

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

Auf einen Blick:

Standortvorteile Chiles zur Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff und dessen Derivate

- Großes Potenzial zur Erzeugung von Strom mit erneuerbaren Energien, insbesondere Eignung von **Solar- und Windenergie mit hohen Deckungsbeiträgen** ([s. u. „H2 Business Guide“ von GIZ/BMWK](#)).
- Chile hat das **Pariser Klimaabkommen** unterzeichnet, verfolgt eine **ambitionierte Energiewendepolitik** und hat den **Kohleausstieg bis zum kommenden Jahrzehnt** beschlossen, fünf Kohlekraftwerke sind bereits abgeschaltet. ([s. u. GIZ-Vergleichstudie](#)).
- 2020 wurde die **Nationale Strategie für Grünen Wasserstoff** verabschiedet.
- Der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur ist offizieller Bestandteil der chilenischen Dekarbonisierungs-Strategie mit der **angestrebten CO2-Neutralität im Jahr 2050**.
- Ausbau der Wasserstofferzeugung hat keinen negativen Einfluss auf die **Energieversorgungssicherheit** des Landes: Der Zubau weiterer erneuerbarer Kapazitäten läuft parallel zum Ausbau der Stromversorgung für die Bevölkerung und die Industrie.
- Die chilenische Regierung verfolgt ein Entwicklungsmodell mit neu entstehenden Wertschöpfungsketten für eine **sozial und ökologisch nachhaltige** Wasserstoffwirtschaft ([s. u. GIZ-Studie Zertifizierung](#)).
- Die Wasserversorgung für geplante Elektrolyseanlagen kann im wasserarmen Norden in Zusammenhang mit **Meerwasserentsalzungsanlagen** erfolgen.
- Chile ist ein Exportland und besitzt eine gute Exportinfrastruktur. Die Entwicklung einer **Exportindustrie** für Wasserstoff und seinen Derivaten (Methanol und Ammoniak) hat das Potenzial mindestens 36.000 (bis 2030), 104.000 (bis 2040) und **325.000 Arbeitsplätze (bis 2050)** im Land zu schaffen ([s. u. GIZ-Studien Arbeitsplätze](#)).
- Chile könnte zukünftig mit **grünem Wasserstoff** und seinen Derivaten etwa die **Hälfte des Bedarfs** eines Industrielandes wie **Deutschland** decken (s. u. GIZ Export-Studie).
- Chile pflegt **gute Handelsbeziehungen mit Deutschland/Europa** und ist offen für Technologietransfers. Die Kooperationsvereinbarung mit **Hamburg** ist ein weiterer Baustein in diese Richtung. ([s. u. GIZ Export-Studie](#)).
- Auf der COP 26 in Glasgow unterzeichnet Chile die „*Clydebank Declaration for green shipping corridors*“ ([Deklaration](#)).
- Die wirtschaftliche Situation ist in Chile im Vergleich mit anderen südamerikanischen Ländern relativ stabil und die Kreditwürdigkeit für Investitionen in Chile ist relativ hoch.
- Chile hat eine **regionale Ausstrahlung** auf seine Nachbarländer.

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

Hintergrundinformation Wasserstoff in Chile

▪ Auf einen Blick:	1
▪ Standortvorteile Chiles zur Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff und dessen Derivate.....	1
▪ Die Anfänge der Debatte um „grünen“ Wasserstoff in Chile	2
▪ Die Deutsch-Chilenische Energiepartnerschaft	3
▪ GIZ unterstützt Wissenstransfer und Projektförderung	4
▪ Interaktives Modell.....	4
▪ Studien zum Themenkomplex Wasserstoff	5
▪ Zusammenfassung	10
▪ Videos zu Chile.....	11
▪ Kontakt	11

Die Anfänge der Debatte um „grünen“ Wasserstoff in Chile

Seit 2014 unterstützt das **Programm für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (4e)** der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (**GIZ**) in Chile im Auftrag des Bundesumweltministeriums und neuerdings des BMWK die Entwicklung von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten wie Methanol, Ammoniak und anderen synthetischen Kraftstoffen. Wie der [H2 Business Guide](#), den die GIZ im Auftrag des BMWK 2022 erstellt hat (s. u.) aufzeigt, besitzt Chile ein enormes Potential für den Ausbau Erneuerbarer Energien, insbesondere der Solar- und der Windenergie (*Chile hat in der Atacamawüste die weltweit höchste Sonneneinstrahlung und im Süden in Patagonien mit die besten Windpotenziale*). Für die Entwicklung einer grünen Wasserstoffindustrie bietet dies neue Perspektiven für Chile und könnte mittelfristig zu einem wichtigen Industriezweig auf dem **Weg zur Klimaneutralität** des Landes aber auch für den Export werden.

Die in einer GIZ-Studie 2014 konservativ ermittelten Potenziale von (nur) Wind-, Kleinwasserkraft und Solarenergie (ohne Patagonien!) belaufen sich auf einen Wert von **1.800 GW möglicher Stromerzeugerleistung aus Erneuerbaren**. Die installierte Leistung aller chilenischen Kraftwerke beträgt ca. 32 GW (in Deutschland im Vergleich: ca. 220 GW). Die erneuerbaren Energien in Chile haben nicht nur das Potential, die Kohlekraftwerke zu ersetzen und damit die **Stromerzeugermatrix 100%** erneuerbar werden zu lassen, sondern sie können auch für die nachhaltige Produktion von grünem Wasserstoff bzw. dessen Derivaten eingesetzt werden und deren Anwendung in verschiedenen Wirtschaftsprozessen positive Veränderungen hervorrufen.

Im weltweiten Vergleich niedrige Preise für Strom aus Photovoltaikanlagen (PV) von unter 20 USD/MWh und für Windenergie unter 30 USD/MWh, sowie erzielbare Deckungsbeiträge für PV größer 35% und Wind größer 60% machen Wasserstoffprojekte in Chile attraktiv.

Allerdings war vor einigen Jahren das Wissen zum Stand der aktuellen Wasserstofftechnik noch begrenzt, weshalb die **GIZ das Buch "Hydrogen Technologies and Opportunities for Chile"** veröffentlichte, in dem die technischen Aspekte der Wasserstoffproduktion erläutert und erstmals die potentiellen Anwendungsmöglichkeiten in Chile aufgezeigt wurden.

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

Um das Interesse öffentlicher Institutionen und des Privatsektors für das Thema Wasserstoff und den sich daraus ergebenden Chancen für das Land zu wecken, **organisierte das GIZ-Programm** in den Jahren 2017 und 2018 zwei **internationale Konferenzen**, welche starkes Interesse in der Industrie fanden. In den Jahren 2020 und 2022 richtete dann Chile, mit Unterstützung der GIZ und mit hochrangiger deutscher Teilnahme, die internationalen „Green Hydrogen Summits“ mit jeweils mehr als 6000 virtuellen Teilnehmern aus.

Heute gibt es bereits konkrete Projektentwicklungen in Chile zur Erzeugung von grünem Wasserstoff und der Weiterverarbeitung zu **grünem Ammoniak als Düngemittel und Energieträger**. Unternehmen analysieren die Erzeugung in Verbindung mit dem Bau großer Meerwasserentsalzungsanlagen, um trotz der seit mehr als 10 Jahren anhaltenden Trockenheit die **Wasserversorgung für Menschen, Industrie und Landwirtschaft sicherzustellen**. In dem von Deutschland unterstützten HIF-Projekt wird erstmals die Erzeugung und der Export von synthetischen Kraftstoffen auf der Basis von grünem Wasserstoff (aus Windenergie) erfolgen. Internationale Bergbauunternehmen, die in Chile aktiv sind, sehen in grünem Wasserstoff eine **Alternative zu Schweröl**, welches bisher für thermische Prozesse der Kupferweiterverarbeitung eingesetzt wird, sowie als **Ersatz für Diesel** im Transportsektor. Auch ein großer chilenischer Zement- und Kalkhersteller und ein Hüttenwerk untersuchen derzeit grünen Wasserstoff als **alternativen Brennstoff**. Die chilenischen Kohlestromerzeuger untersuchen den Wasserstoff-Einsatz in Verbindung mit Gas (LPG) als **Ersatz für Kohle und konventionellem Gas**. Des Weiteren werden in einem kleineren Projekt die Gabelstapler in den Lagerhallen des Servicezentrums einer großen Supermarktkette auf Wasserstoff-Betrieb umgestellt.



Die Deutsch-Chilenische Energiepartnerschaft

Am 9. April 2019 wurde in Berlin vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und dem chilenischen Energieministerium eine Absichtserklärung zur Gründung der Deutsch-Chilenischen Energiepartnerschaft (EP) unterzeichnet, deren Umsetzung in Chile der GIZ obliegt und sich auf die bereits mehr als 15-jährige erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem chilenischen Energieministerium stützt. Die Energiepartnerschaft fördert den **hochrangigen politischen Dialog** zwischen beiden Ländern mit dem Ziel, die jeweilige nachhaltige Energiewende voranzutreiben. So werden Begegnungen bei internationalen Veranstaltungen wie den UN-Klimagipfeln, den Konferenzen „Clean Energy Ministerial“ und „Mission Innovation“, dem „Berlin Energy Transition Dialogue“ und im jährlichen Steuerungskomitee organisiert. Die Energiepartnerschaft fördert ebenso den **Know-how-Transfer** zwischen beiden Ländern und bindet öffentliche Institutionen, die Industrie, Verbände und Forschungsinstitutionen in die Fachdiskussionen mit ein. Die Deutsch-Chilenische Industrie- und Handelskammer (AHK Chile) unterstützt die Arbeit der GIZ in der wirtschaftlichen Zusammenarbeit und im Bereich der **Start up-Förderung**.

Zwei **Arbeitsgruppen** in den Themen Kohleausstieg und Klimaneutrale Innovationen sind etabliert. Seit 2021 arbeitet eine „**Task Force Grüner Wasserstoff**“ zu Nachhaltigkeitskriterien sowie Zertifikation und Herkunftsnachweisen. Darüber hinaus vereinbarten die

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

beiden Ministerien, die Entwicklung von Lieferketten zu erleichtern, sowie Wissen und Erfahrungen in Bezug auf Normierungen und Sicherheitsprozesse auszutauschen.

Die Kooperationsvereinbarung mit der Hansestadt Hamburg und dem Hamburger Hafen wurde durch die Energiepartnerschaft von Beginn an gefördert.

GIZ unterstützt Wissenstransfer und Projektförderung

Für die Entwicklung der neuen Wasserstoffindustrie bietet das 4e-Programm der GIZ durch die Entwicklung von technischen Studien und spezifischer Beratung eine wichtige Unterstützung für Projekte, in denen grüner Wasserstoff und dessen Derivate produziert oder verwendet werden sollen. Diese Unterstützung steht im Rahmen der Umsetzung der deutschen „Nationalen Wasserstoffstrategie“, die insbesondere mit den Energiepartnerschaftsländern Kooperationen anstrebt, um zum einen den Technologietransfer aus Deutschland zu fördern, aber auch um Handelsbeziehungen zu möglichen Lieferländern für den zukünftigen Wasserstoffbedarf Deutschlands aufzubauen.

Wertschöpfungskette Wasserstoff:



Interaktives Modell

mit Hintergrundinformation zu den Herstellungsketten von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten sowie deren Anwendungen und Transport

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

Studien zum Themenkomplex Wasserstoff

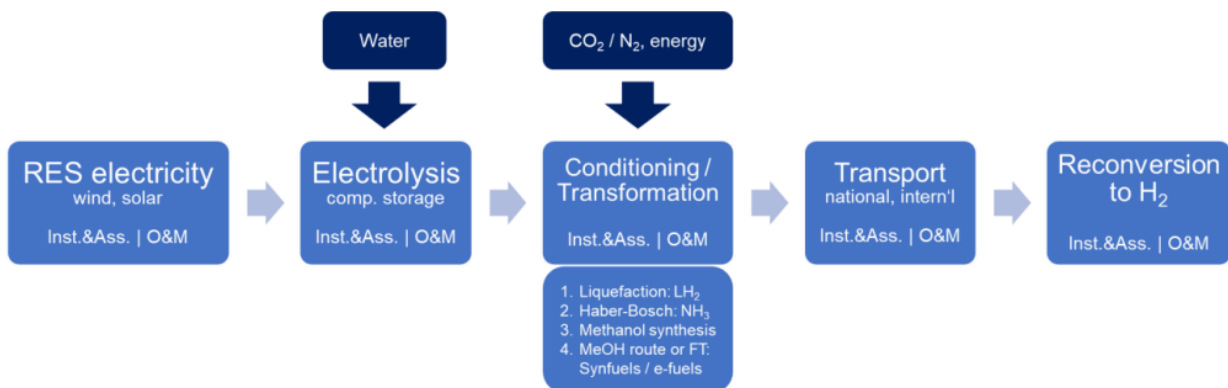
Seit 2019 wurden mehrere Studien zum Thema Wasserstoff und seiner Derivate erarbeitet. Einige sollen hier kurz aufgeführt werden:

1. Studie **“Requirements for the production and export of green-sustainable hydrogen”**:



Entlang der neu entstehenden Wertschöpfungsketten für eine grüne und nachhaltige Wasserstoffwirtschaft müssen alle Einzelschritte auf ihre Nachhaltigkeit untersucht werden. Die Studie schafft einen Überblick über bereits bestehende verpflichtende und freiwillige Zertifizierungen und fragt die Prioritäten deutscher potenzieller Großabnehmer (Offtaker) ab. Die Studie wurde 2020 erstellt.

Figure 4: Hydrogen value chain



Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

2. Studie "Conditions and Opportunities of Green Hydrogen Trade from Chile to Germany and Japan":



Die Studie zeigt, dass Chile in einer starken Position ist, ein wichtiger Exporteur von grünem Wasserstoff zu werden.

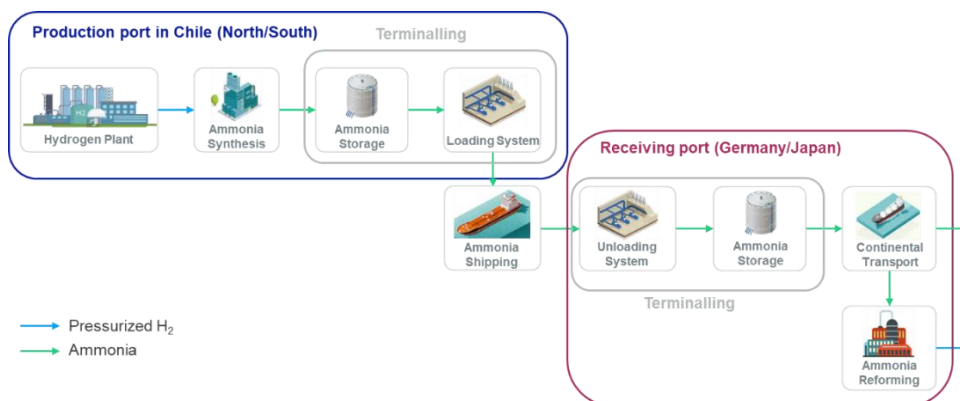
Chile könnte Deutschland und Japan mit grünem Wasserstoff und seinen Derivaten (Methanol und Ammoniak) beliefern und damit etwa die Hälfte des Bedarfs eines Industrielandes wie Deutschland decken.

Der Hamburger Hafen als wichtiger Partner:

Der Hamburger Hafen plant den Aufbau einer Pipeline-Infrastruktur zur Versorgung der Elbregion mit Wasserstoff (oder einem Derivat). Die Region rund um den Hafen ist ein wichtiger Cluster für die künftige Wasserstoffwirtschaft, die Stoffe wie Stahl, Aluminium und Kupfer klimafreundlich produzieren kann und Wasserstoff als Kraftstoff oder Speicherlösung zu nutzen.

Hamburg plant derzeit für 2025 eine 100-MW-Elektrolyseanlage im Hafen. Bis 2030 wird eine grüne Elektrolyseleistung von rund 550 MW und damit eine Wasserstoffproduktionskapazität von rund 2,2 TWh/a prognostiziert [laut Hamburger H2-Strategie]. Für die Anbindung des Hafens an die Industrie ist die Umrüstung des bestehenden Gasnetzes auf Wasserstoff geplant. Damit wird die Infrastruktur in der Lage sein, 6,4 Terawattstunden Wasserstoff pro Jahr oder 192 kTonnen Wasserstoff zu liefern. Die Kosten für die Verschiffung von Wasserstoff oder eines Wasserstoffträgers nach Hamburg statt nach Rotterdam sind fast gleich, wenn die Exportmengen erreicht werden.

Die Studie benennt auch, dass beispielsweise im chilenischen Hafen von Mejillones (Norden) als auch in Cabo Negro (Patagonien) Investitionen in die Infrastruktur in Höhe von 80 bis 100 MUSD erforderlich sind, wobei das Open-Access-Modell des Hamburger Hafens als Modell dienen könnte.



Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

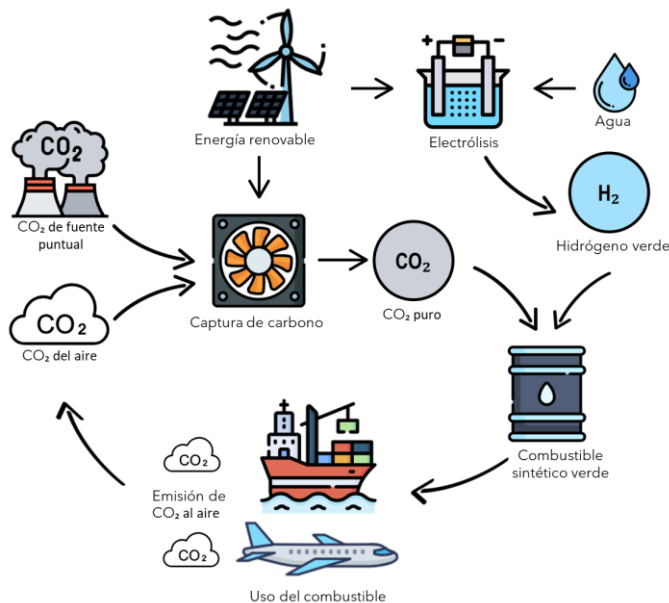
Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

3. Studie "Analysis of carbon sequestration for the production of synthetic fuels in Chile":



Die Studie vergleicht die verschiedenen international vorhandenen Technologien zur CO₂-Abscheidung (Direct-Air-Capture DAC sowie aus unvermeidlichen (Industrie-)Quellen), und beschreibt deren aktuellen technischen Entwicklungsstand.

Außerdem wird das Potenzial für die CO₂-Abscheidung aus unvermeidlichen industriellen Quellen in Chile, z. B. die Zement- und Papierindustrie, untersucht. Aktuelle Tendenzen wie zum Beispiel in der Stahlindustrie, wo durch den Einsatz von Strom und Wasserstoff die unvermeidbaren Kohlenstoffquellen reduziert werden, sind in die Studie eingeflossen. Reines CO₂ ist für die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen notwendig.



Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

4. GIZ "H2 Business Guide":



Im Auftrag des BMWK erstellten im Februar 2022 die Energiepartnerschaft-Sekretariate der sieben wichtigsten möglichen Wasserstoffexportländer eine zusammenfassende Dokumentation zu den Potentialen für erneuerbare Energien und daraus resultierender grüner Wasserstoffproduktion in den Partnerstaaten.

Chile gehört aufgrund seiner hervorragenden natürlichen Bedingungen, dem dynamischen Energiesektor und auch Dank der frühzeitigen Unterstützung durch die GIZ zu den Vorreitern.

Erneuerbare Energien Potenzial

Produktionsbedingungen für grünen H2 und dessen Derivaten

Windgeschwindigkeiten



Quelle: Ministerio de Energía 2021

WIND

Windgeschwindigkeit: $\bar{\theta}$ 7,3 m/s
An Standorten im Süden Chiles erreicht die Windgeschwindigkeit >14 m/s, > 60% Volllast



→ Weltweit die stärkste direkte Sonneneinstrahlung ist im Norden Chiles zu finden. Patagonien im Süden ist für seine hervorragenden Windpotenziale bekannt.

Sonneneinstrahlung



Quelle: Global Solar Atlas 2019

SOLAR

Solarpotenzial: $\bar{\theta}$ 5,36 kWh/kWp
Sonneneinstrahlung:
>7,5 kWh/m²/Tag in der Atacama-Wüste ist die höchste weltweit!



Zusätzlichkeit von erneuerbarer Energien für die H2-Produktion

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

5. Studien zu den Arbeitsmarktpotenzialen und Bedarf an Fachkräften

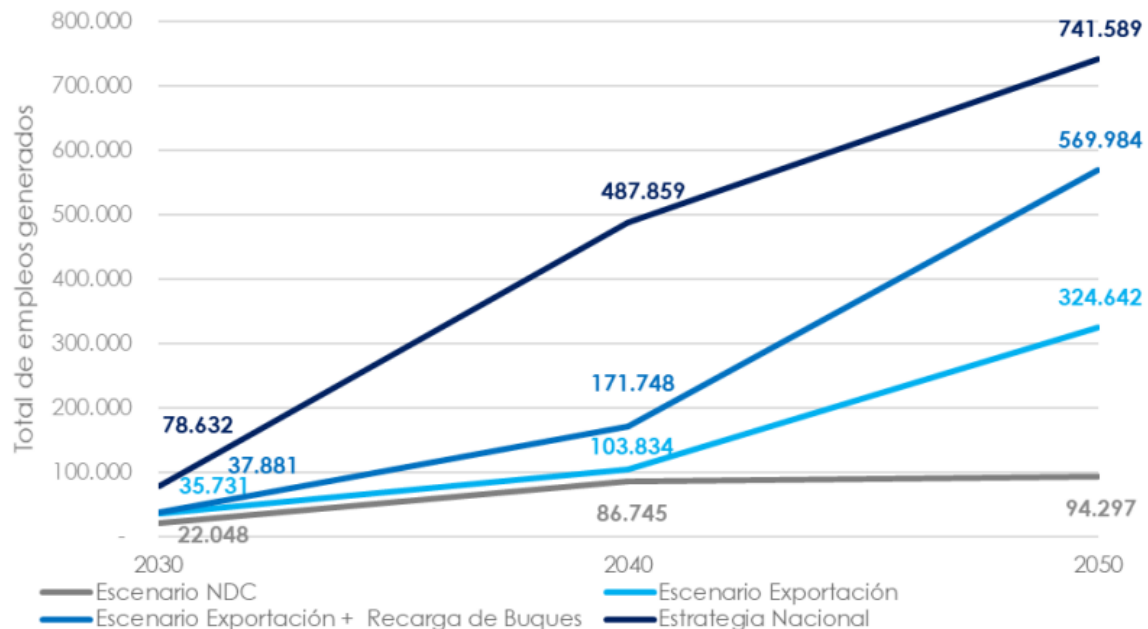


Quantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación
Reporte Final
12 marzo de 2021

[Quantificación del encadenamiento industrial y laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile - 4e Chile](#)

[Quantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación - 4e Chile](#)

Die Entwicklung einer Exportindustrie für Wasserstoff und seinen Derivaten im analysierten Exportszenario hat das Potenzial mindestens 36.000 (bis zum Jahr 2030), 104.000 (bis 2040) und 325.000 Arbeitsplätze (bis 2050) zu schaffen. Betrachtet man die Szenarien „Export + Schiffsbetankung“, so zeigen die Ergebnisse ein mögliches Potenzial zur Schaffung von 38.000, 172.000 und 570.000 Arbeitsplätzen in den Jahren 2030, 2040 bzw. 2050.

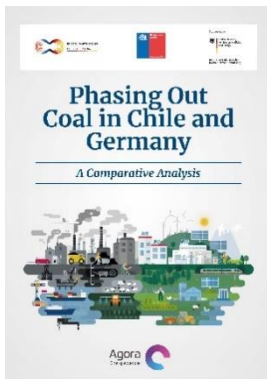


Comparación del total de empleos generados en Chile de los diferentes escenarios en los años 2030, 2040 y 2050

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

6. Studie “Phasing Out Coal in Chile and Germany”:



Hier der Vollständigkeit halber noch einen Hinweis auf die Studie zum Vergleich der Kohleausstiegspfade Deutschlands und Chiles im Vergleich, die von Agora Energiewende, dem Ecologic Institut Berlin, chilenischen Experten und der Energiepartnerschaft erstellt wurde. Die Gegenüberstellung veranschaulicht, wie ein kleines Land wie Chile trotz fehlender Subventionen einen Kohleausstieg anstrebt, und es werden die Erfahrungen, die Chile und Deutschland gesammelt haben analysiert. Politischen Entscheidungsträgern anderer Länder soll damit ein Instrument an die Hand gegeben werden, besser beurteilen zu können, welche Herausforderungen ein Kohleausstieg in ihren eigenen Ländern bewältigen werden müssen.

Der Ausstieg aus der Kohle ist ein unvermeidlicher und tiefgreifender Strukturwandel, der sorgfältig und unter Einbeziehung der Interessengruppen in den betroffenen Regionen gestaltet werden muss. Die Substitution von Kohle durch Strom aus erneuerbaren Energiequellen ist der Schlüssel für direkte und indirekte Elektrifizierungsstrategien zur Umgestaltung der nationalen und internationalen Energiemärkte. Dabei ergeben sich auch neue Chancen und Geschäftsmodelle für Investoren.

Zusammenfassung

In diversen internationalen Studien, unter anderem des „World Energy Council“, oder der Internationalen Energieagentur (IEA) zum Thema „grüner“ Wasserstoff/ PtX, wird Chile als ein „Hidden Champion“ bezeichnet. Chile hat weltweit die mit besten Voraussetzungen für die Produktion von „grünem“ Wasserstoff und dessen Derivaten, wird aber in der derzeitigen Diskussion in Deutschland, in der es unter anderem auch um zukünftige Lieferländer geht, noch wenig bedacht. Die technische Zusammenarbeit Deutschlands auf diesem Gebiet mit dem chilenischen Energieministerium, der CORFO und der Privatwirtschaft im Rahmen der vom BMWK finanzierten Projekte ist bislang sehr erfolgreich. Chile erhält wegen der ODA-Kriterien keine weitere bilaterale technische Kooperation mehr aus Deutschland.

Deutschland ist für Chile ein wichtiges Partnerland und es besteht eine große Bereitschaft die Kooperation auch im Bereich „grüner“ Wasserstoff/ PtX weiter auszubauen. Deutsche Technologien haben einen sehr guten Ruf und sind stark nachgefragt, aber gewünscht werden auch Investitionen. Chile ist ein Vorreiterland für Pilotvorhaben, wie zum Beispiel auch bei der Umwandlung von Kohlekraftwerken in (erneuerbare) Energiespeicher, und bietet darüber hinaus gute Geschäftsmöglichkeiten für Entsalzungsanlagen und/oder Wasserstoffinfrastruktur.

An der Messe „WindEnergy Hamburg“ (27.-29. September 2022) werden Vertreter:innen des chilenischen Energieministeriums sowie der GIZ/ Deutsch-Chilenischen Energiepartnerschaft teilnehmen.

Hintergrundmaterial Wasserstoffproduktion in Chile

Im Rahmen der Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung Wasserstoff zwischen dem chilenischen Energieministerium und der Hansestadt Hamburg/ Hamburger Hafen

Chile / Deutschland

19,1 Mio. 83 Mio.	Bevölkerung	Santiago de Chile (7 Mio.) Berlin (3,6 Mio.)	Hauptstadt (Einwohnerzahl)		
32 GW 220 GW	Kapazität Stromnetz	6,7 GW 61 GW	Installierte Photovoltaik	4,1 GW 65 GW	Installierte Windenergie
756.096 357.386	Gesamtfläche (km ²)	1,0 kW 1,7 kW	Erneuerbare Kapazität pro Kopf	4,8 t/Jahr 9,1 t/Jahr	CO ₂ -Ausstoß pro Kopf

Videos zu Chile

["Chile – A Leader in Green Hydrogen"](#) / ["Chilean Energy Transition"](#)

Kontakt

Daina Neddemeyer (daina.neddemeyer@giz.de), GIZ Chile
Deutsch-Chilenische Energiepartnerschaft