



KOLUMBIEN

Produktion von grünem Wasserstoff und Derivaten

Zielmarktanalyse 2024 mit Profilen der Marktakteure

www.german-ernergy-solutions.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber

Deutsch-Kolumbianische Industrie- und Handelskammer
Carrera 13 # 93-40
Bogotá, Kolumbien
info@ahk-colombia.com

Kontaktperson

Ana Milena Restrepo
E-Mail: ana.restrepo@ahk-colombia.com

Daniela Schwarzbach
E-Mail: daniela.schwarzbach@ahk-colombia.com

Joe Hernández
E-Mail: joe.hernandez@ahk-colombia.com

Stand

April 2024

Gestaltung und Produktion

Daniela Schwarzbach
E-Mail: daniela.schwarzbach@ahk-colombia.com

Bildnachweis

<https://stock.adobe.com/es>
hydrogen gas pipeline and measuring system located on meadow – wind turbine in the background
Archivnummer: 498531471

Redaktion

Daniela Schwarzbach
E-Mail: daniela.schwarzbach@ahk-colombia.com

Urheberrecht/Haftungsausschluss

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit oder Vollständigkeit 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.

Inhaltsverzeichnis

I.	Tabellenverzeichnis.....	2
II.	Abbildungsverzeichnis	2
	Executive Summary.....	1
1.	Aktuelle wirtschaftliche und politische Entwicklungen.....	2
2.	Marktchancen	3
2.1	Aktuelle Trends und energiepolitische Entwicklung.....	3
2.2	Geschäftsoportunitäten	3
2.3	Mögliche Standorte	4
3.	Technische Lösungsbedarfe an die deutsche Zielgruppe.....	5
3.1.	Benötigte Technologien und Erfahrung	5
3.2.	Aktuelle Nutzung von Wasserstoff in Kolumbien	5
3.3.	Referenzprojekte im Zielland	6
4.	Wettbewerbsumfeld und Markteintrittsstrategien	10
4.1.	Marktakteure im Zielland.....	10
4.2.	Mögliche Kooperationsformen	12
4.3.	Risiken des Marktumfeldes	12
5.	Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen	13
5.1.	Gesetzlicher Rahmen.....	13
5.2.	Förderprogramme und steuerliche Anreize	14
5.3.	Strompreisregulierung.....	15
5.4.	Fachkräfte.....	15
6.	SWOT-Analyse.....	16
	Profile der Marktakteure	17
	Relevante administrative Instanzen	17
	Potenzielle Partner.....	18
	Standortagenturen	19
	Veranstaltungen.....	19
	Quellenverzeichnis.....	20

I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptakteure des kolumbianischen Wasserstoffsektors	10
Tabelle 2: Deutsche Unternehmen bereits im Zielmarkt vertreten	11
Tabelle 3: Rechtsgrundlage	13
Tabelle 4: SWOT-Analyse.....	16

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirtschaftsindikatoren Kolumbien	2
Abbildung 2: Regionen mit höchstem Potenzial für Solar-, Wind- und Wasserkraftenergie	4
Abbildung 3: Registrierte Projekte- Wasserstoffproduktion	7
Abbildung 4: Registrierte Projekte - Wasserstoffnachfrage.....	8

Executive Summary

Auf der Klimakonferenz der Vereinten Nationen im Jahr 2015 hat Kolumbien sich dazu verpflichtet, bis 2050 emissionsfrei zu werden. Es wird daher vom Land angestrebt, seine Emissionen bis 2030 um 51% zu reduzieren¹. Die geografische Lage Kolumbiens birgt dabei großes Potenzial für die Wasserstoffproduktion sowie dessen Export. Aus dem Grund wird ein Schwerpunkt auf die Produktion inklusive des Exports von grünem Wasserstoff sowie der Derivate Methanol und Ammoniak gelegt².

Herausforderungen wie die ausstehende Ausweitung sekundärer Prozesse, hoher Transportkosten aufgrund mangelnder Infrastruktur, fehlende Informationssysteme, ein geringes Niveau an technischer Ausbildung und geringe finanzielle Mittel sind zu bewältigen.

Deutsche Technologien können zum Ausbau des kolumbianischen Wasserstoffsektors beitragen. Der grüne Wasserstoffmarkt befindet sich mit aktuell insgesamt 38 registrierten Pilotprojekten noch in den Anfangsstadien. Von diesen fokussieren sich 32 Projekte auf die grüne Wasserstoffproduktion und sechs auf den entsprechenden Wasserstoffverbrauch. Unter Berücksichtigung des Potenzials moderner Technik in der kolumbianischen Wasserstoffproduktion, ergibt sich eine potenzielle Produktionskapazität von bis zu 3,2 Megatonnen jährlich³. Bis 2030 soll die Elektrolyse-Kapazität auf bis zu drei Gigawatt ausgebaut werden⁴. Hiervon kann ein Großteil exportiert werden. Um die Entwicklung des Wasserstoffsektors zu unterstützen und zu regulieren, hat das Ministerium für Bergbau und Energie im Jahr 2021 die Wasserstoff-Roadmap veröffentlicht. Diese soll den Ausbau des Wasserstoffsektors bis 2050 regulieren.

Die Regionen Antioquia, Atlántico, Bogotá, Bolívar, Cundinamarca, Meta, Santander, und Valle de Cauca zeigen hohes Potenzial zur Wasserstoffproduktion auf. Als Exportregionen kommen aufgrund des hohen Produktionspotenzials und Zugängen zu größeren Seehäfen, zusätzlich Córdoba, und La Guajira in Frage⁵.

Die nachfolgende Analyse des kolumbianischen Wasserstoffmarktes zeigt die bestehenden Geschäftsoportunitäten für deutsche Unternehmen in diesem sich neu eröffnenden Bereich auf und klärt über rechtliche, regulatorische und unternehmerische Rahmenbedingungen auf.

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020

² Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020

³ Ministerio de Minas y Energía, 2021

⁴ Ministerio de Minas y Energía, 2021

⁵ AHK Colombia & GIZ, 2024

1. Aktuelle wirtschaftliche und politische Entwicklungen

Kolumbiens Wirtschaftsindikatoren sind positiv: So steigt das BIP, die Arbeitslosenquote sinkt während Exporte steigen. Im Jahr 2022 betragen diese einen Gesamtwert von knapp 3,1 Mrd. Euro und waren hauptsächlich in dem Export von Steinkohle und Kaffee gebunden⁶.

Wirtschaftslage						
	2021	2022	2023*	2024*	Deutschland 2022	
BIP (Mrd. US\$)	318,5	343,6	363,8	373,4	4.082	
Reales BIP-Wachstum (%)	11,0	7,3	1,4	2,0	1,8	
BIP je Einwohner (US\$)	6.239	6.658	6.976	7.087	48.712	
Inflationsrate (%)	3,5	10,2	11,4	5,2	8,7	
Haushaltssaldo (% des BIP)	-7,1	-6,2	-3,5	-2,4	-2,6	
Arbeitslosenquote (%)	13,8	11,2	10,8	10,4	10,4	
Staatsverschuldung (% des BIP, brutto)	64,0	60,4	55,0	55,0	66,3	
Leistungsbilanzsaldo (% des BIP)	-5,6	-6,2	-4,9	-4,3	4,2	

Quellen: Internationaler Währungsfonds (IWF), Eurostat

Außenhandel mit Waren	Mrd. US\$	2020	%	2021	%	2022	%
Einfuhr		43,5	-17,5	61,1	40,5	77,4	26,7
Ausfuhr		31,1	-21,4	41,4	33,3	57,3	38,3
Saldo		-12,4		-19,7		-20,2	

Hauptabnehmerländer
(2022, % der Gesamtausfuhr) USA 26,9; Panama 10,2; Niederlande 4,7; Indien 4,3; Brasilien 4,1; Türkei 3,9; China 3,8; Ecuador 3,3; Mexiko 3,1; Chile 2,8; Sonstige 33,0

Hauptlieferländer
(2022, % der Gesamteinfuhr) USA 24,5; China 24,2; Brasilien 7,1; Mexiko 5,4; Frankreich 3,2; Deutschland 3,0; Indien 2,2; Argentinien 2,1; Spanien 1,9; Japan 1,9; Sonstige 24,5

Mitgliedschaft in Zollunion Nein

Abbildung 1: Wirtschaftsindikatoren Kolumbien

Quelle: GTAI, 2023

Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes wird durch die Kombination von energie- und sozialpolitischen Maßnahmen vorangetrieben. Ein wichtiges langfristiges Ziel ist die Erzeugung erneuerbarer Energien und die Förderung von Technologien, welche die Produktion von Wind-, Sonnen- und Erdwärmeenergie sowie weiteren nicht-konventionelle Energien ermöglichen (definiert in einem von der Regierung zusammengestellten Katalog nicht-konventioneller erneuerbarer Energiequellen, kurz: FNCR). Dabei wird eine flächendeckende Infrastruktur angestrebt, die nachhaltig und zuverlässig die Nachfrage deckt und gleichzeitig der sozialen und ökologischen Verantwortung gerecht wird. Diese Transformation wird auch von der Regierung vorangetrieben. Die im September 2021 veröffentlichte Wasserstoff-Roadmap dient als Leitfaden für die Wasserstoffproduktion, -nutzung und -transport. Um die erforderliche Infrastruktur zu entwickeln, werden Anreiz- und Regulierungsmechanismen implementiert und eine einfache Integration in das nationale Energienetzwerk angestrebt⁷. Im national festgelegten Beitrag zu den Vereinten Nationen hat sich Kolumbien zu einer CO₂ Neutralität bis 2050 verpflichtet⁸. Dieser Prozess wird unter anderem durch nationale Gesetzgebung unterstützt, die Wasserstoff in die Liste der nicht-konventionellen erneuerbaren Energien (FNCR) aufnehmen und Kapital zum Nutzen und Ausbau erneuerbarer Energien bündeln⁹.

⁶ GTAI, 2023

⁷ Ministerio de Minas y Energía, 2021

⁸ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020

⁹ Departamento Nacional de Planeación, 2022

2. Marktchancen

2.1 Aktuelle Trends und energiepolitische Entwicklung

Laut der Roadmap soll die Produktion von Wasserstoff bis 2030 so weit vorangeschritten sein, dass er auf dem Weltmarkt zu einem Preis von 1,7 US\$/Kg angeboten werden kann. Durch technische Fortschritte kann der Preis auf bis zu 1,1 US\$/Kg gesenkt werden, um wettbewerbsfähig mit dem chilenischen Wasserstoff-Sektor zu sein.

2021 hat das Ministerium für Umwelt und nachhaltige Entwicklung im Rahmen der langfristigen E2050 Strategie die Strategie zu Kolumbiens Co2-Neutralität eingeführt¹⁰. Im März 2022 wurden von dem Nationalen Rat für Wirtschafts- und Sozialpolitik (CONPES) Leitlinien, Strategien, und Maßnahmen für den Energieübergang und die Dekarbonisierung der folgenden sechs Jahre festgelegt¹¹. Unter dem amtierenden Präsident Gustavo Petro ist die Energiepolitik auf eine verstärkte Entwicklung erneuerbarer Energien und eine geringe Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen fokussiert¹².

Die deutsch-kolumbianische Kooperation zum Ausbau des kolumbianischen Wasserstoffsektors beruht auf einer im Juni 2023 unterzeichneten Absichtserklärung die Energietransition gemeinsam voranzutreiben und sich für die entsprechende Forschung einzusetzen. Im Rahmen dieser Absichtserklärung unterzeichneten Vertreter des kolumbianischen Ministeriums für Bergbau und Energie und das Fraunhofer-Institut für Solarenergiesysteme ein ‚Memorandum of Understanding‘ für künftige Forschungsprojekte über den Ausbau des Wasserstoffsektors.¹³ Um dies auch auf einer institutionellen Ebene zu gewährleisten, wurde im März 2024 ein Komitee für grünen Wasserstoff und zur Förderung sauberer Energien gegründet¹⁴. Eine weitere Absichtserklärung schloss die kolumbianische Regierung mit dem Hafen in Rotterdam ab, der zu einem Exportkorridor kolumbianischen Wasserstoffs werden soll¹⁵.

2.2 Geschäftsoportunitäten

Kolumbien hat das Potenzial, sich wie Mexiko, Chile, Brasilien, und Argentinien, zu einem Vorreiter im globalen Wasserstoffmarkt zu entwickeln¹⁶. Es wird erwartet, dass Kolumbiens Energieproduktion in den Bereichen Solar auf bis zu 32.000 Megawatt, Windkraft auf bis zu 30.000 Megawatt, kleine Wasserkraftwerke auf bis zu 20.000 Megawatt, Geothermik auf bis zu 1.170 Megawatt, und im Bereich Bioenergie auf bis zu 448,5 Megawatt ausgebaut werden kann¹⁷. Innerhalb Kolumbiens wird Wasserstoff vorrangig in dem Transportsektor, der Bergbau- und Stahlproduktion, dem Elektrosektor und der Pharmazie benötigt. Ammoniak wird im Agrarsektor und in der Lebensmittelindustrie, Methanol im Produktionssektor benötigt¹⁸.

¹⁰ GOV.CO, 2023a

¹¹ Aciem, 2022

¹² Global Energy Monitor, n.d.

¹³ Fraunhofer ISE, 2023

¹⁴ GOV.CO, 2024a

¹⁵ Siepen, 2022

¹⁶ Siepen, 2021

¹⁷ AHK Colombia & GIZ, 2024

¹⁸ AHK Colombia & GIZ, 2024

Aktuell wird die nationale Nachfrage von Wasserstoff sowie deren Derivaten von jährlich 150 Kilotonnen hauptsächlich aus fossilen Quellen bedient¹⁹. Die Wasserstoff-Roadmap prognostiziert die interne Nachfrage nach Wasserstoff bis 2050 auf bis zu 1,6 - 1,8 Megatonnen pro Jahr²⁰. Um die Elektrolyse- Kapazität bis 2030 auf bis zu drei Gigawatt auszubauen, werden technische Innovationen und Investitionen von ca. 5 Milliarden US\$ benötigt.

2.3 Mögliche Standorte

Die Regionen Antioquia, Atlántico, Bogotá, Bolívar, Cundinamarca, Meta, Santander und Valle de Cauca sind Regionen mit einem hohen Potenzial für grüne Wasserstoffproduktion. Als Exportregionen kommen, aufgrund des hohen Produktionspotenzials und Zugängen zu größeren Seehäfen, zusätzlich Córdoba und La Guajira in Frage²¹. Eine genauere Erläuterung ist in Abbildung 2 zu sehen.

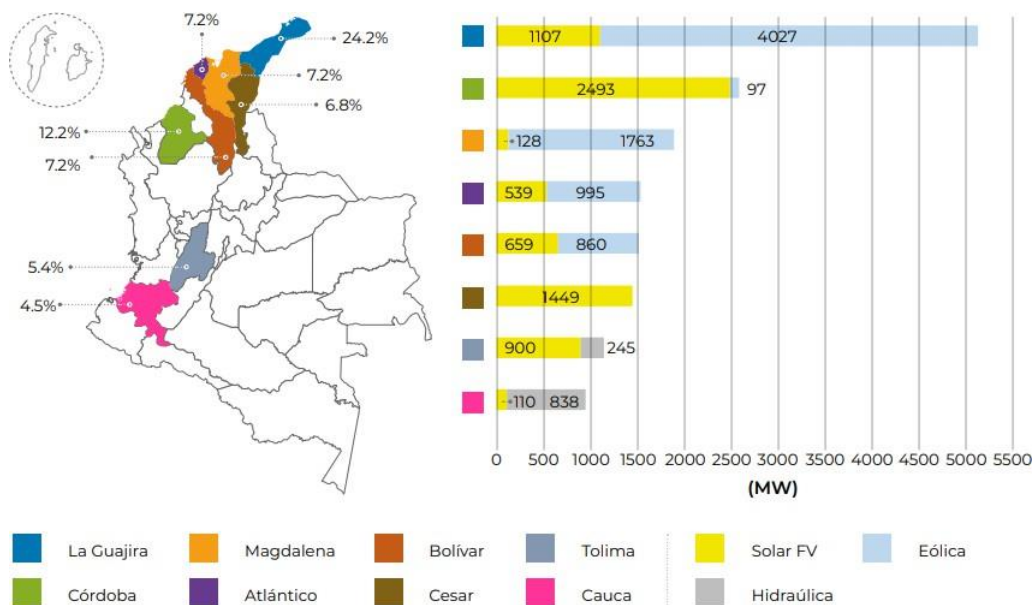


Abbildung 2: Regionen mit höchstem Potenzial für Solar-, Wind- und Wasserkraftenergie

Quelle: AHK Colombia & GIZ, 2024²²

In den Regionen Atlántico und Bolívar sind optimale Bedingungen für Blending-Projekte zur Herstellung von grünem Wasserstoff und Ammoniak gegeben. Nachfrage besteht durch die in Cartagena ansässigen Raffinerien. Die Region La Guajira ist darauf fokussiert das hohe Potenzial an Wind- und Solarenergie zu nutzen, um Produktionskosten zu senken und sich als globaler Ammoniakexporteur zu positionieren. Im Valle del Cauca steht aufgrund des Zuckerrohranbaus ausreichend Restbiomasse zur Verfügung. Das nahe gelegene Industriegebiet, Yumbo, sorgt für ausreichend Nachfrage und verfügt über eine geeignete Gasinfrastruktur. Die Region Tolima verfügt ebenfalls über hohes Potenzial an Solarenergie und eine bereits bestehende Gasinfrastruktur.

¹⁹ AHK Colombia & GIZ, 2024

²⁰ Ministerio de Minas y Energía, 2021

²¹ AHK Colombia & GIZ, 2024

²² Solar FV – Solarkraft; Eólica – Windkraft; Hidráulica - Wasserkraft

3. Technische Lösungsbedarfe an die deutsche Zielgruppe

3.1. Benötigte Technologien und Erfahrung

Zum Umbau von bestehenden Erdgasleitungen auf für den Wasserstofftransport ausgelegte Leitungen werden diverse Technologien benötigt. Auf Nachfrageseite werden Technologien zur Anwendung von Wasserstoff für nicht wirtschaftlich elektrifizierbare Produktionsprozesse, wie der Stahlerzeugung benötigt. In Tabelle 1 im Kapitel 4, Profile der Marktakteure, befindet sich eine Liste mit bereits im Sektor aktiven deutschen Firmen.

Außerdem muss die Industrie für sekundäre Prozesse aufgebaut werden. Aufgrund der hohen zur Verfügung stehenden Wind- und Sonnenenergie in der Karibikregion, bietet eine Offshore Wasserstoffproduktion ein hohes Potenzial. Da Kolumbien über die sechstgrößten Wasservorkommen der Erde verfügt, bietet die Meerwasserentsalzung eine Grundlage für die Produktion von grünem Wasserstoff²³. Das Unternehmen Alfa Laval bietet Wärmeübertragungslösungen an, die dazu beitragen, die Abwärme von Elektrolyseuren zu recyceln und zur Entsalzung von Meerwasser zu nutzen²⁴. Ein entsprechendes Beispiel an zu entwickelnden sekundären Prozessen ist die Nutzung der durch die Entsalzung und Säuberung von Meerwasser entstehenden chemischen Rückstände. In Chile besteht, wie in einer Kooperationsstudie der GIZ Chile und der internationalen Power-to-X Hub Initiativen analysiert, bereits ein Fokus auf der Entwicklung von Meerwasserentsalzungsanlagen²⁵. Um eine grüne Wasserstoffproduktion sicherzustellen, muss der benötigte Strom für die Elektrolyseure durch erneuerbare Energien hergestellt werden. Auch beim Ausbau der angestrebten Effizienz dieser erneuerbaren Energien werden moderne Technologien benötigt, die möglichst wenig Frischwasser und Energie zur Säuberung sowie Kühlung beanspruchen.

3.2. Aktuelle Nutzung von Wasserstoff in Kolumbien

Die 2023 veröffentlichte Kooperationsstudie der kolumbianischen Wasserstoffkammer, ANDI-Naturgas und der GIZ gibt an, dass 28 registrierte Projekte bestehen. Sechs potenziellen Hubs zur Wasserstoffproduktion wurden ausgemacht²⁶. Die AHK Kolumbien hat im Rahmen der Initiative H2Uppp in Kooperation mit der GIZ im März 2024 eine weitere Studie veröffentlicht. Aufgrund der höheren Aktualität wurden die im weiteren Verlauf vorkommenden numerischen Angaben dieser Studie entnommen²⁷. Laut dieser Studie bestehen aktuell 32 aktive Projekte mit Bezug auf die Produktion von grünem Wasserstoff und seiner Derivate. Von diesen 32 Projekten fokussieren sich 19 auf Wasserstoff, 12 auf Ammoniak und eines auf Methanol. Bezogen auf die Nachfrage von Wasserstoff und seiner Derivate bestehen sechs registrierte Projekte.

Die aktuelle Produktion von 150 Kilotonnen Wasserstoff wird zu 84% in Raffinerien mit Standorten in Cartagena und Barrancabermeja verwendet. Weitere Sektoren in denen Wasserstoff und seine Derivate genutzt werden sind der Agrar-

²³ Siepen, 2024

²⁴ Alfa Laval, 2021

²⁵ H2 Lac

²⁶ GIZ, 2023

²⁷ AHK Colombia & GIZ, 2024

sektor zur Herstellung von Düngemittel (12%) und die Nahrungsmittelindustrie²⁸. Deutsche Unternehmen haben durch die Bereitstellung entsprechender Technologien die Möglichkeit, neben dem Ausbau der Wasserstoffproduktion auch die Nachfrage innerhalb Kolumbiens zu erhöhen. Technologiebedarf besteht in allen potenziellen Bereichen der Wasserstoffnutzung. Dies beinhaltet beispielsweise Brennstoffzellen für den Transportsektor, Anlagen zur privaten Nutzung von Wasserstoff und seiner Derivate sowie in Anlagen skalierbare Technologie zur Nutzung von Wasserstoff in dem Agrar-, Chemie- und Produktionssektor.

Die Bergbauindustrie ist mit einer Nachfrage von 130 Kilotonnen der größte Wasserstoffverbraucher. Von diesen werden 90% aus grauem Wasserstoff erzeugt. Die Nachfrage von Ammoniak bewegt sich zwischen 30.000 Tonnen - 60.000 Tonnen und wird hauptsächlich in der Agrar-, Nahrungsmittel-, Chemie- und Transportindustrie verbraucht²⁹. Die Produktion von grauem Wasserstoff ist aktuell die preiswerteste Option und wird von der Industrie bevorzugt³⁰. Der Ausbau des grünen Wasserstoffsektors schafft eine klimafreundliche und wirtschaftlichere Option.

Methanol wird aktuell nicht in Kolumbien produziert. Die Nachfrage von 64.000 Tonnen – 72.000 Tonnen wird ausschließlich durch Importe gedeckt. Auch synthetischer Düsentreibstoff wird derzeit nicht in Kolumbien produziert. Hier besteht jedoch aufgrund fehlender Technologien auch keine Nachfrage³¹. Da der internationale Flugmarkt langfristig auf synthetischen Düsentreibstoff umstellen möchte, werden entsprechende Technologien auch an kolumbianischen Flughäfen benötigt. Dies stellt eine Investitionsmöglichkeit für deutsche Unternehmen dar. Gefragte Technologien beziehen sich auf die Herstellung und den Transport synthetischer Düsentreibstoffe, um internationale Flüge neu betanken zu können. Langfristig werden auch in Kolumbien ansässige Fluggesellschaften ihre Brennstofftechnologien auf den Nutzen von synthetischem Treibstoff umstellen müssen.

3.3. Referenzprojekte im Zielland

Die insgesamt 38 registrierten Projekte zu Produktion und Nutzung von grünem Wasserstoff siedeln sich hauptsächlich auf der Angebotsseite an. 32 von diesen sind auf die Produktion von grünem Wasserstoff ausgerichtet, während sechs Projekte sich auf dessen Nutzung beschränken. Der Fokus liegt vorwiegend auf Wasserstoff, nur zu geringem Teil auf seinen Derivaten. Von kolumbianischer Seite besteht insbesondere in dem Transportsektor das Interesse die Wasserstoffnachfrage auszubauen.

Der Großteil der aktuellen Projekte befindet sich noch in der Planungsphase ohne konkrete Angaben, wann diese in die kommerzielle Produktion übergehen werden. Genauere Angaben zu der Anzahl der Projekte in den einzelnen Projektphasen sind in Abbildung 3 und 4 beigefügt. Um diese Projekte im kommerziellen Stil umzusetzen, fehlen notwendige Technologien zur Wasserstoffproduktion, deren Nutzung, der Ausbau sekundärer Prozesse, Erfahrung und Kapital. Dies bietet ein großes Potenzial, für deutsche Unternehmen mit ihren Technologien und Knowhow in den kolumbianischen Wasserstoffsektor einzutreten.

²⁸ AHK Colombia & GIZ, 2024

²⁹ AHK Colombia & GIZ, 2024

³⁰ Cortés, 2023

³¹ AHK Colombia & GIZ, 2024

Abbildung 3 und 4 verdeutlichen, wie viele der insgesamt 38 registrierten Projekte sich in den verschiedenen Projektphasen befinden. Diese Projektphasen sind:

1. Ideenfindung,
2. Konzeptionelles Design,
3. Durchführbarkeit,
4. Investitionsentscheidung,
5. Konstruktion/Ausführung,
6. Kommerzieller Betrieb.

Abbildung 3 zeigt die registrierten Projekte zur Wasserstoffproduktion, Abbildung 4 die registrierten Projekte zur Wasserstoffnachfrage.

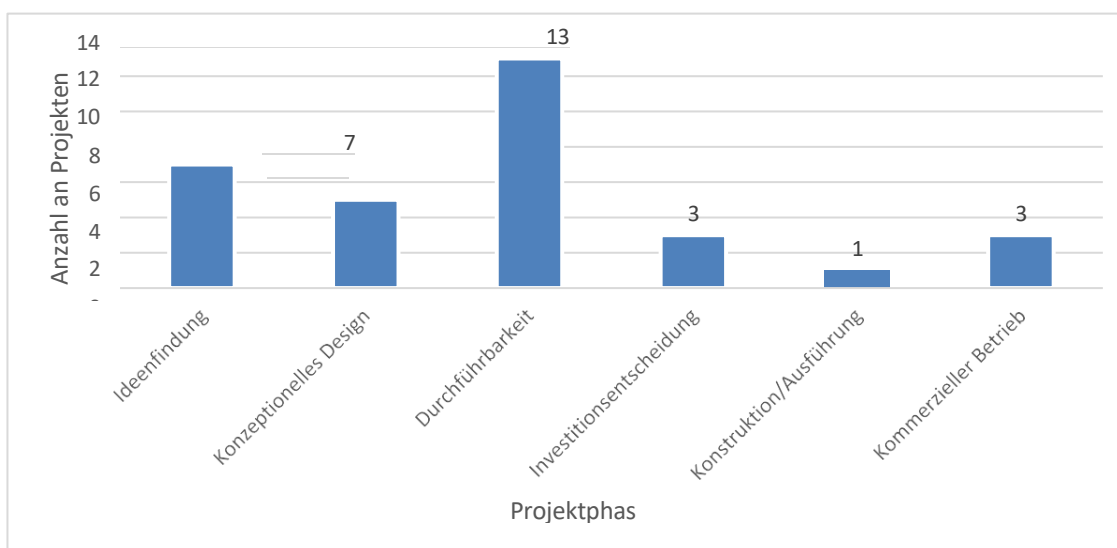


Abbildung 3: Registrierte Projekte- Wasserstoffproduktion

Quelle: AHK Colombia & GIZ, 2024

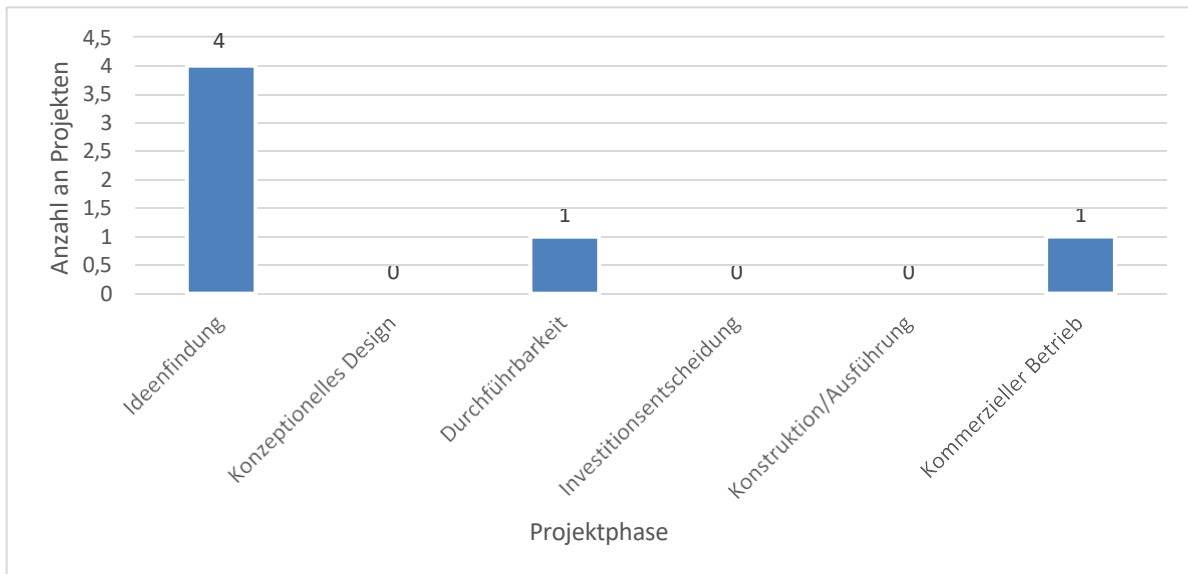


Abbildung 4: Registrierte Projekte - Wasserstoffnachfrage

Quelle: AHK Colombia & GIZ, 2024

Unternehmen wie Ecopetrol, Promigas, EPM, die Universität La Guajira und die Universität Antioquia fokussieren sich auf die Installation von Solar- und Windenergie, Elektrolysatoren, dem Mischen von Erdgas und Wasserstoff, deren Distribution und den Aufbau von Biogasanlagen. TGI, Solenium, die Hybrid Energy Group, Andes H2 und Haceb fokussieren sich auf die Zentralisierung der Wasserstoffproduktion in Manizales. Auch hier wird eine Wasserstoff-Erdgas-Mischung hergestellt³².

Beispielhafte Projekte wurden 2022 von dem staatlichen Ölonternehmen Ecopetrol und dem Gasunternehmen Promigas durchgeführt. Ecopetrol verfügt über grüne Wasserstoffproduktionskapazitäten von bis zu 8,7 Kilotonnen Wasserstoff jährlich. 60% davon werden zukünftig in eine Raffinerie in Cartagena eingespeist. 40% soll an Dritte verkauft werden. Die für die Wasserstoffproduktion notwendige Energie wird durch Solarpanels gewonnen. Ein solches Projekt soll ebenfalls in Barrancabermeja ausgebaut werden. In der ersten Phase eines von Promigas geleiteten Projektes können bis zu 1.575 kg Wasserstoff jährlich produziert werden. Hierfür waren Investitionen in Höhe von 1,2 Millionen USD notwendig. Der produzierte Wasserstoff wird bereits als Mischung mit Erdgas in das Gasnetz von Cartagena eingespeist und soll zukünftig auch in der Transportindustrie eingesetzt werden³³. Ein bestehendes Projekt des Transportsektors ist ein mit Wasserstoff betriebener Bus in Bogotá³⁴. Ziel ist es, das öffentliche Bussystem, *Transmilenio* genannt, auf wasserstoffbetriebene Busse umzustellen³⁵. Bis 2025 sollen 10%, bis 2050 100%, aller verkauften Busse CO₂-neutral sein³⁶.

Ein ähnliches Projekt wird in Cartagena ausgebaut. Hier wird Solarenergie zur grünen Wasserstoffproduktion genutzt, welcher daraufhin in Bussen genutzt werden soll. 2023 wurde ein Pilotprojekt von dem Unternehmen TGI gestartet. Dieses fokussiert sich auf die Wasserstoffproduktion in kleinem Maßstab, um zur Dekarbonisierung von Fahrzeugen und stationären Motoren beizutragen. Die Elektrolysekapazität der Prototypen beträgt 0,21 Kilowatt. Neben diesem Pilotpro-

³² Aguilar, 2023

³³ FENOGE, 2023

³⁴ AHK Colombia & GIZ, 2024

³⁵ GOV.CO, 2023

³⁶ Cortés, 2023

jekt plant TGI in der Region La Guajira Elektrolysekapazitäten von bis zu 2.15 Gigawatt zu installieren. Auch das Unternehmen AES Colombia will die Wasserstoffproduktion in der Region La Guajira ausbauen und eine Anlage mit Produktionskapazitäten von bis zu 800.000 Tonnen Wasserstoff entwickeln³⁷.

³⁷ FENOGE, 2023

4. Wettbewerbsumfeld und Markteintrittsstrategien

4.1. Marktakteure im Zielland

Folgende Unternehmen sind die aktuellen Hauptakteure innerhalb des kolumbianischen Wasserstoffsektors und haben in einem Brief gegenüber der kolumbianischen Regierung offiziell ihr Interesse an dem Ausbau des Wasserstoffsektor kommuniziert³⁸:

Tabelle 1: Hauptakteure des kolumbianischen Wasserstoffsektors

Unternehmen	Beschreibung
	<p>Ecopetrol ist das größte kolumbianische Erdölunternehmen und maßgeblich an dem Ausbau des Wasserstoffsektors beteiligt. Mit einer Reihe von Projekten zur grünen Wasserstoffproduktion hat das Unternehmen bereits eine Elektrolysekapazität von 265 Kilowatt pro Tag und 36 Tonnen Wasserstoff pro Jahr geschaffen. Auch die Nachfrage nach Wasserstoff wird durch Ecopetrol gefördert.</p> <p>Das Unternehmen ist an dem wasserstoffbetriebenen Bus in Bogotá beteiligt.</p>
	<p>Promigas ist als einer der Marktführer des Energiesektors innerhalb LatAm an dem Ausbau des Wasserstoffsektors interessiert. Ein erstes Projekt ist die Einspeisung von grünem Wasserstoff in das Gasnetz von Cartagena. In dieser ersten Projektphase produziert das Unternehmen jährlich 1.572 Kilogramm Wasserstoff.</p>
	<p>Die Energiegruppe Bogotá besitzt zusammen mit der Tochtergesellschaft TGI einen Marktanteil von 54% der verlegten Gasleitungen und ist Marktführer im Erdgas-transport. TGI konzentriert sich auf die operative Kontrolle des Wasserstoff-Erdgas Gemischs in komplexen Gasnetzen mit mehreren Quellen.</p>
	<p>Siemens Energy ist als weltweit tätiges Energieunternehmen an der gesamten Produktionskette verschiedener Energiesektoren tätig. In Kolumbien ist Siemens Energy in Kooperation mit den Unternehmen Ecopetrol und Engie an einer Initiative zur Entwicklung einer grünen Wasserstoffproduktionsanlage beteiligt. Diese hat eine Kapazität von 60 Megawatt.</p>
	<p>Das französische Unternehmen Engie ist in dem elektrischen Energiesektor tätig. Da Wasserstoff und seine Derivate als Energiespeicher dienen, ist Engie an dem Ausbau des Sektors interessiert. Das Unternehmen hat bereits eine grüne Wasserstoffproduktionsanlage mit Kapazitäten von bis zu 26 Megawatt in Chile aufgebaut und will ein solches Projekt auch in Kolumbien umsetzen.</p>
	<p>Der weltweit tätige Automobilkonzern Porsche ist daran interessiert, seine Fahrzeuge auf die Nutzung von grünem Wasserstoff und Strom umzustellen. In Kolumbien ist Porsche, wie bereits in Chile, an der Produktion von Wasserstoff interessiert, um diesen später sowohl in öffentlichen Verkehrsprojekten als auch für die private Nutzung einzusetzen. Diese Projekte befinden sich jedoch noch in der Planungsphase.</p>
	<p>Ähnlich wie Porsche, ist auch Daimler an der Umstellung seiner Fahrzeuge auf die Nutzung von grünem Wasserstoff interessiert.</p>

Quelle: Siepen, 2021

³⁸ Siepen, 2021

Tabelle 2: Deutsche Unternehmen bereits im Zielmarkt vertreten

Unternehmen	Beschreibung
ABO WIND	ABO Wind konzentriert sich auf den Ausbau von erneuerbaren Energien. Beginnend mit Windenergieprojekten wurde das Portfolio um Solarenergie, Batterien und Wasserstoff erweitert. Bezüglich Wasserstoffe und seiner Derivate besitzt das Unternehmen eine globale Kapazität von 20 Gigawatt. Innerhalb Kolumbiens wurden noch keine Wasserstoffprojekte unterstützt. Stattdessen wurden anderweitige erneuerbare Energien mit einer Kapazität von 600 Megawatt ausgebaut.
BOSCH	Bosch ist in der Mobilitäts-, Energie-, Gebäude-, und Baubranche für den privaten und industriellen Gebrauch tätig. Es wird eine wasserstoffbasierte Komplettlösung für die Energieerzeugung, -bereitstellung, und -versorgung für Gebäude, Fahrzeugmotoren, und Heizungen geboten.
ENERTRAG	Enertrag ist im erneuerbaren Energiesektor tätig. Das Unternehmen fokussiert sich in Bezug auf Wasserstoff auf seine Derivate, Mobilität, Transport, und industrielle Lösungen.
FESTO	Festo ist ein auf die Automatisierung von Industrieprozessen spezialisiertes Unternehmen, welches bereits in Kolumbien produziert. Zu dem Portfolio gehören Elektrolyseure, Kompressoren, sowie Erfahrung bezüglich notwendiger Sicherheitsmaßnahmen des Wasserstoffsektors.
HELUKABEL	Helukabel ist ein internationaler Hersteller von Kabeln, Leitungen, und weiterem technischen Zubehör, das im Bereich der Solar- und Windenergie eingesetzt wird. Im Wasserstoffsektor wird so die Verbindung zwischen Stromerzeugung und Elektrolyseuren bereitgestellt.
KSB	KSB produziert Pumpenlösungen, Armaturen und damit verbundene Dienstleistungen für die Chemie-, Wasser-, Bau-, Bergbau-, Energie-, und Industriemärkte weltweit. Die Produkte werden hauptsächlich für flüssige Stoffe verwendet. Manche können auch für gasförmigen Wasserstoff verwendet werden.
Layher	Layher ist auf die Herstellung und Vermarktung von Gerüstsystemen für den Infrastruktur-, Öl- und Gas-, Bergbau-, Energie-, Zement-, Stahl-, Schiffbau-, Lebensmittel-, Papier-, Bau-, und Unterhaltungssektor spezialisiert.
MAN Energy Solutions	Man Energy Solutions produziert als Teil des Volkswagen Konzerns Motoren, Gas-, und Dampfturbinen sowie Kraftwerke. Die Schiffsmotoren werden momentan auf die Nutzung von Wasserstoff und seiner Derivate umgestellt. Die Tochtergesellschaft H-TEC SYSTEMS produziert Elektrolyseure, Wasserstoff Kompressoren und Produktionsanlagen für Wasserstoff-Derivate. Die Kapazitäten betragen insgesamt bis zu 50 Megawatt.
SIEMENS Energy	Siemens Energy bietet als weltweit tätiges Energieunternehmen Lösungen für den gesamten Energiesektor. In Bezug auf Wasserstoff werden Lösungen der gesamten Produktionskette geboten. Dies beinhaltet die nachhaltige Erzeugung von Strom, Transport, Speicherung und Nutzen von Wasserstoff.
SIEMENS	Siemens stellt elektrische Antriebssysteme, Umrichter, und Generatoren her. Wasserstoffbasierte Technologien für Großantriebe für Schiffe, Bergwerke, und Walzwerke existieren bereits.
VOITH	VOITH ist ein globales Technologieunternehmen, welches Produkte, Dienstleistungen, und digitale Anwendungen für die Märkte Energie, Papier, Rohstoff und Transport bereitstellt. Die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstoff kann durch diese Lösungen unterstützt werden.
WIKA	WIKA ist ein weltweit führender Anbieter von Druck-, Temperatur-, Füllstands-, und Durchflussmesstechnik. Diese hochpräzisen Systeme können in der gesamten Wertschöpfungskette angewendet werden.
wilo	Wilo ist ein internationaler Hersteller von Pumpen und Pumpensystemen für die Wasserwirtschaft, Haustechnik, und Industrie. Elektrolyseure mit einer Kapazität von 0,05 – 5 Megawatt werden produziert.

Unternehmen	Beschreibung
Linde	Linde bietet Wasserstoffgas und komprimierten Flüssiggaswasserstoff in einer Reihe von Reinheiten und Konzentrationen an. Dieser kann in entsprechenden Pkws, Bussen, und Gabelstaplern verwendet werden. Weitere Anwendungen finden in Raffinerien zur Umwandlung von schwerem Rohöl in raffinierten Kraftstoff oder der Verbesserung von Schweiß- und Plasmaschneidvorgängen statt.
MESSER	Messer bedient eine Vielzahl von Industriegasen wie Kohlendioxid, Sauerstoff, Stickstoff, Acetylen und Wasserstoff. Sie sind auf die Anwendung auf die entsprechende Form der Versorgung spezialisiert, was die Lagerung, die Vor-Ort-Lieferungen in flüssigem und gasförmigem Zustand als auch die Vor-Ort-Produktion für große Bedarfsmengen beinhaltet.

Quelle: AHK Colombia & GIZ, 2024

4.2. Mögliche Kooperationsformen

Mithilfe der notwendigen Technologien deutscher Unternehmen kann Deutschland bis 2030 zu einem globalen Hauptlieferanten von Wasserstofftechnologien werden. Aus diesem Grund hat die Bundesregierung einige Projekte, wie den *Hydrogen Potential Atlas*, H2Global, HyGate, H2Diplo und H2Uppp entwickelt. Ziel dieser Projekte ist es, nach effektiven und effizienten Technologien für den Wasserstoffsektor zu forschen und dieses Wissen zu sammeln. Dadurch können sich Deutschland und Europa langfristig als Weltmarktführer in Wasserstofftechnologien positionieren. Kolumbien kann von diesen Vorhaben profitieren, indem neue Technologien erforscht und wissenschaftliche und ökonomische Netzwerke geschaffen werden, die an dem Ausbau des globalen Wasserstoffmarkts interessiert sind.

Die Bundesregierung sieht neben Kolumbien auch Kooperationen mit Uruguay, Chile und Südafrika vor. Eine deutsch-kolumbianische Kooperation kann in drei potenzielle Phasen unterteilt werden. In einer ersten Phase können deutsche Wasserstofftechnologien an kolumbianische Unternehmen verkauft werden. Diese Technologien führen somit zu einem Ausbau des kolumbianischen Wasserstoffsektors. Durch dessen Ausbau kann in einer zweiten Phase mit einem höheren Interesse der Bundesregierung gerechnet werden. Entsprechende Initiativen und Fördergelder führen so zu einem weiteren Ausbau des kolumbianischen Wasserstoffmarktes. Durch den weiteren Ausbau des Sektors kann Kolumbien in einer dritten Phase als Wasserstoffexporteur angesehen werden.

Deutsche Unternehmen können mit ihren Technologien zur Beschleunigung der Entwicklung des grünen Wasserstoffsektors beitragen. Dies bezieht sich auf die gesamte Wertschöpfungskette, von der Produktion durch Elektrolysetechnologien, Transport- und Speichermöglichkeiten bis hin zur Anwendung im Industrie-, Transport- und Privatsektor. Der Ausbau der sekundären Prozesse sowie die Schulung kolumbianischer Fachkräfte bietet deutschen Unternehmen eine Möglichkeit in den kolumbianischen Markt einzutreten. Dies führt somit zu einem Überschuss an Wasserstoffproduktion innerhalb Kolumbiens. Dieser Überschuss kann zum Beispiel nach Deutschland exportiert werden³⁹. Deutsche Unternehmen können sich an der vertikalen Zusammenarbeit innerhalb der gesamten Produktionskette von Wasserstoff und seinen Derivaten beteiligen. Eine weitere Möglichkeit ist es, sich auf die horizontale Zusammenarbeit zu fokussieren und somit auf die Skalierung von Projekten zu setzen. Ein Beispiel hier ist der landesweite Ausbau der bestehenden Gasleitungen auf den Transport von Wasserstoff.

4.3. Risiken des Marktumfeldes

Die Entwicklung des kolumbianischen Wasserstoffsektors sollte auch auf die lokale Erweiterung der erneuerbaren Energien, die Infrastruktur und bestehende Wasserstoff-Nachfrage-Technologien abgestimmt sein. Um versunkene Investition zu vermeiden, sollten investierende Unternehmen darauf achten, dass notwendige sekundäre Prozesse zu ihrem Vorhaben gegeben sind. Gegebenenfalls sind diese Aspekte in den Investitionsplan mit einzubeziehen. Beispiele sind hier vorhandene und ausgebauten Transportrouten, ausreichend Fachkräfte oder eine den Exportanforderungen entsprechende Produktionskette.

Durch ausgebildete Fachkräfte, bereits existierenden Projekten und dem bereits bestehenden Gasnetzwerk, ist ein fundiertes Grundwissen vorhanden. Bei einer potenziellen Investition sollte jedoch beachtet werden, dass aufgrund einer langwierigen internen kolumbianischen Informationsinfrastruktur eine kurz- und mittelfristige Planung erschwert wird.

³⁹ AHK Colombia & GIZ, 2024

5. Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

5.1. Gesetzlicher Rahmen

Die Grundlage für den Ausbau der kohlenstoffarmen Energiewirtschaft innerhalb Kolumbiens bildet das Gesetz 1715 von 2014. Hiermit wurden alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit nicht-konventionellen Energiequellen zu einer Angelegenheit von „öffentlichem Nutzen und sozialem Interesse“ erklärt⁴⁰. Seitdem wurden einige Rechtsvorschriften erlassen. Für den Wasserstoffsektor sind folgende Gesetze von Bedeutung⁴¹:

Tabelle 3: Rechtsgrundlage

Gesetz	Beschreibung
Gesetz 2294 aus 2023	Der hier eingeführte Nationale Entwicklungsplan hat das Ziel Kapital zu bündeln, um die Nutzung und den Ausbau erneuerbarer Energien zu fördern ⁴² .
Gesetz 275 aus 2022	Ziel ist es, die Entwicklung des Wasserstoffsektors im Rahmen der nationalen Energietransformation zu fördern. Die Produktion, Speicherung, Transport, Nutzung und der Exports von Wasserstoff und Derivaten sollen garantiert werden, und so zum Erreichen der Ziele für nachhaltige Entwicklung beitragen. Es wird beabsichtigt saubere, hybride und multifluide Energiesysteme zu entwickeln, Energiegemeinschaften zu fördern und die Transition, Sicherheit und Energiesouveränität im Land zu stärken ⁴³ .
Gesetz 2099 aus 2021	Dieses Gesetz zielt auf die Modernisierung der verschiedenen geltenden Rechtsinstrumente für die Energiewende ab und führt Anreiz- und Entwicklungsmechanismen für Wasserstoff in Kolumbien ein. Artikel 5 nimmt Wasserstoff in die Liste der nicht-konventionellen erneuerbaren Energiequellen (FN CER) auf, die im Gesetz 1715/14 vorgesehen ist ⁴⁴ .
Gesetz 2169 aus 2021	Hier werden die Ziele für CO ₂ -Neutralität festgelegt und sich in Artikel 30 insbesondere auf grünen Wasserstoff bezogen ⁴⁵ .
Gesetz 373 von 1997	Dieses Gesetz legt die obligatorische Wiederverwendung von Oberflächen-, Grund- oder Regenwasser fest, welches in industriellen Aktivitäten verwendet wird, die flüssige Abwässer erzeugen ⁴⁶ .
Dekret 1076 von 2015	Hier wird die Wiederverwendung von Abwasser durch die Pläne zur Umstellung auf saubere Technologien in der Abwasserwirtschaft gefördert. Ziel ist die schrittweise Einhaltung der Abwassereinleitungsnormen ⁴⁷ .
Beschluss 0631 von 2015	Hier werden die höchstzulässigen Parameter und Grenzwerte für die Einleitungen in Oberflächengewässer und öffentliche Kanalisation festgelegt ⁴⁸ .

⁴⁰ El Congreso de Colombia, 2014

⁴¹ Departamento Nacional de Planeación, 2022

⁴² Departamento Nacional de Planeación, 2022

⁴³ Francovich, 2024

⁴⁴ Justicia a, 2021

⁴⁵ Justicia b, 2021

⁴⁶ GOV.CO, 1997

⁴⁷ GOV.CO, 2010

⁴⁸ GOV.CO, 2015

Gesetz	Beschreibung
Dekret 2236 von 2023	Das Ministerium für Bergbau und Energie hat hier eine Definition von Energiegemeinschaften eingeführt. Dies sind ,organisierte Gruppen von natürlichen oder juristischen Nutzern, die sie zusammenschließen können, um Energie durch die Nutzung von nicht konventionellen erneuerbaren Energiequellen, erneuerbaren Brennstoffen und dezentralen Ressourcen zu erzeugen, zu vermarkten und/oder effizient zu nutzen.
Beschluss 40136 aus 2024	Hiermit wurde ein einheitliches Register der Energiegemeinschaften eingerichtet ⁴⁹ .
Gesetz 1819 aus 2016	Hier wird der aktuell geltende CO ₂ -Preis geregelt. Dieser wird in Form von Steuern an die zuständige Behörde, die nationale Zoll- und Steuerdirektion (DIAN), gezahlt ⁵⁰ . Der Preis pro ausgestoßene Tonne wurde auf 5 USD im Jahr 2017 festgelegt und steigt jährlich um ein Prozent, zuzüglich Inflationsrate. Es ist eine vorgelagerte Steuer, die für die Produzenten fossiler Brennstoffe für den heimischen Markt und direkte Importeure fossiler Brennstoffe gilt. Die Steuer deckt nicht alle fossilen Brennstoffe ab - sie gilt für Benzin, Kerosin, Diesel, Heizöl, Erdgas, das von der Industrie zur Raffination von Kohlenwasserstoffen und Petro-Chemikalien verwendet wird, sowie für die industrielle Verwendung von Flüssiggas (LPG). Die Steuern fallen an, wenn (1) der Brennstoff im Inland verkauft wird, (2) der Produzent den Brennstoff für den eigenen Verbrauch entnimmt, und (3) der Brennstoff importiert wird ⁵¹ . Beachtenswerte Steuerbefreiungen sind die Kohlenutzung und die heimische Erdgasnutzung ⁵² .

Der Export von Wasserstoff und seinen Derivaten, insbesondere nach Europa, unterliegt hohen Produktionsanforderungen und Herkunftsnachweisen. Am 25.04.2024 ist in Deutschland die ‚Gas- Wärme-Kälte-Herkunftsnachweisregister-Verordnung‘ ausgefertigt worden⁵³. Diese Nachweise werden in Kolumbien von der DIAN, der Nationalen Direktion für Steuern und Zölle, ausgestellt. H2 Lac, die Plattform für die Entwicklung von grünem Wasserstoff in der Karibik und Lateinamerika, bietet eine Reihe von Ratschlägen zur Zertifizierung der Wasserstoffindustrie in den Bereichen Technik, Soziales und Umwelt⁵⁴. Um spätere Exportschwierigkeiten zu umgehen, sollte der Ausbau des Wasserstoffsektors von Beginn an einen Schwerpunkt auf den Export und den entsprechenden Produktionsvoraussetzungen legen.

5.2. Förderprogramme und steuerliche Anreize

Fördergelder werden im Rahmen der FENOGE (Fonds für erneuerbare Energien und effizientes Energiemanagement)⁵⁵ und FAZNI (Fonds für die Energieentwicklung in abgelegenen Regionen Kolumbiens) bereitgestellt⁵⁶. Diese sind auf grüne Wasserstoffprojekte ausgerichtet und können alle wirtschaftlichen Aktivitäten umfassen, die mit der Produktion, der Speicherung, der Aufbereitung, der Verteilung, der Wiederverstromung, der Forschung oder der Endnutzung von grünem Wasserstoff zusammenhängen⁵⁷. Diese Projekte müssen bei der zuständigen Behörde, dem Ministerium für Bergbau und Energie (Ministerio de Minas y Energía), formell eingereicht werden. Im Anschluss können verschiedene Steuervorteile gewährt werden:

⁴⁹ GOV.CO, 2024a

⁵⁰ ALLCOT Trading, 2022

⁵¹ Giovanni, n.d.

⁵² ALLCOT Trading, 2022

⁵³ Bundesministerium der Justiz, 2024

⁵⁴ H2 Lac, 2024

⁵⁵ FENOGE, n.d.

⁵⁶ Ministerio de Minas y Energía, n.d.

⁵⁷ Pereira, 2022

1. Einkommensabzug von 50% des Projektwerts für bis zu 15 Jahre.
2. Mehrwertsteuerauschluss bei dem Kauf von Geräten, Artikeln, Maschinen, oder Dienstleistungen.
3. Zollbefreiung bei der Einfuhr von Geräten.
4. Beschleunigte Abschreibungen von Geräten, Maschinen und Bauarbeiten.⁵⁸

5.3. Strompreisregulierung

Kolumbiens Stromversorgung wird bis zu 67% durch Wasserkraft gedeckt⁵⁹. Daher ist der Strompreis abhängig von den klimatischen Bedingungen. Das Wohnviertel des Verbrauchers beeinflusst den Strompreis. Dieser hängt von der damit verbundenen sozio-ökonomischen Schicht (Estratos) ab. Je nach Klasse 1-6 (1 niedrigster Estrato – 6 höchster Estrato) wird der Strompreis bis zu 40% subventioniert. Aktuelle Subventionen sind vorerst bis zum Jahr 2050 geplant⁶⁰. Um die Subventionen zu finanzieren, müssen höhere Klassen sowie Industrie und Gewerbe bis zu 20% mehr bezahlen. Der durchschnittliche Preis für die Industrie betrug im Jahr 2022 zwischen 0,09 – 0,10 €/kWh⁶¹.

5.4. Fachkräfte

Um Gefahren der hohen Entzündlichkeit von Wasserstoff zu minimieren, werden ausgebildete Fachkräfte benötigt. Ebenso sind Kenntnisse in emissionsarmen Wasserstofftechnologien, wie der Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ notwendig. Daher werden laut Wasserstoff-Roadmap die Wasserstofftechnologien in aktuelle Bildungspläne, Qualifikationen und Umschulungen mit einbezogen. Hierzu wird die Entwicklung von Technologie- und Wissenstransferplänen mit Universitäten und Unternehmen gefördert. Diese Pläne werden in Kooperation des Arbeitsministeriums, dem Ministerium für Bildung und Bergbau und dem nationalen Lehrlingsdienst erarbeitet. Kolumbien verfügt über überwiegend junge und gut ausgebildete Arbeitskräfte⁶².

Das geförderte Projekt für den Aufbau des Ausbildungszentrums CERFER (Centro Regional de Formación en Energías Renovables) bezieht sich auf die Ausbildung von Berufsgruppen mit Fokus der nachhaltigen Energie. Ziel ist es den Wissensaustausch, Technologietransfer und die Zusammenarbeit im Bereich erneuerbarer Energien zu stärken. CERFER wird sein erstes Büro in Cartagena eröffnen, welches die Möglichkeit zur Zusammenarbeit von Unternehmen, lokalen Akteuren, Universitäten und weiteren Interessenten bietet, um ein akademisches Angebot zu entwickeln. Somit können auch deutsche Erfahrungen in das akademische Angebot mit einfließen⁶³.

⁵⁸ H2 News, 2024

⁵⁹ Nigrinis, 2022

⁶⁰ UPME, 2023

⁶¹ AHK Colombia, 2022

⁶² Ministerio de Minas y Energía, 2021

⁶³ Review Energy, 2022

6. SWOT-Analyse

Tabelle 4: SWOT-Analyse _ Produktion von grünem Wasserstoff in Kolumbien

<p>Stärken</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Bestehende Deutsch-Kolumbianische Kooperation in Forschung und Ausbau des Wasserstoffsektors ● Starkes Wirtschaftswachstum (3 % pro Jahr bis 2030 erwartet) ● Interesse der Regierung an der Förderung des Wasserstoffsektors ● Hohes Potenzial für grüne Wasserstoffproduktion ● Freihandelsabkommen u. a. mit der EU und den USA ● Günstige geografische Lage mit Zugang zum Atlantischen und Pazifischen Ozean 	<p>Möglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Deutschland als Wasserstoffimporteur / Kolumbien als Wasserstoffexporteur ● Wissens- und Technologietransfer durch deutsche Unternehmen ● Kolumbien ist einer der vielversprechendsten Märkte in Lateinamerika (und global) ● Ausbau bereits vorhandener Gasinfrastruktur möglich ● Hohes Investitionspotenzial (Sektor befindet sich im Anfangsstadium) ● Ausbau an Technologien von Produktion und Nachfrage ● Geringe Effizienz in industriellen Prozessen kann ausgebaut werden
<p>Schwächen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aktuell geringe kolumbianische Wasserstoffnachfrage ● Notwendigkeit, die industrielle Produktivität in Kolumbien zu steigern, um die Wettbewerbsfähigkeit des Landes zu erhöhen ● Aktuell hohe Produktions- und Infrastrukturkosten für Wasserstoff und Derivate (Skalierung notwendig, um Kosten zu senken) ● Geringes Niveau der technischen Ausbildung ● Korruption und Bürokratie ● Fehlen eines Informationssystems zu Status-Quo von Projekten ● Bürokratischer Aufwand zur Erlangung von Steueranreizen ● Hohe Transportkosten aufgrund mangelnder Infrastruktur ● Abhängigkeit von klimatischen Gegebenheiten beeinflusst Strompreisentwicklung ● Währungsschwankungen 	<p>Risiken</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mangelnder Ausbau sekundärer Prozesse ● Finanzierung oder Mangel an finanziellen Mitteln, um Projekte durchführen zu können ● Mangel an Speicher-, Transport- und Distributionsmöglichkeiten ● Logistische Probleme bei Transport von Maschinen und Ausrüstung ● Schwankende Strompreise ● Konkurrierende Wasserstoffsektoren in Mexiko und Chile

Profile der Marktakteure

Relevante administrative Instanzen

Die zuständigen Behörden für den Ausbau des grünen Wasserstoffes sind das Ministerium für Bergbau und Energie (Ministerio de Minas y Energía) und das Ministerium für Umwelt und nachhaltige Entwicklung (Unidad de Planeación Minero Energética). Um Zugang zu eventuellen Fördermitteln zu erhalten, kann es notwendig sein, ein Projekt nicht nur bei dem zuständigen Ministerium formal einzureichen, sondern auch ein Dokument namens DUPIS (Declaratoria de Utilidad Pública e Interés Social) auszufüllen. Mit diesem Dokument wird der öffentliche Nutzen und das soziale Interesse des Projektes erklärt⁶⁴.

Tabelle 5 Kontakte der Institutionen

Öffentliche Institutionen

Ministerio de Minas y Energía Ministerium für Bergbau und Energie Adresse: Calle 43 No. 57 – 31, Centro Administrativo Nacional Bogotá, Colombia Tel.: +57 601 2200 300 E-Mail: menergia@minenergia.gov.co Web: https://www.minenergia.gov.co/en/	Dieses Ministerium koordiniert die nationale Politik für den Bergbau- und Energiesektor, einschließlich der Exploration, Förderung und Verteilung von Mineralien, Kohlenwasserstoff und Biokraftstoffen. Die Energiepolitik wird gesteuert und der niedrigere Energieverbrauch, eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen, sowie die Nutzung alternativer Energiequellen gefördert. Das Ministerium beaufsichtigt technische Vorschriften, den Transport von Rohöl und entwickelt Expansionspläne für Elektrizität und Gas. Es verwaltet Fonds zur Unterstützung von Energieprojekten in abgelegenen und ländlichen Gebieten und legt den geltenden Energiepreis fest. Zudem unterstützt es die Regierung bei internationalen Energieabkommen.
Unidad de Planeación Minero Energética Planungsbehörde für Bergbau und Energie Adresse: Av. Calle 26 # 69 D-91 Torre 1, Piso 9°, Bogotá, Colombia Tel.: +57 601 222 06 01 E-Mail: correspondencia@upme.gov.co Web: https://www1.upme.gov.co/	Diese Behörde ist für die nachhaltige Entwicklung der Bergbau- und Energiesektoren des Landes zuständig. Ziel ist es, staatliche Richtlinien im Wohl des Landes zu formulieren. Zu den Aufgaben gehört die Festlegung der Energie- und Bergbauanforderungen, die Planung dessen Erfüllbarkeit, die Erstellung und Aktualisierung nationaler Pläne, wie zum Beispiel den Nationalen Bergbau- und Energieplan, sowie die wirtschaftliche Analyse des Sektors. Diese dient zur Bewertung des Einflusses des Sektors auf die Wirtschaft des Landes.
Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI) Fonds für die Energieentwicklung in abgelegenen Regionen Adresse: Cr 12 No 84A -12 601 Bogotá, Colombia Tel.: +57 601 49 27232 E-Mail: info@fenoge.gov.co Web: https://www.minenergia.gov.co/es/repositorio-normativo/normativa/fazni/	Diese Behörde ist für die nachhaltige Entwicklung der Bergbau- und Energiesektoren des Landes zuständig. Ziel ist es, staatliche Richtlinien zum Wohl des Landes zu formulieren. Zu den Aufgaben gehört die Festlegung der Energie- und Bergbauanforderungen, die Planung dessen Erfüllbarkeit, die Erstellung und Aktualisierung nationaler Pläne, wie zum Beispiel den Nationalen Bergbau- und Energieplan, sowie die wirtschaftliche Analyse des Sektors. Diese dient zur Bewertung des Einflusses des Sektors auf die Wirtschaft des Landes.

⁶⁴ Pereira, 2022

Öffentliche Institutionen

Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)

Fonds für Erneuerbare Energien und Effizientes Energiemanagement

Adresse: Calle 99 No. 9 A – 54 Torre 3 Piso 14 Edif. 100 Street Bogotá, Colombia

Tel.: +57 601 6397888

E-Mail: ipse@ipse.gov.co

Web: <https://fenoge.gov.co/>

Ziel ist es, den Wandel zu einer Kultur des rationalen, effizienten und nachhaltigen Energieverbrauchs zu fördern. Dies geschieht, indem bewährte Praktiken im Stromverbrauch gefördert werden. Darunter zählen zum Beispiel die energieeffizienten Anpassungen von Installationen, Lösungen für kleine Eigenstromerzeugung, die ordnungsgemäße Entsorgung ausgetauschter Ausrüstung, die Erstellung von Studien und die Organisation von Energiekongressen. Der strategische Schwerpunkt von FENOGE basiert auf drei Aspekten: (1) finanzielle Nachhaltigkeit, (2) Marktintegration und (3) Wissensschaffung. Die Umsetzung von Programmen, Plänen und Projekten im Sinne des Fonds werden gefördert.

Asociación hidrógeno de Colombia

Kolumbianische Wasserstoffvereinigung

Adresse: Calle 69 #10A-19 Bogotá, Colombia

Tel.: +57 310 2576749

E-Mail: info@hidrogenocolombia.com

Web: <https://www.hidrogenocolombia.com/>

Die Vereinigung fördert die Entwicklung von Wasserstoff und seinen Derivaten als Energieträger in Kolumbien. Unternehmen, gemeinnützige Organisationen, akademische Einrichtungen und fachliche Experten des Sektors werden zusammengebracht.

Cámara de Hidrógeno ANDI-NATURGAS

Wasserstoffkammer kolumbianischer

Unternehmen und des kolumbianischen

Erdgasverband

Adresse: Calle 73 # 8 - 13 Torre A - Piso 7, Bogotá, Colombia

E-Mail: kperalta@andi.com.co

Web:

<https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-andi-naturgas>

Die ANDI-NATURGAS Wasserstoffkammer hat das Ziel, die Wertschöpfungskette von Wasserstoff und Derivaten als Antrieb der Dekarbonisierung und der nachhaltigen Entwicklung innerhalb Kolumbiens zu fördern. Dies geschieht, indem die wichtigsten Unternehmen des Sektors zusammengebracht werden.

Potenzielle Partner

Als potenzielle Partner kommen bereits bestehende Unternehmen im Wasserstoffsektor in Frage, die ihre Produktionskette von grauem auf grünen Wasserstoff umstellen möchten. Unternehmen des Raffinerie- und Agrarsektors sind als Hauptabnehmer von Wasserstoff weitere potenzielle Partner. Auch Erdgastransportunternehmen, wie zum Beispiel TGI, Ecopetrol, Promigas, Naturgas und Venti, benötigen Technologien und Knowhow zur Anpassung ihrer Transportmöglichkeiten auf Wasserstoff. Kolumbiens Häfen, insbesondere die Hafengesellschaft in Cartagena, und dessen Ausbau an Speicher und Transportmöglichkeiten von Wasserstoff und seiner Derivate stellen wichtige Partner dar. In vielen Bereichen fehlen nicht nur die notwendigen Technologien, sondern auch das notwendige Knowhow. Somit können Kooperationen mit Universitäten und anderweitigen Fortbildungszentren zu einer gemeinsamen Fachkräfteausbildung führen. Insbesondere die Universitäten 'La Universidad de Guajira', 'La Universidad de Antioquia', 'La Universidad de los Andes', 'La Universidad de Santander' und das Forschungszentrum für Wasserstoff (Centro de Investigación del Hidrógeno) sind in dem kolumbianischen Wasserstoffsektor tätig.

Standortagenturen

Die im Jahr 2021 gegründete kolumbianische Wasserstoffvereinigung (Asociación Hidrógeno Colombia) bringt Unternehmen, gemeinnützige Organisationen, akademische und professionelle Einrichtungen zusammen, die daran interessiert sind, die Wasserstoffwirtschaft innerhalb des Landes zu konsolidieren. Ziel ist die Vernetzung, Wissensverbreitung und die Förderung und Schaffung eines regulatorischen Rahmens⁶⁵. Eine ähnliche Funktion erfüllt die ANDI-NATURGAS Wasserstoffkammer (Cámara de Hidrógeno ANDI-NATURGAS).

Als deutsch-kolumbianischen Kooperation wurde zu Beginn 2024 ein Komitee für grünen Wasserstoff und zur Förderung sauberer Energien gegründet. Existierende Technologietransfers werden vertieft, kolumbianische Unternehmen in die Wertschöpfungsketten integriert, an einer gemeinsamen Normenharmonisierung gearbeitet und die Zusammenarbeit zwischen beteiligten Regierungsbehörden gestärkt⁶⁶.

Veranstaltungen

Vom 9.-11. April 2024 fand der dritte „Internationale Wasserstoffkongress“ in Bogotá statt. Dieser wird von der kolumbianischen Wasserstoffvereinigung organisiert. Ziel ist es, die internationale Zusammenarbeit innerhalb des Wasserstoffsektors zu fördern, die Umsetzung von Wasserstoffprojekten voranzutreiben und die Beziehungen zwischen Schlüsselakteuren zu erleichtern. Der Kongress ist in Hauptvorträge, Diskussionsrunde, Ausstellungen und Networking-Aktivitäten gegliedert. Es wird angestrebt, diesen Kongress in einem jährlichen Rhythmus zu veranstalten⁶⁷.

Vom 17.-18. Oktober 2024 findet in Cartagena der 2. Kongress zum Thema „Wasserstoff und Energieeffizienz“ statt⁶⁸. Dieser wird von dem Nationalen Verband kolumbianischer Unternehmen (ANDI) und dem kolumbianischen Erdgasverband (NATURGAS) organisiert. Hier werden Fortschritte des Landes im Wasserstoffsektor und dessen Bedeutung für die Energiewende, die Dekarbonisierung, und die Wettbewerbsfähigkeit des Landes diskutiert. Mitglieder von lokalen, nationalen und internationalen Regierungsebenen, Unternehmer, Vertreter von Universitäten und Kooperationsagenturen treffen zusammen, um sich über die Möglichkeiten von Wasserstoff als treibende Kraft in der Übergangspolitik zu CO₂-Neutralität und einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit des Landes auszutauschen⁶⁹.

⁶⁵ Asociación Hidrógeno Colombia, n.d.

⁶⁶ GOV.CO, 2024

⁶⁷ H2 lac, 2024

⁶⁸ ANDI, 2024

⁶⁹ ANDI, 2023

Quellenverzeichnis

- aciem. (2022). Documento Conpes 4075: construcción colectiva de la Política de Transición Energética. *ENERGÍA*. https://capacitacion.aciem.com.co/Especiales_Revista/2022/Jul_13/Revista-ACIEM-146-24-27.pdf
- Aguilar, K. (2023, October 18). *Colombia tiene 28 proyectos de hidrógeno, siete de ellos están en etapa de pruebas*. La Republica. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.larepublica.co/especiales/hidrogeno-en-la-transicion/colombia-tiene-28-proyectos-de-hidrogeno-siete-de-ellos-estan-en-etapa-de-pruebas-3727438>
- AHK Colombia. (2022). Factsheet Kolumbien Energieeffiziente Lösungen für die Industrie und Gewerbe. *AHK Colombia*. https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Kurzinformationen/Technologiefactsheets/2022/fs-kolumbien.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- AHK Colombia & GIZ. (2024). *International Hydrogen Ramp-Up Program (H2Uppp): Estudio de mercado de H2V y Power to X en Colombia [Dataset]*. GIZ
- Alfa Laval. (2021, August 18). *Solenium, desde Colombia desea poner en marcha un piloto usando el hidrogeno verde como fuente de energía para llevar combustible limpio a redes de gas natural*. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.alfalaval.com.co/media/news/2021/solenium-pone-en-marcha-piloto-de-hidrogeno-verde-como-fuente-de-energia/>
- ALLCOT Trading. (2022, April 1). *Carbon Tax in Colombia: How Does It Work?* Allcot Trading. <https://allcottrading.com/uncategorized-en/colombian-tax/>
- ANDI. (2023). *1er Congreso Hidrógeno y Eficiencia energética*. Retrieved April 17, 2024, from <https://www.andi.com.co/Home/Evento/81-1er-congreso-de-hidrogeno-y-eficiencia-ene>
- ANDI. (2024). *Calendario Eventos ANDI 2024*. Retrieved April 17, 2024, from <https://www.andi.com.co/Home/Eventos#todos>
- Asociación Hidrógeno Colombia. (n.d.). *Quiénes Somos*. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.hidrogenocolombia.com/>
- Bundesministerium der Justiz. (2024, April 25). *Verordnung über das Herkunftsnachweisregister für Gas und das Herkunftsnachweisregister für Wärme oder Kälte1 (Gas-Wärme-Kälte-Herkunftsnachweisregister-Verordnung - GWKHV)*. Bundesministerium Der Justiz. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.gesetze-im-internet.de/gwkhv/BJNR08BoA0024.html>
- Bundesregierung. (2023, June 16). *Pressekonferenz von Bundeskanzler Scholz und dem Präsidenten der Republik Kolumbien, Gustavo Francisco Petro Urrego, am 16. Juni 2023 in Berlin*. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/pressekonferenz-von-bundeskanzler-scholz-und-dem-praesidenten-der-republik-kolumbien-gustavo-francisco-petro-urrego-am-16-juni-2023-in-berlin-2197104>
- Cortés. (2023). *Renewable Hydrogen in Latin America and the Caribbean: Opportunities, Challenges, and Pathways. Alianzaporhidrogeno*. https://alianzaporelhidrogeno.cr/wp-content/uploads/2023/08/2023-Renewable-Hydrogen-in-Latin-America-and-The-Caribbean_Opportunities-Challenges-and-Pathways.pdf

- Departamento Nacional de Planeación. (2022). Colombia Potencia Mundial De La Vida. *Departamento Nacional De Planeación*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND%202022/Bases-PND2022-2026_compilado-CEVC15-10-2022.pdf
- El Congreso de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014: POR MEDIO DE LA CUAL SE REGULA LA INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES AL SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL. *El Congreso De Colombia*. http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf
- FENOGE. (n.d.). *FENOGE en cifras en el Gobierno del Cambio*. Retrieved April 5, 2024, from <https://fenoge.gov.co/>
- FENOGE. (2023). Proyectos de Hidrógeno en Colombia. *Colombia Potencia De La Vida*. https://fenoge.gov.co/documentos-pdf/proyectos/Proyectos_Colombia_Hidrogeno3.pdf
- Francovich, G. (2024, March 11). *Destacan los beneficios del proyecto de ley 275 que incentiva el hidrógeno en Colombia*. Energía Estratégica. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.energiaestrategica.com/destacan-los-beneficios-del-proyecto-de-ley-275-que-incentiva-el-hidrogeno-en-colombia/>
- Fraunhofer ISE. (2023, September 4). *Fraunhofer ISE Studie: Woher Deutschlands Importe für Wasserstoff und Power-to-X-Produkte kommen könnten*. Retrieved April 16, 2024, from https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2023/fraunhofer_ise_studie_woher_deutschlands_importe_fuer_wasserstoff_und_power-to-x-produkte_kommen_koennten.html
- Giovanni, E. (n.d.). Case Study: Carbon Tax in Colombia. *Gnarly Tree Sustainability Institute*. https://gnarlytreesustainability.com/wp-content/uploads/2022/07/Case-5_Colombia.pdf
- GIZ. (2023). Identificación Hubs H2 Verde: En Colombia. *International PtX Hub*.
- Global Energy Monitor. (n.d.). *Perfil energético: Colombia*. Global Energy Monitor Wiki. Retrieved May 6, 2024, from https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Colombia
- GOV.CO. (1997). *Ley 373 de 1997*. Colombia Potencia De La Vida. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>
- GOV.CO. (2010). *Norma de Reúso*. Ambiente. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/norma-de-reuso/>
- GOV.CO. (2015, March 17). *Resolución 0631*. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>
- GOV.CO. (2023a). *Programa Nacional de Carbono Neutralidad y Resiliencia Climática*. Retrieved May 6, 2024, from <https://carbononeutral.minambiente.gov.co/>
- GOV.CO. (2023b, March 27). *Primer bus impulsado con hidrógeno en Colombia: ¿Cómo funciona?* Observatorio Ambiental De Bogotá. Retrieved April 16, 2024, from <https://oab.ambientebogota.gov.co/primer-bus-impulsado-con-hidrogeno/>
- GOV.CO. (2024a). *Resolución 40136 de 2024*. CREG. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

- GOV.CO. (2024b, March 6). *Colombia y Alemania crean el Comité Directivo del Grupo de Alto Nivel de Hidrógeno Verde para impulsar energías limpias*. Colombia Potencia De La Vida. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.cancilleria.gov.co/newsroom/news/colombia-alemania-crean-comite-directivo-grupo-alto-nivel-hidrogeno-verde-impulsar>
- GTAI. (2023). *Wirtschaftsdaten Kompakt Kolumbien*. GTAI. https://www.gtai.de/resource/blob/179930/875221d6f79d2ba59a82156a6ae26442/GTAI-Wirtschaftsdaten_Dezember_2023_Kolumbien.pdf
- H2 Lac. (2023). *Desalinización de agua de mar y reutilización de aguas de desecho para la producción de h2v y derivados en Chile*. Retrieved July 5, 2024, from <https://h2lac.org/archivos/desalinizacion-de-agua-de-mar-y-reutilizacion-de-aguas-de-desecho-para-la-produccion-de-h2v-y-derivados-en-chile/>
- H2 Lac. (2024). *Mesa de Sustentabilidad y Certificación*. Retrieved July 5, 2024, from <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2024/05/OUTPUT-MESA2.pdf>
- H2 lac. (2024, March 21). *3er Congreso Internacional de Hidrógeno*. H2 Lac. Retrieved April 26, 2024, from <https://h2lac.org/eventos/3-congreso-internacional-de-hidrogeno/>
- H2 News. (2024, January 16). *Mónica Gasca: “Colombia otorga 4 beneficios tributarios específicos a los proyectos en toda la cadena de valor del Hidrógeno.”* Retrieved April 26, 2024, from <https://h2news.cl/2024/01/16/monica-gasca-colombia-otorga-4-beneficios-tributarios-especificos-a-los-proyectos-en-toda-la-cadena-de-valor-del-hidrogeno/>
- Justicia. (2021a, July). *Ley 2099 de 2021*. Colombia Potencia De La Vida. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30041997>
- Justicia. (2021b, December). *Ley 2169 de 2021*. Colombia Potencia De La Vida. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30043747>
- Milab. (2023, April 3). *Nuevo Gremio en Colombia: Asociación de Energías nuevas y del hidrógeno del Caribe*. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.innpulsacolombia.com/milab/noticias/nuevo-gremio-en-colombia-asociacion-de-energias-nuevas-y-del-hidrogeno-del-caribe>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. *Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/documentos-oficiales-contribuciones-nacionalmente-determinadas/>
- Ministerio de Minas y Energía. (n.d.). *Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas - FAZNI*. Colombia Potencia De La Vida. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/fondos-especiales/fondo-de-apoyo-financiero-para-la-energizaci%C3%B3n-de-las-zonas-no-interconectadas-fazni/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia*. *Ministerio De Minas Y Energía*. https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf
- Navacerrada, P. (2021, September 30). *Colombia Takes Position in the Green Hydrogen Industry in Latin America*. Inter American Development Bank - Energía Para El Futuro. Retrieved April 5, 2024, from <https://blogs.iadb.org/energia/en/colombia-takes-position-in-the-green-hydrogen-industry-in-latin-america/>

- Nigrinis. (2022, April 7). *Colombia tiene 50 gigavatios de potencial con energía eólica*. El Nuevo Siglo. Retrieved May 1, 2024, from <https://www.elnuevosiglo.com.co/economia/colombia-tiene-50-gigavatios-de-potencial-con-energia-eolica>
- Pereira, J. (2022, September 29). *Förderung von grünem Wasserstoff in Kolumbien*. Germany Trade & Invest. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.gtai.de/de/trade/kolumbien/recht/foerderung-von-gruenem-wasserstoff-in-kolumbien-902634>
- Procolombia. (n.d.). *Hidrógeno Verde*. Colombia - El País De La Belleza. Retrieved April 26, 2024, from <https://investincolombia.com.co/es/sectores/energia/hidrogeno-verde>
- ProColombia. (n.d.). *Invest in Colombia*. Retrieved April 5, 2024, from <https://investincolombia.com.co/en>
- Review Energy. (2022, June 24). *CERFER, la sinergia entre Colombia y Alemania que impulsará a las renovables*. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.review-energy.com/otras-fuentes/cerfer-la-sinergia-entre-colombia-y-alemania-que-impulsara-a-las-renovables>
- Siepen, J. (2021, November 23). *Kolumbien veröffentlicht Wasserstoff-Roadmap*. Germany Trade & Investment. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.gtai.de/de/trade/kolumbien/branchen/kolumbien-veroeffentlicht-wasserstoff-roadmap-722642>
- Siepen, J. (2022, May 2). *Erstes Pilotprojekt: Kolumbien beginnt mit Wasserstoffproduktion*. Germany Trade & Investment. Retrieved April 5, 2024, from <https://www.gtai.de/de/trade/kolumbien/branchen/erstes-pilotprojekt-kolumbien-beginnt-mit-wasserstoffproduktion-832788>
- Siepen, J. (2024, May 5). *Kolumbiens Wasserreichtum braucht moderne Technik*. GTAI. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.gtai.de/de/trade/kolumbien/specials/kolumbiens-wasserreichtum-braucht-moderne-technik-1735900>
- UPME. (2023). *Proyección de precios de los energéticos para generación eléctrica*. GOV.CO. Retrieved July 5, 2024, from https://www1.upme.gov.co/sipg/Publicaciones_SIPG/Proyeccion_precios_energeticos_I_semestre_2023_vf.pdf

