

KLIMAWANDEL, ENERGIE UND UMWELT

# GRÜNER WASSERSTOFF IN COSTA RICA

Sozioökonomische Optionen für  
das postfossile Zeitalter

**Andreas Stamm, Fernando Lizana,  
Katharina Thoms**  
Juni 2022



Grüner Wasserstoff (GH<sub>2</sub>) ist ein Schlüsselement für das künftige Energiesystem. Dies kann zur Begrenzung der Erwärmung auf höchstens 2 Grad einen wichtigen Beitrag leisten.



Costa Rica hat Standortvorteile bei der Herstellung von Wasserstoff mit erneuerbaren Energien. Es verfügt über reichlich erneuerbare Energieressourcen. Das Land hat qualifizierte Humanressourcen und starke wissenschaftliche Einrichtungen. Das politische System ist stabil und die öffentliche Verwaltung gilt als transparent, integer und effizient.



Mit der Produktion und Verwendung von GH<sub>2</sub> im Inland kann Costa Rica seine Treibhausgasemissionen weiter senken.

# GRÜNER WASSERSTOFF IN COSTA RICA

## Sozioökonomische Optionen für das postfossile Zeitalter



Grüner Wasserstoff (GH2) ist ein Schlüsselement für das Energiesystem der Zukunft. Er wird als entscheidender Energieträger und gleichzeitig als Ausgangsstoff für industrielle Prozesse angesehen, die ohne den Einsatz von Wasserstoff nur schwer zu dekarbonisieren sind. Die dringende Notwendigkeit, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, ist die wichtigste Triebfeder für politische Maßnahmen und Programme zur Steigerung der GH2-Produktion. Sie steht in direktem Zusammenhang mit dem Gebot, die globale Erwärmung auf höchstens 2 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu halten. Für die kommenden Jahrzehnte ist mit einer hohen Nachfrage nach GH2 zu rechnen, insbesondere in Europa und Japan.



Costa Rica hat Standortvorteile bei der Herstellung von Wasserstoff mit erneuerbaren Energien. Im Vergleich zu anderen Standorten, die derzeit als potenzielle Schwerpunkte für die GH2-Produktion diskutiert werden, hat Costa Rica den Vorteil, dass es über reichlich erneuerbare Energieressourcen in Verbindung mit einem bedeutenden Wasserangebot verfügt. Das Land hat qualifizierte Humanressourcen und starke wissenschaftliche Einrichtungen. Das politische System ist stabil und die öffentliche Verwaltung gilt als transparent, integer und effizient.



Costa Rica sollte eine graduelle und duale GH2-Strategie verfolgen und beginnen, GH2 zu produzieren und Verwendungsmöglichkeiten im Inland zu schaffen. Die Substitution fossiler Brennstoffe bei Lkw und Bussen ist eine Möglichkeit, kurzfristig die Treibhausgasemissionen weiter zu senken und gleichzeitig Importe und Devisen einzusparen. Andere Möglichkeiten sind die Nutzung von GH2 zur Erzeugung von Prozesswärme in der Metallwirtschaft und als umweltfreundlicher Rohstoff in der Chemie-, Düngemittel- und Zementindustrie. Durch Investitionen können die Wirtschaft angekurbelt und neue Impulse für die Atlantikküste gesetzt werden, weil das GH2 sinnvollerweise in der Nähe der Exporthäfen für Europa erzeugt werden sollte. Diese Einnahmen sollten in diesen Raum reinvestiert werden, um die sozioökonomische Dynamik zu stabilisieren.

Weitere Informationen zum Thema erhalten Sie hier:  
<https://www.fes.de/themenportal-die-welt-gestalten/klimawandel-energie-und-umwelt>

KLIMAWANDEL, ENERGIE UND UMWELT

# GRÜNER WASSERSTOFF IN COSTA RICA

Sozioökonomische Optionen  
für das postfossile Zeitalter

# Inhalt

GRÜNER WASSERSTOFF, GLOBALE PERSPEKTIVEN, BESTEHENDE UNSICHERHEITEN .....	2
COSTA RICA IN EINER GLOBALEN GH2-WIRTSCHAFT: ÜBER STANDORTVORTEILE IN EINER DYNAMISCHEN PERSPEKTIVE .....	3
FÜR EINE GRADUELLE UND DUALE STRATEGIE DER GH2-ÖKONOMIE IN COSTA RICA .....	4
POTENZIELLER NUTZEN EINER GH2-STRATEGIE FÜR DIE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG IN COSTA RICA .....	5
AUF DER SUCHE NACH DEN CO-BENEFITS DER GH2-PRODUKTION .....	5
EINE MITTELFRISTIGE INDUSTRIE- UND REGIONALPOLITIK ENTWICKELN .....	6
ANSATZPUNKTE FÜR DIE DEUTSCHE UND EUROPÄISCHE ZUSAMMENARBEIT MIT COSTA RICA .....	6

## GRÜNER WASSERSTOFF, GLOBALE PERSPEKTIVEN, BESTEHENDE UNSICHERHEITEN

Grüner Wasserstoff (GH<sub>2</sub>), also Wasserstoff, der emissionsfrei erzeugt wird, gilt als Schlüsselement für eine klimagerechte Zukunft. Als Energieträger kann er zur Dekarbonisierung dort eingesetzt werden, wo sich die Elektrifizierung aus techno-ökonomischen Gründen nicht anbietet, etwa beim Schwertransport zu Land, in der Luft- und Seefahrt oder bei der Stahlherstellung. Auch bei der Fernwärme wird für Deutschland mittelfristig (2030–2050) ein großes Potenzial gesehen. In der chemischen Industrie wird GH<sub>2</sub> nicht nur als Energieträger, sondern auch als klimafreundlicher Rohstoff eine Rolle spielen. Dies betrifft beispielsweise die Düngemittelproduktion, die für die globale Ernährungssicherheit von großer Bedeutung ist. Jährlich werden weltweit rund 118 Millionen Tonnen Stickstoffdünger hergestellt, dabei wird überwiegend fossiles Gas eingesetzt. Pro Tonne Dünger werden mehr als zwei Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert. Wird lokal produzierter Wasserstoff statt Erdgas für die Düngerherstellung eingesetzt, kann ein bedeutender Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Zudem werden Länder unabhängiger vom Import fossiler Ressourcen.

Wir stehen wohl global am Beginn einer umfassenden technologischen Transformation, die viele Industrien und Teile des Güter und Personentransports umfassen wird. Diese wird zunächst von der Selbstverpflichtung der internationalen Gemeinschaft getrieben, die Emissionen von Treibhausgasen radikal zu verringern und in absehbarer Zeit klimaneutral zu werden. Der Einsatz von grünem Wasserstoff ist für sich genommen keine klimapolitische Wunderwaffe und kann Maßnahmen, um die Energieeffizienz zu steigern und Stromnetze auf erneuerbare Energien umzustellen, ergänzen, aber nicht ersetzen. Es wird davon ausgegangen, dass bis 2050 15–20 Prozent der weltweit eingesetzten Energie über Wasserstoff als Energieträger laufen. Die strategische Bedeutung des GH<sub>2</sub> ergibt sich daraus, dass dieser prozentuale Anteil den Teil der weltweiten Energiematrix darstellt, der mit anderen Techniken kaum klimafreundlich umgestellt werden kann, beispielsweise weil industrielle Prozesse erhebliche Prozesswärme benötigen. Daher: Keine vollständige Dekarbonisierung ohne GH<sub>2</sub>!

Sowohl die deutsche als auch die europäische Wasserstoffstrategie haben ehrgeizige Ziele, was das Tempo bei der Schaffung einer globalen GH<sub>2</sub>-Wirtschaft und die Reichweite, die diese haben wird, angeht. Die deutsche Wasserstoffstrategie prognostiziert für das Jahr 2030 einen GH<sub>2</sub>-Gesamtbedarf an Wasserstoff, der 110 Terrawattstunden (TWh) Energie entspricht. Davon werden voraussichtlich weniger als 15 Prozent in Deutschland produziert, der Rest soll importiert werden. Ein Teil kann voraussichtlich in anderen europäischen Ländern erzeugt werden, zum Beispiel mit Hilfe von Offshore-Windkraft in der Nord- und Ostsee. Deutschland hat aber auch ein Auge auf nordafrikanische und andere Entwicklungsländer als potenzielle GH<sub>2</sub>-Lieferanten geworfen. Die deutsche Regierung hat in den letzten Jahren Kooperationsabkommen im Energie- und GH<sub>2</sub>-Bereich geschlossen, beispielsweise mit der Türkei und Kasachstan in Zentralasien, mit Südafrika und Namibia in Subsahara-Afrika, Chile und Brasilien in Lateinamerika, Marokko und Tunesien in Nordafrika. »Wasserstoffdiplomatiebüro« wurden in Saudi-Arabien, Angola und Nigeria eröffnet. Mit den Vereinigten Arabischen Emiraten wurde nach dem Angriff Russlands auf die Ukraine vereinbart, bereits 2022 erste Lieferungen an CO<sub>2</sub>-armem »blauem« Wasserstoff zu ermöglichen. Damit soll Deutschland rasch unabhängiger von Erdgas-Lieferungen aus Russland werden.

Wie die künftige globale GH<sub>2</sub>-Wirtschaft aussehen wird, zeichnet sich erst allmählich ab. Bei vielen Elementen des neuen technisch-wirtschaftlichen Paradigmas handelt es sich um ausgereifte Technologien, wie etwa Stromherstellung mittels Wasserkraft, Solar- und Windenergie. Andere technische Komponenten befinden sich aber noch auf halbem Weg zwischen marktnaher Demonstration und kommerzieller Anwendung. So sind Elektrolyseure zur Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff weder technologisch so ausgereift, dass sie unter verschiedenen Umgebungsbedingungen sicher und robust funktionieren, noch so standardisiert, dass sie in großen Serien produziert werden können, um die Stückkosten zu senken. Zudem werden unterschiedliche Elektrolyse-Technologien angewendet und neu entwickelt. Auch besonders vielversprechende Anwendungsbereiche für die Nutzung von GH<sub>2</sub>, wie die erwähnte Herstellung klimafreundlichen Düngers, befinden sich noch in der Phase von Demonstrationsprojek-

ten; bis zum breiten kommerziellen Einsatz werden voraussichtlich noch einige Jahre vergehen.

Eine bislang viel zu wenig beachtete Herausforderung ist der internationale Transport von großen Mengen an GH<sub>2</sub>. Die GH<sub>2</sub>-Wirtschaft wird neue Formen der internationalen Arbeitsteilung und damit einhergehenden Handelsströmen hervorbringen. Auch wenn bislang erst die Umrisslinien der künftigen globalen Wasserstoffgeographie zu erkennen sind, können wir davon ausgehen, dass Europa und Japan große Nettoimporteure sein werden, da sie für die Umstellung von Industrien und Transporten größere Mengen an GH<sub>2</sub> benötigen, als sie auf Basis eigener regenerativer Energien selbst erzeugen können. Die USA und China werden vermutlich annähernd Selbstversorger sein. Viele Entwicklungsländer dagegen haben große Potenziale für die Erzeugung von Strom aus regenerativen Quellen, mit denen Elektrolyseure zur Erzeugung von GH<sub>2</sub> betrieben werden können. Damit erwachsen ihnen erhebliche Exportpotenziale.

Eine noch nicht annähernd beantwortete Frage ist, wie der Transport von Wasserstoff oder Derivaten kosteneffizient, technisch sicher und möglichst CO<sub>2</sub>-neutral bewerkstelligt werden kann. Dabei geht es um sehr große Mengen: Nach den Szenarien der deutschen Wasserstoffstrategie müssten bereits 2030 zwischen 2,1 und 2,7 Millionen Tonnen verflüssigter Wasserstoff importiert werden, um die inländische Nachfrage zu decken. Relativ einfach und kosteneffizient ist der GH<sub>2</sub>-Transport über Pipelines, für die entweder neu gebaute Röhren oder umgewidmete Erdgaspipelines in Frage kommen. Viele Standorte mit hohem Potenzial für den Zubau erneuerbarer Energien liegen jedoch weit außerhalb dessen, was über Pipelines überbrückt werden kann, beispielsweise Länder wie Namibia oder Chile und auch Costa Rica. Hier kommt der Seetransport von flüssigem H<sub>2</sub> oder Derivaten wie Ammoniak oder verflüssigten organischen Wasserstoffträgern (LOHC) in Frage. Geeignete Schiffe in den notwendigen Dimensionen stehen in den kommenden Jahren kaum zu Verfügung, auf keinen Fall in der benötigten Anzahl. Sie sollten im Rahmen einer Strategie zur tiefgreifenden Dekarbonisierung auch ohne Emissionen von CO<sub>2</sub> oder anderen Treibhausgasen betrieben werden. Das erfordert noch erhebliche Entwicklungsanstrengungen. Auch geeignete Infrastruktur zum Be- und Entladen von Wasserstoff oder Derivaten muss noch gebaut werden. Hier müssen hohe Sicherheitsstandards eingehalten werden. Zum Beispiel ist Ammoniak, als potenzielles Transportsubstrat für GH<sub>2</sub>, gleichzeitig giftig, ätzend und explosiv.

## **COSTA RICA IN EINER GLOBALEN GH<sub>2</sub>-WIRTSCHAFT: ÜBER STANDORTVORTEILE IN EINER DYNAMISCHEN PERSPEKTIVE**

Wirtschaftsgeographie und Regionalökonomie analysieren die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein spezifischer Wirtschaftszweig in einem Land, einer Region oder einer Stadt ansiedelt, mit dem Konzept der Standortvorteile. Günstige Bedingungen sind der Zugang zu Rohstoffen und wichtigen Märkten, niedrige Löhne beziehungsweise hohe Arbeits-

produktivität und ein gutes institutionelles Umfeld für die Unternehmen. Im traditionellen verarbeitenden Gewerbe hatte und hat Costa Rica keine großen Standortvorteile, da das Land arm an Bodenschätzen ist, weit von großen Märkten entfernt liegt und relativ hohe Arbeitskosten hat. In den letzten vier Jahrzehnten ist es dem Land aber gelungen, in einzelne wissensintensive Nischen des Weltmarktes vorzudringen, von hochwertigen Agrexporten über IT-basierte Dienstleistungen bis hin zum Export medizinischer Geräte. In einer kommenden GH<sub>2</sub>-Weltwirtschaft werden sich die Standortvorteile weiter verschieben:

- Erneuerbare Energien als Ersatz für Kohle und Öl sind die wichtigsten Ressourcen eines postfossilen Energiesystems.
- Wasser ist die zweite wichtige Ressource, da für die Herstellung von H<sub>2</sub> große Mengen an Wasser benötigt werden, das per Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird.

In dieser neuen Wasserstoffgeographie hat Costa Rica die Chance, von einer eher peripheren Position weiter ins Zentrum zu rücken. Das Land verfügt über ein ausgezeichnetes Potenzial an erneuerbaren Energien. Wasserkraft, Geothermie und Windenergie haben in den letzten Jahren rund 98 Prozent der gesamten Stromerzeugung des Landes ausgemacht. Dies bedeutet, dass die Wasserstoffherstellung aus zugebauten regenerativen Energien nicht mit der lokalen Stromversorgung konkurrieren muss. Für die weitere Dekarbonisierung der costa-ricanischen Gesellschaft wird vor allem die Umstellung des Verkehrs auf emissionsfreie Antriebe und der Ersatz von importiertem Öl und Gas für einige Industrien notwendig sein. Dies konkurriert nicht zwingend mit dem Einstieg in eine internationale GH<sub>2</sub>-Ökonomie, vielmehr können Synergien genutzt werden.

Der Zugang zu Wasser von hoher Qualität ist in vielen Erzeugerländern ein Problem für den Einstieg in eine GH<sub>2</sub>-Ökonomie. Es werden etwa zehn Liter Wasser für die Erzeugung von einem Kilogramm H<sub>2</sub> benötigt. Dieser Prozess darf natürlich nicht in Konkurrenz geraten mit der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung oder mit der Bewässerungslandwirtschaft. In vielen Ländern wird die Entsalzung von Meerwasser als gangbarer Weg gesehen, allerdings erhöht dies die Erzeugungskosten und verzögert die Umsetzung der Projekte. Obwohl Wasser auch in einigen Regionen Costas Ricas knapp ist und der Klimawandel die Niederschlagsmengen in den meisten Teilen des Landes verringern wird, können wir davon ausgehen, dass Costa Rica in absehbarer Zukunft ohne Meerwasserentsalzung über hinreichende Wasserressourcen verfügt. Einige hochgelegene Gebiete gehören zu den niederschlagsreichsten Regionen der Welt und erreichen etwa 6000 mm Niederschlag pro Jahr. Zum Vergleich: Hamburg, bekannt als eine der regenreichen Städte Deutschlands, hat nur eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von etwa 670 mm.

Der Marktzugang ist eine Herausforderung für alle potenziellen GH<sub>2</sub>-Produktionsländer, die zu weit entfernt sind,

um über Pipelines mit den Regionen mit großer Nachfrage verbunden zu werden. Die Entfernung von Costa Rica zu potenziellen GH<sub>2</sub>-Märkten, wie etwa Europa, ist groß, aber nicht größer als bei potenziellen Mitbewerbern: Die Transportdauer (reine Fahrzeit) zwischen Puerto Limón an der Karibikküste und Rotterdam als wichtigstem Importhafen für Europa kann auf 16 Tage veranschlagt werden, sieben Tage kürzer im Vergleich zu Valparaíso/Chile nach Rotterdam und etwa die Hälfte der Transportzeit von Walvis Bay/Namibia nach Europa. Mit Chile und Namibia hat Deutschland Kooperationsabkommen im Rahmen der Wasserstoffwirtschaft geschlossen

Für Costa Rica kann sich die ungeklärte Frage des Massentransports von GH<sub>2</sub> für eine Übergangszeit als Vorteil erweisen. Andere Standorte mit größeren Landflächen (Namibia, Australien) können eventuell größere Mengen an GH<sub>2</sub> langfristig kostengünstiger anbieten. Diese skalenökonomischen Vorteile werden ohne geeignete Transportmittel jedoch erst einmal nicht wirksam. Dies bietet Chancen für Vorreiter der Wasserstoffwirtschaft. Die GH<sub>2</sub>-Ökonomie ist insgesamt noch ein großtechnisches System »im Werden«. Verschiedene Elemente (etwa hocheffiziente Elektrolyseure) sind noch nicht unter verschiedenen Umweltbedingungen getestet und auch das Zusammenspiel mit anderen technischen Komponenten (fluktuierende Stromquellen Windkraft und Solarenergie) muss sich noch in der Praxis bewähren. Hier kommen weitere Standortvorteile von Costa Rica ins Spiel: Das Land verfügt über hochqualifizierte Arbeitskräfte und einschlägige wissenschaftliche Einrichtungen, beides kann sich in einer Phase der praxisnahen Demonstration einer neuen Technologie als wichtig erweisen. Im jüngsten *Times Higher Education Index* beispielsweise belegt die Universität von Costa Rica (UCR) Platz 25 unter den leistungsstärksten Universitäten in Lateinamerika, was für ein kleines Land beachtlich ist. Das Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) verfügt über lange Erfahrung in der Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen Berufsausbildung. Die Regierungsführung des Landes gilt als fähig, effizient und integer, sowohl im politischen Bereich als auch in Bezug auf die Implementierungsagenturen wie CINDE in der Investitionsförderung, Procomer in der Exportförderung oder das Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) im Energiesektor.

Es gibt also gute Gründe für die Annahme, dass Costa Rica gute Chancen hat, sich als potenziell wichtiger Produktionsstandort in einer globalen GH<sub>2</sub>-Wirtschaft zu positionieren. Tatsächlich hat im Februar 2022 der australische Projektentwickler Kadelco mit dem ICE eine Vereinbarung unterzeichnet, um bis zu 50 000 Tonnen GH<sub>2</sub> in Costa Rica zu produzieren. Weitere internationale Unternehmen stehen im Kontakt mit der Regierung und prüfen ähnliche Investitionen. Mittelfristig kann auch die Kooperation mit anderen Ländern Zentralamerikas eine interessante Perspektive werden. Diese verfügen über ähnliche naturräumliche Voraussetzungen und teilweise größere Landflächen.

## FÜR EINE GRADUELLE UND DUALE STRATEGIE DER GH<sub>2</sub>-ÖKONOMIE IN COSTA RICA

Der Eintritt eines Landes wie Costa Rica in die globale GH<sub>2</sub>-Wirtschaft bringt Vorteile, aber auch Opportunitäts- und Transaktionskosten mit sich. Zwei Beispiele: Erstens können Flächen, die für die Erzeugung zusätzlicher erneuerbarer Energien genutzt werden, nicht (in vollem Umfang) für land- und forstwirtschaftliche oder andere Zwecke verwendet werden. Zweitens stellt der Eintritt eines kleinen Landes in eine globale GH<sub>2</sub>-Wirtschaft eine Herausforderung für die Steuerungs- und Verwaltungskapazitäten des Landes dar, da große Mengen an Informationen verarbeitet und schwierige Entscheidungen oft unter hoher Unsicherheit getroffen werden müssen. (Beispielsweise: welche Elektrolysetechnologien sind langfristig besonders kosteneffizient, sollen Kapazitäten für die Konvertierung von Wasserstoff in Ammoniak oder andere Derivate aufgebaut werden?) Es besteht die Gefahr, dass diese Governance-Kapazitäten an anderer Stelle fehlen werden, zum Beispiel, wenn Maßnahmen implementiert werden müssen, um die Anpassung an den Klimawandel zu bewältigen.

Um diese Zielkonflikte zu entschärfen, schlagen wir für Costa Rica eine graduelle und duale GH<sub>2</sub>-Strategie vor. Damit meinen wir, dass bei der Initiierung und dem Ausbau von Produktionskapazitäten nicht ausschließlich das Exportpotenzial von GH<sub>2</sub> als Rohstoff im Vordergrund stehen sollte. Obwohl noch keine zuverlässigen Daten über direkte Beschäftigungseffekte vorliegen, dürfte die GH<sub>2</sub>-Produktion allein nur wenige direkte Arbeitsplätze schaffen, da sowohl die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen als auch seine Umwandlung in GH<sub>2</sub> eher kapital- als arbeitsintensive Tätigkeiten sind.

Daher sollte Costa Rica frühzeitig beginnen, GH<sub>2</sub> zu erzeugen und zunächst im Inland zu nutzen, um zusätzliche Wertschöpfung zu generieren und dringend benötigte Arbeitsplätze zu schaffen. Das erwähnte ICE arbeitet bereits an entsprechenden Maßnahmen. Exportmöglichkeiten können dann zusätzlich genutzt werden. Eine duale Nutzung von GH<sub>2</sub> senkt die Risiken, die sich aus den Unsicherheiten bezüglich des H<sub>2</sub>-Transports ergeben. Technische Studien schließen nicht aus, dass umfangreiche Schiffstransporte erst in den 2030er Jahren möglich werden. Da Wasserstoff nicht »auf Halde« produziert werden kann, ist es sinnvoll, lokale Nutzungen zu entwickeln, die dann einen allmählichen und gleichgerichteten Markthochlauf von Angebot und Nachfrage erlauben. Gleichzeitig wird Erfahrungswissen generiert, dass bei der späteren Skalierung der Wasserstoffherzeugung für den Export wichtig ist und dem Land einen zusätzlichen Standortvorteil verschaffen kann.

## POTENZIELLER NUTZEN EINER GH<sub>2</sub>-STRATEGIE FÜR DIE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG IN COSTA RICA

Für ein Entwicklungsland, welches über »Kohle und Öl« eines postfossilen Energiesystems (erneuerbare Energien und Wasser) verfügt, gibt es zwei grundlegende Möglichkeiten, die sich ergebenden Chancen zu nutzen: Zum einen kann sich das Land auf Exporteinnahmen stützen, um die Zahlungsbilanz der Volkswirtschaft zu verbessern und Staatseinnahmen zu generieren, die etwa in Sozialtransfers oder die Weiterentwicklung des Humankapitals des Landes durch Bildung und Ausbildung investiert werden können. Ein Land kann sich aber auch darum bemühen, weiteren direkten oder indirekten Nutzen von der Integration in eine globale GH<sub>2</sub>-Wirtschaft zu ziehen.

Für Costa Rica sollte es sich nicht um eine Entweder-Oder-Entscheidung handeln. Vielmehr schlagen wir vor, dass eine GH<sub>2</sub>-Exportstrategie mit einer verstärkten Suche nach Co-Benefits im Land verknüpft wird. Ohne die Situation zu sehr zu vereinfachen, können wir feststellen, dass die politischen Entscheidungsträger Costa Ricas und die Gesellschaft vor allem zwei Herausforderungen zu bewältigen haben: Erstens müssen Wege gefunden werden, um mehr Menschen, insbesondere Jugendliche, in produktive Beschäftigungsverhältnisse zu bringen. Zweitens müssen die enormen Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Gebieten, insbesondere zwischen Zentralem Hochtal und den Küstengebieten, wenn es um die Entwicklungschancen für Individuen und Kommunen geht, abgebaut werden.

Die direkten Beschäftigungspotenziale, welche sich aus einer GH<sub>2</sub>-Produktionsstrategie ergeben, sind sehr unterschiedlich, je nachdem, ob es um den Bau der Infrastruktur (Windturbinen, Photovoltaikanlagen, Geothermieanlagen, Übertragungsleitungen, Elektrolyseure) oder den Betrieb geht. Die Erfahrungen mit großen Projekten für regenerative Energien, etwa in Spanien und Marokko, zeigen, dass beim Bau der Anlagen mehrere tausend Menschen produktiv beschäftigt werden können. In der Bauphase entstehen auch Verflechtungen mit der lokalen Industrie, die zusätzliche wirtschaftliche Impulse geben können. Diese stimulierenden Wirkungen enden jedoch weitgehend, wenn die Anlagen erst einmal im Betrieb sind. Dann werden für die routinemäßige Wartung (wie etwa die Säuberung von Solarpanelen oder Spiegeln) nur noch wenige hundert Menschen in oft wenig qualifizierten Tätigkeiten beschäftigt.

Für Costa Rica können groß angelegte Investitionen in GH<sub>2</sub>, beispielsweise wenn sich das erwähnte Kadelco-ICE-Projekt realisiert, eine wichtige Möglichkeit sein, die Arbeitslosenquote zu senken, die im Zuge der COVID-19-Pandemie von acht auf 17 Prozent (2017–2020) und im Bereich der Jugendarbeitslosigkeit von 20 auf 40 Prozent gestiegen ist. Kadelco spricht von 2 600 direkten Arbeitsplätzen, die das Projekt unmittelbar schaffen würde.

## AUF DER SUCHE NACH DEN CO-BENEFITS DER GH<sub>2</sub>-PRODUKTION

Lokal erzeugter GH<sub>2</sub> bietet verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, die für Länder unterschiedlichen Entwicklungsstands unterschiedlich relevant sind. In einigen afrikanischen Ländern laufen Pilotprojekte zur Nutzung von Wasserstoff als Speichermedium in *Mini-Grids*, die von intermittierenden erneuerbaren Energiequellen gespeist werden. Durch die Energiespeicherung kann eine 24-Stunden-Stromversorgung ermöglicht werden. Gegenüber Batterien ist die Wasserstoffspeicherung zudem die umweltverträglichere Lösung. *Mini-Grids* sind eine wichtige Brückentechnologie, um Gemeinden außerhalb der Reichweite der nationalen Stromnetze verlässlich mit Elektrizität zu versorgen. Da in Costa Rica nahezu die ganze Bevölkerung Zugang zum Netz hat, ist dieser Zusatznutzen für das Land nicht sehr relevant.

Um in Zukunft CO<sub>2</sub>-neutral zu werden, sind für Costa Rica zwei Anwendungsbereiche von zentraler Bedeutung: Der Verkehr und die Prozesswärmeerzeugung der Industrie hängen nach wie vor von fossilen Energieträgern und Rohstoffen (Düngemittel) ab. Aus Handelsdaten der Vereinten Nationen geht hervor, dass Costa Rica in den Jahren vor der Corona-Pandemie, in den Jahren 2016–2019, »Mineralische Brennstoffe, Mineralöle und Erzeugnisse ihrer Destillation« im Wert von 1,2 bis 1,7 Milliarden US-Dollar importierte, was etwa zehn Prozent des Gesamtwerts aller Einfuhren des Landes entsprach. Die Einfuhren von Düngemitteln sind wesentlich geringer, stellen aber immer noch einen erheblichen Kostenfaktor dar, der sich im selben Zeitraum auf 60–70 Millionen US-Dollar pro Jahr belief. Die voraussichtlich anhaltende drastische Verteuerung von Öl, Gas und Düngemitteln machen eine rasche Umstellung auch ökonomisch zu einer prioritären Aufgabe.

Die Reduktion der verbleibenden Treibhausgasemissionen bei gleichzeitig umfassender Einsparung von Devisen kann wichtige Co-Benefits für Costa Rica darstellen. Das ICE plant bereits den Einsatz von GH<sub>2</sub> im Straßenverkehr (Lkw, Busse), zunächst soll GH<sub>2</sub> fossilen Treibstoffen beigemischt werden, mittelfristig ist die Umstellung auf Brennstoffzellenantrieb geplant.

Die Nutzung von GH<sub>2</sub> zur Dekarbonisierung der Industrie ist eine praktikable Option für Sektoren, die im großen Maß Prozesswärme benötigen, von denen es in Costa Rica jedoch nicht allzu viele gibt. ICE arbeitet bereits mit einem Unternehmen zusammen, das für die Bauwirtschaft Bewehrungsstahl aus importiertem Metall herstellt. Die zum Schmelzen des Stahls benötigte Hitze wird künftig aus GH<sub>2</sub> gewonnen. Die Düngemittel- und die Zementindustrie des Landes sollten die nächsten Kandidaten sein, da sich importierte Zwischenprodukte einsparen ließen und gleichzeitig in erheblichem Maße Treibhausgasemissionen verringert würden. Weltweit trägt allein die Zementindustrie schätzungsweise acht Prozent zu den Treibhausgasemissionen bei, die Produktion von synthetischen Stickstoffdüngern weitere 2,4 Prozent. Die technologischen Entwicklungen sind in beiden Sektoren schnell. Sobald Costa Rica relevante Mengen an



GH<sub>2</sub> produziert, könnte es mit der lokalen Industrie und potenziellen internationalen Partnern aus Forschung und Entwicklung bei der Suche nach praktikablen Dekarbonisierungsoptionen für beide Industrien zusammenarbeiten. Auch bei anderen Ansätzen zur Begleitforschung kann Costa Rica seine relativ starken Forschungskapazitäten nutzen (siehe zwei Beispiele im Textkasten 1).

Textkasten 1:

### **Begleitforschung für die GH<sub>2</sub>-Wirtschaft in Costa Rica – Zwei Beispiele**

#### *Nachhaltige Doppelnutzung der verfügbaren Flächen*

Obwohl es sich bei der Stromerzeugung durch Photovoltaik um eine ausgereifte Technologie handelt, müssen einige wichtige Aspekte weiter erforscht werden, beispielsweise die Frage, wie der Ausbau der grünen Energieerzeugung ohne Einschränkung der alternativen Flächennutzung möglich ist. Die deutsche Forschungsgesellschaft Fraunhofer führt in Deutschland und Chile Projekte durch, in denen Möglichkeiten zur Kombination von Solar-PV mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung untersucht werden. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass Synergien in heißen und trockenen Regionen entstehen. Dort spenden Sonnenkollektoren Schatten für Nutztiere und mäßigen die Temperaturen bei starker Sonneneinstrahlung für Pflanzen und Tiere. Sie schützen zudem die Böden vor Erosion durch Starkregen. Diese Art von Forschung könnte etwa für Teile der Pazifikregion Costa Ricas von Bedeutung sein.

#### *Kleinmaßstäbige GH<sub>2</sub>-Produktion für Wasserstofftankstellen für Lkw und Busse*

Ein groß angelegter Elektrolyseur in der Nähe des Hafens wäre eine naheliegende Option für ein exportorientiertes GH<sub>2</sub>-Projekt. Anders verhält es sich, wenn GH<sub>2</sub> für den Verkehr im Inland eingesetzt werden soll. Lkw und Busse müssen auf bestimmten Strecken Wasserstoff nachfüllen. Der Transport von GH<sub>2</sub> von seinem Produktionsort zu den Tankstellen wäre technisch machbar, aber teuer und gefährlich. Es könnten Systeme entwickelt werden, um kleine Mengen von GH<sub>2</sub> lokal zu produzieren und in einem nationalen Netz von Tankstellen zu verwenden.

## **EINE MITTELFRISTIGE INDUSTRIE- UND REGIONALPOLITIK ENTWICKELN**

Costa Rica könnte in der Anfangsphase von den Investitionen und der Schaffung von Arbeitsplätzen in Infrastruktur und Anlagen profitieren. Dies hat auch eine wichtige regionalwirtschaftliche Dimension, da der beste Standort für eine GH<sub>2</sub>-Anlage mit einer (mit Blick auf Europa) wichtigen Exportkomponente in der Nähe der Exporthäfen Puerto Limón oder Puerto Moín liegen würde und damit in einer im Vergleich zum Zentralen Hochtal strukturschwachen Region. Die Schaffung von Arbeitsplätzen an der Atlantikküste und möglicherweise auch die Demonstrationseffekte einer »sichtbaren« zukunftsorientierten sauberen Technologieanlage könnten dazu beitragen, der Frustration der Bevölkerung in der Atlantikregion entgegenzuwirken. Diese Frustration wird als wichtiger Grund dafür genannt, dass bei den Wahlen 2017 und 2022 viele Bewohner der Atlantikregion ihre Stimme rechtspopulistischen Kandidaten gaben oder von ihrem Wahlrecht gar keinen Gebrauch machten.

Ein durch GH<sub>2</sub> ausgelöster Aufschwung der wirtschaftlichen Aktivitäten und der Beschäftigung könnte Costa Rica und der Atlantikküste helfen, sich von den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie zu erholen. Wie große Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien in anderen Teilen der Welt gezeigt haben, ist die hohe Zahl der während der Bauphase geschaffenen Arbeitsplätze aber nicht von Dauer, wenn Infrastruktur und Anlagen erst einmal in Betrieb gehen. Dies muss in der GH<sub>2</sub>-Strategie des Landes berücksichtigt werden. Um eine neue Welle der Frustration zu vermeiden, sollte ein Teil der Einnahmen, die durch GH<sub>2</sub>-Exporte erzielt werden, in die Schaffung arbeitsintensiver Folgeaktivitäten investiert werden, und zwar nicht im Zentraltal, sondern in den peripheren Regionen, insbesondere an der Atlantikküste. Eine denkbare Option wäre zum Beispiel die Einrichtung von Kleinindustrien und Werkstätten, um Busse und Lkw von Verbrennungsmotoren auf Brennstoffzellenantrieb umzustellen.

## ANSATZPUNKTE FÜR DIE DEUTSCHE UND EUROPÄISCHE ZUSAMMENARBEIT MIT COSTA RICA

Die GH<sub>2</sub>-Strategien Europas und Deutschlands sind sehr ambitioniert in Bezug auf die Mengen an GH<sub>2</sub>, die in den kommenden Jahren und Jahrzehnten für die Dekarbonisierung der Wirtschaft und Gesellschaft eingesetzt werden sollen. Sie bleiben überraschend vage bezüglich der Frage, wo diese Mengen erzeugt werden können. Hoffnung gilt der Offshore-Windenergie in der Nordsee und der Solarenergie in Südeuropa. Die Einbindung von Entwicklungsländern in die Handelsströme wird als notwendig angesehen. Allerdings fehlt es bislang an strategischen Überlegungen, wie der Markthochlauf dort verantwortungsvoll vollzogen werden kann und ob und wie die Entwicklungszusammenarbeit und andere Formen internationaler Kooperation hier unterstützen können. Ausnahmen gibt es, beispielsweise die nationale GH<sub>2</sub>-Strategie von Chile von 2020, deren Entwicklung von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) mit unterstützt wurde. Diese sieht, ähnlich wie hier für Costa Rica vorgeschlagen, einen graduellen und dualen Einstieg in die Wasserstoffökonomie vor, bei dem zunächst lokale Verwendungen im Transport-, Chemie- und Minensektor vorgesehen sind, bevor mit dem Export begonnen wird.

In Costa Rica können deutsche Organisationen anbieten, die Entwicklung der Nationalen Wasserstoffstrategie zu unterstützen. Deren Erarbeitung wurde im Dezember 2021 vom Umweltministerium MINAE begonnen. An die langjährige Kooperation mit Ministerien und Organisationen wie GIZ, Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) und Auslandshandelskammern (AHK) sowie politische Stiftungen kann angeknüpft und auf das so aufgebaute Vertrauen aufgebaut werden. Über Instrumente wie die Internationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz oder das Förderprogramm developPPP des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung können Pilotprojekte, wie sie beispielhaft in Textkasten 1 skizziert sind, angestoßen werden. Forschungs- und Stipendienprogramme in technischen und sozialwissenschaftlichen Disziplinen können der Kooperation langfristig Substanz verleihen und zu einer langfristigen Vernetzung zwischen Costa Rica sowie Deutschland und Europa in einer Zukunftstechnologie und ihrem transformativen Potenzial führen.

## ÜBER DIE AUTOR\_INNEN

**Andreas Stamm** arbeitet am Deutschen Institut für Entwicklungspolitik. Er ist Wirtschaftsgeograph und arbeitet zu Fragen internationaler wirtschaftlicher Verflechtungen und zu Ansätzen, um soziale und Umweltstandards in globalen Wertschöpfungsketten zu verbessern. Die Beiträge, die Wissenschaft, Technologie und Innovation zur nachhaltigen Entwicklung im globalen Süden leisten, standen in den letzten Jahren ebenso im Kern seiner wissenschaftlichen Arbeit wie die Impulse, die eine gezielte öffentliche Beschaffung auf die soziale und umweltbezogene Nachhaltigkeit haben kann. Regionale Schwerpunkte sind Costa Rica und Honduras, Äthiopien, Argentinien und Südafrika.

**Fernando Lizana** studierte Elektrotechnik am Instituto Tecnológico de Costa Rica und Erneuerbare Energien an der Universität Zaragoza, Spanien. Zusätzlich hat er einen Postgraduiertenabschluss in Planung und Management von Forschungs- und Entwicklungsprojekten der Polytechnischen Universität Valencia, Spanien. Derzeit arbeitet er als Koordinator der Abteilung für Nachhaltigkeit und Innovation des costa-ricanischen Elektrizitätsinstituts (ICE).

**Katharina Thoms** studierte Ökonomie und Umwelt- und Ressourcenökonomie an den Universitäten Köln und Kopenhagen. Ihr Studium schloss sie 2020 mit einer Masterarbeit zum Thema »Treiber der Wasserstoffproduktion in Europa und Norwegen« ab. Derzeit ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Deutschen Institut für Entwicklungspolitik.

## IMPRESSUM

Herausgeberin:  
Friedrich-Ebert-Stiftung e.V.  
Godesberger Allee 149  
53175 Bonn  
Deutschland  
E-Mail: [info@fes.de](mailto:info@fes.de)

Registernr.: VR2392  
Vereinsregister Bonn  
Amtsgericht Bonn

Vorsitzender: Martin Schulz

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied:  
Dr. Sabine Fandrych

Inhaltliche Verantwortung und Redaktion:  
Valeska Hesse, Leiterin des Referats  
Lateinamerika und Karibik  
Tel.: +49-30-269-35-7484 | Fax: +49-30-269-35-9253  
<http://www.fes.de/referat-lateinamerika-und-karibik/>

Bestellung/Kontakt: [info-lak@fes.de](mailto:info-lak@fes.de)

Satz: Ludger Stallmeister

Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Ansichten sind nicht notwendigerweise die der Friedrich-Ebert-Stiftung e.V.. Eine gewerbliche Nutzung der von der Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) herausgegebenen Medien ist ohne schriftliche Zustimmung durch die FES nicht gestattet. Publikationen der Friedrich-Ebert-Stiftung dürfen nicht für Wahlkampfzwecke verwendet werden.

ISBN Nr. 978-3-98628-186-1

© 2022

