



Deutsch-Chilenische
Industrie- und Handelskammer
Cámara Chileno-Alemana
de Comercio e Industria

Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien global

Länderfokus: Chile

Grüne Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien bieten global in einem breiten Anwendungsspektrum Potential zur Dekarbonisierung, Elektrifizierung und Steigerung der Versorgungssicherheit für Energieverbrauchsstellen und Anwendende.

Chile steht vor der Herausforderung, den steigenden Bedarf an grüner Elektrizität, der abgeleitet aus den durch seine Regierung formulierten Klimazielen entsteht, auf umweltfreundliche und ressourcenschonende Art und Weise zu decken. Diese Ambitionen werden von einem hohen Maß an politischer Unterstützung flankiert und vorangetrieben. Grüner Wasserstoff spielt als Energieträger sowohl für die Transformation der Energiematrix als auch für die Diversifizierung der Außenwirtschaft, basierend auf der Erweiterung um grünen Wasserstoff als Exportgut, in der Strategie des Landes mittel- und langfristig eine bedeutende Rolle. Brennstoffzellentechnologien stellen auf diesem Transformationspfad die Nutzung des grünen Wasserstoffs zur lokalen, dezentralen Stromversorgung sicher, bieten dabei ein breites und vielfältiges Spektrum möglicher Einsatzfelder und können schon heute wirtschaftlich zur netzfernen bzw. dezentralen Energieversorgung und für den Ersatz bestehender Dieselgeneratoren in Chile eingesetzt werden.

Politische und wirtschaftliche Situation

- Ende 2021 ging der linksgerichtete Präsident Gabriel Boric (35) aus den Präsidentschaftswahlen als Sieger hervor. Es wird weitgehend von einer Kontinuität der Politik in Bezug auf die Energiewende im Vergleich zur Vorgängerregierung ausgegangen. In seinem Wahlprogramm hat Boric außerdem die Notwendigkeit von Energiespeichern hervorgehoben, um die Dekarbonisierung voranzutreiben.¹
- Nach einem relativ starken Wirtschaftseinbruch im Jahr 2020 von –5,8% des BIP erholte sich die Wirtschaft im Jahr 2021 wieder, das Wachstum wird auf 6,2% geschätzt. Für 2022 wird ein Wachstum von 3,8% vorhergesagt.
- Generell sind die natürlichen Bedingungen für den Einsatz von erneuerbaren Energien in Chile durch die hohe Sonneneinstrahlung im Norden und die starken kontinuierlichen Winde in Teilen des Nordens und des extremen Südens sehr gut. Auch steigt der Strombedarf des Landes kontinuierlich, bis zum Jahr 2025 wird eine Steigerung gegenüber 2021 von 13,7% prognostiziert, bis 2030 sogar von 25,5%.²

Energiepolitischer Rahmen

- Wasserstoff als Brennstoff in der Stromerzeugung ist eine der Anwendungen in der Nationalen Wasserstoffstrategie
- Regulatorischer Rahmen für Projekte im Bereich Wasserstoff wird noch ausgearbeitet
- Wasserstoffprojekte können über die Klassifizierung von Sonderprojekten der Aufsichtsbehörde für Strom und Kraftstoffe (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)) eine Genehmigung zum Bau und zum Betrieb erhalten. Dazu müssen folgende Dokumente präsentiert werden: Kopie des zu verwendenden ausländischen Standards, Risikoanalyse, Berechnungsspeicher, Konstruktionszeichnungen, Zertifizierte Materialien und Geräte, Technische Merkmale der Anlage, Charakterisierung des Kontextes.
- Behörde hat 2021 einen Leitfaden für die Unterstützung von Anträgen auf Genehmigung spezieller Wasserstoffprojekte veröffentlicht³
- Chile hat zurzeit 26 Freihandelsabkommen mit mehr als 59 Ländern und ist stark in den Weltmarkt eingebunden
- Das Land will im Energiesektor Treibhausgasneutralidad bis 2050 erreichen⁴

Energieversorgung – aktuell & Ausblick

- Elektrifizierungsgrad: 99,6% der Einwohner, auf dem Land 96,5%
- Gesamte installierte Leistung: 27.189 MW (Dez. 2021)
- Drei Hauptnetze: SEN (27.007 MW), SEA (66 MW), SEM (116 MW)
- Erneuerbare Energien: 25% Wasserkraft, 16% Solar, 10,5% Wind, 1,6% Biomasse, 0,4% CSP, 0,15% Geothermie)
- Fossile Energien: Kohle 17,1%, Diesel 14,9%, Erdgas 14,4%,
- Dekarbonisierungsbestrebungen: Schließung von 65% der Kohlekraftwerke bis 2025, übrige bis 2040
- Neun mittelgroße Netze zwischen 1,5 MW und 200 MW auf, die häufig einen hohen Anteil an Dieselgeneratoren haben.
- Ca. 111 kleine Netze unter 1,5 MW, davon ca. die Hälfte unter 100 kW und 25% zwischen 1 – 1,5 MW
- Ca. 40% der kleinen Netze ohne durchgehende Versorgung
- Ca. 65% der installierten Kapazität der kleinen Netze sind Dieselgeneratoren
- Bei kleinen Netzen häufig Zahlung von Subventionen, um denselben Endpreis wie im nationalen Netz SEN zu bekommen



Potential Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in Chile

- Nationale Wasserstoffstrategie seit November 2020⁵
- Ziele bis 2025 für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft: 5 Mrd. USD internationale Investitionen in Wasserstoffprojekte, 5 GW inst. Elektrolysekapazität, mind. 200.000 Tonnen Wasserstoffproduktion pro Jahr
- Ziele bis 2030: Export von Wasserstoff(-derivaten) im Wert von 2,5 Mrd. USD/Jahr, Erzeugungskosten von unter 1,5 USD/kg H₂, 25 GW inst. Elektrolysekapazität
- Generell hohes Potenzial für grünen Wasserstoff in Chile für die Produktion von Ammoniak, den Export von synthetischen Brennstoffen, den Einsatz im Transportsektor und im Bergbau (dort vor allem im Transportbereich, und für netzferne Stromversorgung mit Brennstoffzelle für Gewährleistung stabiler und zuverlässiger Stromversorgung sowie Dekarbonisierung Netze
- Stromgestehungskosten für Solarstrom in Chile schon heute bei weniger als 0,02 USD/kWh
- Von der staatl. Gesellschaft für Produktionsförderung [CORFO](#) (Corporación de Fomento de la Producción) gefördertes Projekt zum Einsatz von Brennstoffzellen im Transportbereich im Bergbau seit 2018 (Entwicklung und Umrüstung von Bergbaufahrzeugen, Einsatz der Brennstoffzelle in Bergbau-Transportzügen), das bis 2023 läuft⁶
- Bisher zwei Projekte zum Einsatz von Wasserstoff-Gabelstaplern, einmal in der Logistik von Walmart Chile und in der Logistik von Anglo American in der Nähe von Santiago mit der ersten Wasserstoff-Tankstelle in Chile
- Wichtige staatliche Akteure:
 - Gesellschaft für Produktionsförderung (CORFO) fördert größere Forschungsprojekte im Bereich Wasserstoff
 - Energieministerium erarbeitet Gesetze und Regulierung und subventioniert Strompreis in kleinen Stromnetzen
 - Aufsichtsbehörde für Strom und Kraftstoffe (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)) überprüft Einhaltung von Regulierungen und bearbeitete Genehmigungsverfahren
 - Lokale Stromnetzbetreiber kleiner Netze: sind teilweise privat und teilweise staatlich, häufig auch in kommunaler Hand

Fokus Inselnetze & Case Study / Standortanalysen & Ergebnisse

- Fokus der Studie auf Inselnetze, da dort häufig ausschließlich Erzeugung durch Dieselgeneratoren stattfindet und in vielen Fällen staatliche Subventionen auf den Strompreis bestehen
- **Inselnetz Melinka:** Insel in der Region Aysén mit vier Dieselgeneratoren mit insg. 1.400 kW Leistung und einem Verbrauch von ca. 1.660 MWh pro Jahr
- Stromerzeugung wird von der Regierung mit ca. 500.000 USD pro Jahr subventioniert
- Optimales Szenario für Wirtschaftlichkeit umfasst mindestens die Neuinstallation von 660 kWp PV, 574 kW Windturbinen, Elektrolyseur mit 33 kW und einem H₂-Speicher mit 18 kg Kapazität sowie einer Brennstoffzelle mit 38 kW Leistung
- Investitionskosten; ca. 1,5 Mio. USD, Stromgestehungskosten sinken von 0,306 USD/kWh auf 0,13 USD/kWh
- **Mittleres Stromnetz Aysén:** Teilsystem eines Stromnetzes in der südlichen Region Aysén mit insgesamt 53 MW Stromerzeugungskapazität (33,2 MW Diesel, 22,6 MW Wasserkraft und 3,8 MW Wind) und einem Verbrauch von 131 GWh pro Jahr
- Optimales Szenario für Wirtschaftlichkeit umfasst mindestens die Neuinstallation von 30,6 MWp PV, die Installation eines Elektrolyseurs mit 11,3 kW, eines H₂-Speichers mit 2,7 kg Kapazität sowie einer Brennstoffzelle mit 9 kW Kapazität
- Investitionskosten: ca. 1,5 Mio. USD, Stromgestehungskosten sinken von 0,67 USD/kWh auf 0,44 USD/kWh
- **Lachzucht Molino de Oro (Firma Multiexport):** Lachzuchtfabrik in der südlichen Region Los Lagos mit drei Diesegeneratoren (297 kW, 247,5 kW und 198 kW) und einem Verbrauch von 407,1 MWh pro Jahr
- Optimales Szenario für Wirtschaftlichkeit umfasst mindestens die Neuinstallation von 129 kWp PV. Die Installation von Elektrolyseur und Brennstoffzelle ist zurzeit nicht wirtschaftlich darstellbar
- Investitionskosten: ca. 90.500 USD, Stromgestehungskosten sinken von 0,14 USD/kWh auf 0,12 USD/kWh
- **Das Inselnetz Melinka hat vor allem durch die im Moment aufgewendeten Subventionen und den öffentlichen Stromversorger das größte Potenzial für eine zeitnahe Umsetzung**

Technische Anforderungen & Lösungen

Technische Anforderungen an ein H₂/BZ basiertes Inselnetz in Chile / Melinka

+ Skalierbarkeit, + Einbezug erneuerbarer Stromerzeugungsquellen (insb. Wind und PV), + Abbildung unterschiedlicher Lastprofile (produzierendes Gewerbe, Wohnhäuser) + Systemaufbau ggf. unter Einbezug bestehender, fossil basierter Back-Up und Erzeugungsanlagen + in Abhängigkeit des Standorts ergänzend Wärmeauskopplung

Welche Komponenten/Leistungen werden benötigt?

- Brennstoffzellen und deren Systemkomponenten, (Gehäuse, Regeltechnik, Gasaufbereitung, Prozesstechnik, Kühlung, Inverter, Sensorik, Betriebselektrik, Abwärmenutzung)
- Pufferbatterie inkl. Systemkomponenten und Regeltechnik
- Elektrolyseureinheiten und deren Systemkomponenten (inkl. Gehäuse, Strom-, Wasserversorgung/-aufbereitung, Ventile, Systemanschluss, Regeltechnik)
- H₂-Speicher und dessen Systemkomponenten, (Druckminderer, Kompressor, Sensorik, Regeltechnik)
- Einbindung in bestehende Netzinfrastruktur/Verteilnetz, Energiemanagementsystem
- Planungsdienstleistungen: technische Konzeptionierung zur Umsetzung, Systemdimensionierung, Koordination
- Instandhaltung/Wartungsdienstleistungen
- In welchen Leistungsklassen?
Chile Mittlere Netze 1,5 MW bis 200 MW, kleine Netze bis 1,5 MW

+ grafische Darstellung Systemkomponenten

Referenzen

- [1] Boric, Gabriel (2021) Programa de Gobierno Apruebo Dignidad, unter <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan%2Bde%2Bgobierno%2BAD%2B2022-2026%2B%282%29.pdf>
- [2] Ministerio de Energía (2021) Planificación Energética de Largo Plazo - Demanda Eléctrica, unter <https://energia.gob.cl/pelp/proyecciones-electricas>
- [3] Ministerio de Energía (2021) Guía de Apoyo para Solicitud de Autorización de Proyectos Especiales de Hidrógeno, unter: https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/05/final_Guia-Proyectos-Especiales-Hidrogeno.pdf
- [4] Ministerio de Energía (2019) Carbono Neutralidad en el sector energético, unter: https://energia.gob.cl/sites/default/files/pagina-basica/informe_resumen_cn_2019_v07.pdf
- [5] Ministerio de Energía (2020) National Green Hydrogen Strategy, unter: https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf
- [6] Ministerio de Energía (2021) Transporte con hidrógeno, unter: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-con-hidrogeno/hidrogeno-y-electromovilidad-en-la-mineria-ID-en-chile>

Impressum

Herausgeber

NOW GmbH
Fasanenstraße 6
10623 Berlin

030 311 611 6100
kontakt@now-gmbh.de
www.now-gmbh.de

Gestaltung

Autor*innen

Christoph Meyer, AHK Chile
Annika Schüttler, AHK Chile
Catharina Horn, NOW GmbH
Julius von der Ohe, NOW GmbH

Kontakt:
exportinitiative@now-gmbh.de

Im Auftrag des:

