschiedet (Auswärtiges Amt 2021).

Hierbei waren deutsche Institutionen und Organisationen, wie auch die AHK Costa Rica, federführend beteiligt. Für Costa Rica ist eine Kooperationsstrategie in Planung, um die Zusammenarbeit mit Deutschland in arbeitsmarktrelevanten Themen wie der dualen Ausbildung oder eines Arbeitsvermittlungs- und Umschulungssystems weiter zu vertiefen. Die akademische Ausbildung an staatlichen und akkreditierten privaten Universitäten und Hochschulen erfüllt höchste internationale Standards, was sich in internationalen Vergleichen und der Anerkennung der costa-ricanischen Hochschultitel in Deutschland widerspiegelt (Anabin 2013). Costa Rica verfügt über den höchsten Akademikeranteil in der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Lateinamerika. 23% der Bevölkerung im Alter von 25–64 Jahren verfügen über eine abgeschlossene Hochschulausbildung. Costa Rica ist also daran interessiert, in die Bildung seiner Bürger zu investieren, was sich in den positiven Ergebnissen der Evaluierung der OECD widerspiegelt. Ebenso weist Costa Rica den höchsten Prozentsatz zweisprachiger (Englisch/Spanisch) Fachkräfte in Lateinamerika auf.

6.7. Zahlungs- und Vertriebsstruktur

Der Zugang zu Logistikinformationen, der internationale Transport (zu Lande, in der Luft oder zur See) sowie die international akkreditierten Zahlungsmechanismen machen Costa Rica zu einem äußerst attraktiven Ziel für Unternehmen, die in die Region Mittelamerika expandieren, exportieren oder importieren möchten. Verlässlichkeit ist ein Merkmal, das von Investoren sehr geschätzt wird. Dies geht über die rechtliche und wirtschaftliche Sicherheit hinaus, da insbesondere die Auswirkungen der Logistikkosten auf die Unternehmen sehr hoch sein können. In Costa Rica verfügen größtenteils KMUs über ein hohes Maß an allgemeiner logistischer Kenntnis und der entsprechenden Verfahren, was ein Merkmal des hohen Handels- und Unternehmensniveaus Costa Ricas ist, und sich in den Augen potenzieller Investoren positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirkt.

In Costa Rica gibt es eine Vielzahl von Anbietern für logistische Dienstleistungen, darunter Zollagenten, die auf den internationalen Handel spezialisiert sind, sowie Gutachter, welche die Anforderungen an die Fracht für den korrekten Transport in das Zielland beurteilen. Diese Dienstleistungen werden durch spezialisierte Unternehmen und Agenturen, Reedereien sowie Luft- und Landspeditionen auf lokaler und internationaler Ebene ergänzt. Costa Rica bietet außerdem über die Agentur zur Förderung des Außenhandels von Costa Rica (Spanisch: *Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica*, PROCOMER) ein integriertes Logistiksystem für alle nationalen und internationalen Unternehmen an, die die Kosten, die mit der Kapazität in Gewicht, Volumen und Art der zu handhabenden Waren zusammenhängen, für bestimmte Transportmittel vergleicht und analysiert. Ebenso besteht die Möglichkeit, die Logistikkosten durch ständige Bewertungen des Vertriebskettensystems sowie durch die Verwendung der sogenannten INCOTERMS (Englisch: *International Commercial Terms*, Internationale Handelsklauseln) zu minimieren, da diese den Zugang zur Kostenstruktur und später zur Berechnung der Kosten im Zusammenhang mit dem Volumengewicht erleichtern.

7. Umsetzungsoptionen

Kleine binäre Geothermieranlagen sind modular aufgebaut und können ohne Probleme mit einem Container-LKW transportiert werden. Das sorgt auch dafür, dass bei entsprechenden Temperaturbedingungen und Durchflussmengen die Anlage nach und nach hochskaliert werden kann. Die Konstruktion einer kleinen Anlage kann nur sechs Monate dauern, wobei Erforschung und Bohrung das Projekt in die Länge ziehen können. Fertig installiert kann eine binäre Anlage > 90% in Betrieb sein und sogar per Satellit kontrolliert und gesteuert werden (Chandrasekharam und Bundschuh 2008).

8. SWOT-Analyse

Tabelle 16: SWOT-Analyse

Strengths (Stärken)	Weaknesses (Schwächen)
<p>Costa Rica Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Positive wirtschaftliche Entwicklung und hohe wirtschaftliche Stabilität ▪ Stabile politische und rechtliche Rahmenbedingungen (seit Mai 2021 OECD-Mitglied) ▪ Strategische geopolitische Lage ▪ Logistikinfrastruktur ▪ Sehr gutes Ausbildungsniveau ▪ Auf Nachhaltigkeit und Umweltschutz orientiert ▪ Beinahe der gesamte Stromverbrauch wird durch erneuerbare Energien gespeist ▪ Politischer Wille zur Reduzierung der CO₂-Bilanz ▪ Leuchtturmfunktion für die Region ▪ Viele Freihandelsabkommen ▪ Vergleichsweise niedriger Einfluss von Covid-19 und schnelle wirtschaftliche Erholung 	<p>Costa Rica Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Marktgröße ▪ Teilweise fehlende regulative Rahmenbedingungen für neue Technologien ▪ Moderates Lohnniveau (hoch im Vergleich zur Region) ▪ Hohe (mit Deutschland vergleichbare) Bürokratie ▪ Wenig Fachkräfte im Bereich privater Geothermienutzung ▪ Marktdominierende Struktur in der Stromversorgung durch ICE stellt Markthindernis für private Unternehmen dar
<p>Markt für Niederenthalpie-Geothermie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gute geografische Lage am Pazifischen Feuerring mit hohem geothermale Potenzial ▪ Viele Möglichkeiten zur kombinierten Wärmenutzung (Hotelanlagen, Wohnungsanlagen, industrielle Nutzung) 	<p>Markt für Niederenthalpie-Geothermie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Erstinvestitionskosten

Opportunities (Chancen)	Threats (Risiken)
<p>Costa Rica Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dezentralisierung der Energieversorgung und Einspeisung in Zukunft möglich ▪ Steigende aktive ausländische Direktinvestitionen ▪ Steigende Stromnachfrage durch Elektromobilität und Erzeugung grünen Wasserstoffs ▪ Energieeffizienz und Ausbau der erneuerbaren Energien als Teil des staatlichen Entwicklungsplanes ▪ Bereits identifizierte geothermische Potenziale reduzieren das Investitionsrisiko ▪ Hohe Stromkosten sind ein Anreiz für die eigene Energiegewinnung 	<p>Costa Rica Allgemein</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Negative Beeinflussung der Wirtschaftssituation durch die Instabilität anderer Länder der Region ▪ Dezentralisierung der Energieversorgung könnte zu niedrigeren Strompreisen im Markt führen
<p>Markt für Niederenthalpie-Geothermie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stetig steigende Stromnachfrage ▪ Bedarf an Technologien für die Erzeugung erneuerbarer Energien ▪ Notwendigkeit einer Diversifizierung erneuerbarer Energiequellen 	<p>Markt für Niederenthalpie-Geothermie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromkosten erneuerbarer Energien könnten durch Innovationen sinken

Tabelle 17: Profile der Energiemarktakteure in Costa Rica

Marktteilnehmer	Logo und Internetadresse	Beschreibung der Einrichtung
Stromproduzenten und Distribution		
<p>Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)</p>	 <p>www.grupoice.com</p>	<p>Zentraler Akteur auf dem Energiemarkt in Costa Rica - Zentralregierung Gegenwärtig deckt das ICE 99,7% der Fläche Costa Ricas mit Strom ab. Es spielt auch eine führende Rolle bei der Dekarbonisierung der Wirtschaft durch Elektromobilität und die Konsolidierung von Smart Cities.</p>
<p>Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)</p>	 <p>www.minae.go.cr</p>	<p>Energiepolitik - Zentralregierung Ihre Aufgabe ist es, zur Verbesserung der Lebensqualität der Einwohner des Landes beizutragen, indem sie die Verwaltung, Erhaltung und nachhaltige Entwicklung der Umwelt und der natürlichen Elemente, Güter, Dienstleistungen und Ressourcen des Landes fördert.</p>

<p>Agencia Gubernamental de Servicios Públicos (ARESEP)</p>	 <p>www.aresep.go.cr</p>	<p>Festlegung und Kontrolle der Energiemarktpreise - Zentralregierung Ziel der Institution ist die Regulierung der öffentlichen Versorgungsbetriebe für Wasser, Strom, Brennstoffe, öffentliche Verkehrsmittel und andere. Sie wacht auch darüber, dass die Dienstleistungen in optimaler Weise erbracht werden: Qualität, Kontinuität, Möglichkeiten, Zuverlässigkeit und Preis.</p>
<p>Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)</p>	 <p>COMPAÑIA NACIONAL DE FUERZA Y LUZ, S.A. (CNFL) www.cnfl.go.cr</p>	<p>Elektrizitätsmanagement im Ballungsraum San José - Zentralregierung Die CNFL ist das öffentliche Unternehmen, das die Energie im Großraum San José (Wirtschafts- und Stadtzentrum) verteilt und vermarktet. Sie wurde am 8. April 1941 durch den Zusammenschluss dreier privater Unternehmen gegründet.</p>
<p>Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal (JASEC)</p>	<p>JASEC www.jasec.go.cr</p>	<p>Stromversorgungsunternehmen in Cartago - Kommunales Organ Es ist das Unternehmen, das für die Versorgung der Provinz Cartago mit einem effizienten und zuverlässigen Stromsystem verantwortlich ist und damit zur Entwicklung der Provinz Cartago beitragen soll.</p>
<p>COOPESANTOS</p>	 <p>www.coopesantos.com</p>	<p>Elektrizitätsdienst - Kommunales Organ Die Genossenschaft ist die führende Organisation in der Elektrizitätswirtschaft in Acosta, Aserrí, Cartago, Dota, Desamparados, El Guarco, León Cortés, Mora und Tarrazú. Das Unternehmen ist in vier Geschäftsbereichen tätig: Energieverteilung, Energieerzeugung, Infokommunikation und DITEM.</p>
<p>COOPEGUANACASTE</p>	 <p>Coopeguanacaste, R.L. www.coopeguanacaste.com</p>	<p>Elektrizitätsdienste in der Provinz Guanacaste - Regionale Einheit Die Aufgabe von Coopeguanacaste besteht darin, Energie, Telekommunikation, Waren und Dienstleistungen zu erzeugen, zu verteilen und zu vermarkten und dabei die Umwelt zu respektieren und zu unterstützen.</p>
<p>COOPELESCA</p>	<p>Coopelesca FORJANDO EL DESARROLLO DE LA ZONA NORTE www.coopelesca.com</p>	<p>Energieverteilung im nördlichen Teil des Landes - Regionale Einheit Die Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos umfasst die Kantone San Carlos, Sarapiquí, Grecia, Alajuela, Los Chiles und San Ramón. Zu den Dienstleistungen der Genossenschaft gehören u.a. die Erzeugung und Verteilung von Strom in der Region.</p>



<p>Empresa de Servicios Públicos de Heredia</p>	 <p>www.esph-sa.com</p>	<p>Regulierungsbehörde für Wasserkraft in Heredia - Kommunales Organ Sie ist u.a. verantwortlich für die Verwaltung, Instandhaltung und Kontrolle der vier Wasserkraftwerke in der Region sowie für die Übertragung und Verteilung des Stromes.</p>
<p>Sistema de Interconexión Eléctrica Países América Central (SIEPAC) - EPR</p>		<p>Mittelamerikanische Stromtrasse – Gemeinschaftsunternehmen der mittelamerikanischen Staaten Hochspannungsnetzwerk, das die mittelamerikanischen Länder verbindet und einen regionalen Strommarkt ermöglicht.</p>

Tabelle 18: Profile weiterer Akteure

Banken		
Banco de Costa Rica (BCR)	www.bancobcr.com	Eine der größten Banken Costa Ricas
Banco Costa Rica (BAC)	www.bancobcr.com	Siehe oben
Promerica	www.promerica.fi.cr	Siehe oben
Banco Nacional de Costa Rica (BNCR)	www.bnrcr.fi.cr	Siehe oben
Banco Popular	www.bpdc.fi.cr	Siehe oben
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	www.kfw.de	Eine deutsche Förderbank für Privatpersonen und Unternehmen
Weitere Energieunternehmen		
CFS Sistemas	www.cfscr.com	Stromtransport (Technologie)
Energía Global de Costa Rica, S.A.	www.enelamericas.com	Alle Arten der Stromproduktion
Electrín Ingeniería S.A.	www.electrin.net	Service-, Reparatur- und Vertriebsunternehmen für Elektromotoren und Industrieanlagen
Ing. Quebrada Azul Ltda.	www.qazul.com	Energiegewinnung durch Biomasse
P.H. Río Volcán S.A.	www.covantaenergy.com	Energiegewinnung durch Recycling
Beratung		
E&Co. LAC	www.eandco.com	Netzwerklösungen
Ingenierías Jorge Lizano & Asociados, S.A. (IJL)	www.iljcr.com	Projektdesign im Bereich erneuerbare Energien, Anfertigung der benötigten Studien
Interdinámica S.A.	www.interdinamic.com	Projektdesign, -planung und -durchführung (Wind-, Wasser-, Sonnenenergie)
COINTICA	www.cointica.com	Beratung im Bereich Energien
Kinertech	www.kinertech.com	Beratung im Bereich erneuerbarer Energien
ASOCIADOS DE LA CÁMARA		

ANHÄNGE

Wichtige sonstige Adressen und Websites

- Cinde, Nationale Agentur zur Investitionsförderung (Costa Rican Investment Promotion Agency): <https://www.cinde.org/en>
- Konrad-Adenauer-Stiftung: <https://www.kas.de/es/web/costa-rica>
- AHK Costa Rica: <https://costarica.ahk.de/>
- Deutsche Botschaft San José: <https://san-jose.diplo.de/cr-de>
- Auswärtiges Amt: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/>
- Costa-ricanisches Institut für Elektrizität (ICE): <https://www.grupoice.com/wps/portal>
- Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ): <https://www.giz.de/de/html/in-dex.html>
- Direkte Wärmenutzung in Costa Rica: Development of Geothermal Greenhouses in Costa Rica: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2020/28006.pdf>
- Kostenmodelle und Kostenanalysen verschiedener Geothermiekraftwerke: <https://www.eastharbour.co.nz/assets/pdfs/TechEconReport-EHEfinal110913.pdf>
- Sammlung von Studien und Präsentationen über Geothermie: <https://geothermalcommunities.eu/elearning/repository>
- Fachartikel über die Nutzung des Kaskadensystems: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115008096>.

QUELLENVERZEICHNIS

- AHK Costa Rica. 2020. „Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in Gebäuden im Tourismus Zielmarktanalyse 2020 mit Profilen der Marktakteure.“ San José, Costa Rica.
- AHK Costa Rica. 2013. „Investitionsführer Costa Rica.“ 55ff.
- AHK Costa Rica. 2015. „Zielmarktanalyse: Erneuerbare Energien in Costa Rica.“ Costa Rica.
- Anabin. 2013. *Anabin*. 15. März. Zugriff am 19. September 2021. <https://anabin.kmk.org/filter/news/newsdetails/artikel/costa-rica.html>.
- Asamblea Legislativa. 2020. „Asamblea Legislativa.“ *Proyecto de Ley. Ley para la Promoción y Regulación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de Fuentes Renovables*. 1. Juni. Zugriff am 19. August 2021. <http://proyectos.conare.ac.cr/asamblea/22009%20TEXTO%20BASE.pdf>.
- . 2019. *Asamblea Legislativa*. 21. Juni. Zugriff am 3. September 2021. http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_informacion/Consultas_SIL/SitePages/ConsultaProyectos.aspx.
- . 1977. „Sistema Costarricense de Información Jurídica.“ *Ley N° 6172 Ley Indígena*. 29. November. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=38110&nValor3=66993&strTipM=TC.
- Auswärtiges Amt. 2021. *Auswärtiges Amt*. 10. Juni. Zugriff am 19. August 2021. <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender/costarica-node/bilateral/224822>.
- Banco Centroamericano de Integración Económica. 2018. „BCIE.“ *Análisis Comparativo del Marco Regulatorio, Incentivos y Sistema Tarifario de Precios Existentes, para la Compra/Generación de Electricidad de Plantas de Energía Renovable en Centroamérica y Panamá*. Zugriff am 18. August 2021. <https://areca.bcie.org/fileadmin/areca/espanol/archivos/informacion-sector-energetico/analysis/1287305623.pdf>.
- Bundesverband Geothermie. 2020. *Bundesverband Geothermie*. Zugriff am 2. August 2021. <https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/oberflaechennahe-geothermie.html>.
- CEGESTI. 2011. „Observatory of Renewable Energy in Latin America and The Caribbean.“ Costa Rica.
- Centralamerica Data. 2017. *Centralamerica Data*. 26. Januar. Zugriff am 19. August 2021. http://www.centralamericadata.com/en/article/home/Barriers_to_Business_in_Costa_Rica.
- Chandrasekharam, D., und J. Bundschuh. 2008. *Low-Enthalpy Geothermal Resources for Power Generation*. London: CRC Press.
- CRL Energy Ltd East; Harbour Energy Ltd. 2011. „East Harbour Energy.“ *Low enthalpy geothermal energy: technological economics review*. Zugriff am 20. September 2021. <https://www.eastharbour.co.nz/assets/pdfs/TechEconReport-EHEfinal110913.pdf>.
- Deutsch-Französisch-Schweizerische Oberrheinkonferenz. 2013. „Trinationaler Leitfaden zur Genehmigung und Nutzung der Anlagen.“ *Oberflächennahe Geothermie am Oberrhein 6-7*.
- Dickson, Mary, und Mario Fanelli. kein Datum. „Geothermal Communities.“ *Introduction to Geothermal Energy*. Zugriff am 21. September 2021. https://geothermalcommunities.eu/assets/elearning/1.1.INTRODUCTION_presentation.pdf.
- Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. 2012. „Energieinstitut.“ *Energiekennzahlen in Dienstleistungsgebäuden*. Herausgeber: Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. Mai. Zugriff am 23. September 2021. https://www.energieinstitut.net/de/system/files/0903_final_dienstleistungsgebäude_20120530.pdf.
- ESMAP. 2012. „Cómo planificar y financiar la generación de electricidad.“ *Manual de Geotermia 52-62*.
- Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. 2012. *XVIII Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Zugriff am 19. August 2021. <http://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/437>.
- European Commission. 2011. „European Union.“ *Highlights of the trade pillar of the Association Agreement between Central America and the European Union*. Zugriff am 18. August 2021. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-429_en.htm?locale=en.
- . 2012. „European Union.“ *Agreement establishing an Association between the European Union and its Member States, on the one hand, and Central America on the other*. 15. Dezember. Zugriff am 19. August 2021. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:34>.
- Exchangerates.org. 2021. *Exchangerates.org*. Zugriff am 24. September 2021. <https://www.exchangerates.org/history/CRC/EUR/G/30>.
- Garza, J. 2019. *La Republica*. 19. Februar. Zugriff am 17. September 2021. <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-desperdicia-potencial-de-energia-geotermica>.
- GDF. kein Datum. *GDF Latin America*. Zugriff am 20. September 2021. <https://gdflac.com/results/>.
- Gehring, Magnus, Victor Loksha, und et al. 2012. „ESMAP technical report.“ *Geothermal handbook : planning and financing power generation : Manual de geotermia : como planificar y financiar la generacion de electricidad (Spanish)*. ESMAP. Februar. Zugriff am 20. September 2021. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/227281468318010312/pdf/728280SPANISH00Handbook0TR0020120SP.pdf>.
- Germany Energy Solutions. 2021. „Germany Energy Solutions.“ *Unterstützung der Konsortialbildung der Exportinitiative Energie*. 12. Mai. Zugriff am 21. September 2021. https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Kurzinformationen/Standardfactsheets/2021/fs-costa-rica-2021-konsortialbildung-niederenthalpie-geothermie.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

- Gischler, Christian, Matthew Perks, Camila Gonz ale, Cecilia Correa , Rodrigo Arag on , Misa Haratsu, Javier García Fernandez , und Gaston Siroit . 2020. „Interamerican Development Bank (IDB).“ *Capturando el potencial geotérmico en América Latina y El Caribe*. Zugriff am 20. September 2021. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Capturando-el-potencial-geotermico-en-America-Latina-y-El-Caribe-Una-perspectiva-del-camino-a-seguir.pdf>.
- Guzmán, Nicolás. 2019. *Deutsche Welle*. 6. September. <https://www.dw.com/es/unesco-dos-de-cada-diez-personas-en-américa-latina-no-tienen-los-niveles-mínimos-de-compresión-de-lectura/a-50333467> .
- ICE. 2021. „Grupo ICE.“ *Plan de expansión de la generación eléctrica 2020-2035*. April. Zugriff am 21. September 2021. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/741c8397-09f0-4109-a444-bed598cb7440/PLAN+DE+EXPANSIÓN+DE+LA+GENERACIÓN+ELÉCTRICA+2020-2035_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nJADNy.
- . 2015. „MINEM.“ *Costa Rica: Energía geotérmica Modelo propio de sostenibilidad*. Zugriff am 20. September 2021. <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/SEMINARIOGEOTERMIA/ENERG A%20GEOTERMICA-%20COSTA%20RICA.pdf>.
- Ing. Jiménez, Gravin Mayorga. 2010. „Kinertech.“ *Desarrollo de la energía geotérmica: caso de Costa Rica*. 1. Juni. Zugriff am 14. September 2021. http://www.kinertech.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Geotermia_Caso_de_Costa_Rica.27362721.pdf.
- Kaczmarczyk, Micha , Barbara Tomaszewska, und Agnieszka Operacz. 2020. „MDPI.“ *Sustainable Utilization of Low Enthalpy Geothermal Resources to Electricity Generation through a Cascade System*. 15. Mai. Zugriff am 10. September 2021. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2495/htm>.
- La Nación. 2021. *La Nación*. 6. Juni. Zugriff am 2. September 2021. <https://www.nacion.com/opinion/editorial/editorial-reforma-legal-urgente/HZNMML3ZRV CUTARUNNVXTGTGDA/story/>.
- Lara, Juan Fernando. 2021. *La Nación*. 6. Mai. Zugriff am 2. September 2021. <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/gobierno-dejaría-vender-energía-en-costa-rica-a/BQ2XS3LADFGZTKSO2P3G2MIDRQ/story/>.
- . 2017. *La Nación*. 1. Juni. Zugriff am 3. September 2021. <https://www.nacion.com/el-pais/politica/plan-para-explotar-geotermia-en-parques-nacionales-logro-llegar-a-discusion-de-plenario/7OQ7CZ5A2FGUHB23OHFEE65WWM/story/>.
- Lund, John W. Downhold. 1999. „OSTI.GOV.“ *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Vol. 20, No. 3*. Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR (United States). 1. November. Zugriff am 10. September 2021. <https://www.osti.gov/biblio/1209524-downhold-heat-exchangers-geo-heat-center-quarterly-bulletin-vol-complete-bulletin-quarterly-progress-development-report-direct-utilization-geothermal-resources>.
- Max, Burghard. 2008. „IKZ-FACHPLANER.“ *Aktive und passive Kühlung mit der W rmepumpentechnik*. Dezember. Zugriff am 22. September 2021. https://www.ikz.de/uploads/media/IKZF_200812_1832_Klima.pdf.
- Meza, C. 2014. „Review on Central America electrical energy scenario.“ *Review on Renewable and Sustainable Energy Reviews* 566-577.
- MGM International. 2017. „Banco de Desarrollo de América Latina.“ *Manual para la Evaluación de Inversiones en Eficiencia Energética en el Sector de Hoteles y Hospitales*. Herausgeber: CAF. CAF. 17. Oktober. Zugriff am 20. September 2021. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1314/EMP_Manual%20Hoteles%20y%20Hospitales.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2015. „Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).“ *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. Zugriff am 19. August 2021. <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>.
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Panamá . 2011. „El sector eléctrico en Costa Rica.“
- Schiefelbein, Kai. 2008. „Norddeutsche Geothermietagung.“ *Innovative W rmepumpen und K ltenutzung*. 30. Oktober. Zugriff am 22. September 2021. https://www.norddeutsche-geothermietagung.de/sites/norddeutsche-geothermietagung.de/files/dokumente/Hotspot_Hannover_2008_Schiefelbein.pdf.
- StMUGV. 2007. „Oberflächennahe Geothermie.“ *Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz* 2.
- The World Bank. 2018. *Opportunities and challenges for scaling up geothermal development in LAC*. Zugriff am 10. September 2021. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/173681539626591426/pdf/128045-ESMAP-REVISED-PUBLIC.pdf>.
- UCCAEP. 2016. „Agenda de Competitividad 2016-2018: Diez temas indispensables para potenciar la competitividad del pa s 2016-2018.“

