

Konsortialbildungsprojekt der Exportinitiative Energie

Produktion und Einsatz von grünem Wasserstoff im Bergbausektor in Chile



Aufbau von Anlagen zur Produktion von grünem Wasserstoff zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen in Bergbau-LKW und Minenprozessen

Projektfokus

Das Projekt hat zum Ziel, den Einsatz von fossilen Brennstoffen im chilenischen Bergbau zu verringern und grünen Wasserstoff vor allem für Bergbau-LKW und weitere Fahrzeuge zu produzieren sowie Wasserstoff als Stromspeicher zur Rückverstromung bereitzustellen und synthetische Kraftstoffe für Prozesse, die nicht dekarbonisiert werden können.

Die Zielgruppe des Projektes sind deutsche Unternehmen, die Wasserstoffprojekte entwickeln und/oder einzelne Komponenten herstellen wie Elektrolyseure, Kompressoren, Brennstoffzellen, Speicher-lösungen und Tankstellen sowie Lösungen zur Synthetisierung von Kraftstoffen und Ammoniak.



Die Projektopportunität

Über die Hälfte der Exporte Chiles sind Rohstoffe, und allein Kupfer macht 45% des Exportvolumens aus. Chile nimmt auch international eine bedeutende Stellung im Bereich Bergbau ein, so liegen 23% der weltweiten Kupferreserven und über die Hälfte der weltweiten Lithiumreserven in Chile. Gleichzeitig besteht im Bergbausektor Chiles die Notwendigkeit, die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Im Jahr 2019 hat allein der Bergbausektor im Land über 16 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent ausgestoßen, was rund 18% der gesamten Emissionen des Landes ausmacht. Über 90% der direkten Emissionen im Bergbau entfällt auf den Verbrauch von Diesel. Hier spielen vor allem die über 1.500 Bergbau-LKW eine Rolle, für die in einem Forschungsprojekt der Einsatz von Wasserstoff durch Brennstoffzellen erprobt wird. Weitere Anwendungen von Wasserstoff im Bergbausektor sind der Einsatz von Brennstoffzellen in der Personenbeförderung und als Stromspeicher, um die Branche zu 100% auf erneuerbare Energien umzustellen.

Das Projektumfeld

Mehrere Bergbauunternehmen haben bereits konkrete Ziele zur Reduktion ihrer Emissionen ausgegeben, so will das größte Bergbauunternehmen des Landes, CODELCO, bis 2030 seine CO₂-Emissionen um 70% reduzieren. BHP will dies sogar schon bis 2025 erreichen und Anglo American plant CO₂-Neutralität bis 2040. Durch die guten Bedingungen für erneuerbare Energien in Chile, und speziell die Produktion von grünem Wasserstoff, hat auch die chilenische Regierung dessen Potenzial für das Land erkannt und bereits im November 2020 eine nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht. Demnach setzt sich die Regierung zum Ziel, bis zum

Jahr 2025, bereits 5 GW installierte Elektrolysekapazität zu besitzen und 200.000 Tonnen grünen Wasserstoff pro Jahr zu produzieren. Die Produktionskosten für einen Kilogramm grünen Wasserstoff sollen im Jahr 2030 im Norden des Landes bei ca. 1,50 USD/kg liegen. Die chilenische Wasserstoffstrategie kann unter https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf eingesehen werden.

Weiterhin haben mehrere in Chile tätige Bergbauunternehmen bereits Pilotprojekte aufgebaut oder angekündigt, darunter AngloAmerican, BHP, Antofagasta Minerals, CAP und die Minera San Pedro. Aktiv bei der Entwicklung von Projekten im Bergbau, aber auch für den Export und weitere Verwendungen im Land, sind sehr vor allem ausländische Firmen wie die französische Engie, die spanische TCI Gecomp, die italienische Enel Green Power oder die US-amerikanische AES Andes, aber auch kleinere Unternehmen wie Austria Energy oder das chilenische Unternehmen GASCO. An deutschen Unternehmen haben vor allem Siemens zusammen mit HIF, RWE Renewables Chile und Fraunhofer Chile Wasserstoffprojekte angekündigt oder sind in deren Entwicklung involviert.

Der Konsortialansatz

Da das Hauptpotenzial für den Einsatz im chilenischen Bergbau der Transportsektor ist, werden vor allem Lösungen im Bereich Elektrolyseure, Wasserstoff-Speicher und Wasserstoff-Tankstellenlösungen benötigt. Daneben für weitere Projekte zum Einsatz von Wasserstoff als Stromspeicher mit Rückverstromung auch Brennstoffzellen sowie generell Projektwickler für Power-to-Gas-Anlagen sowie in geringem Umfang auch Anlagen für die Synthetisierung von Kraftstoffen aus H₂.

Geplanter Programmablauf

Phase	Termine/Ort	Erläuterung und Schwerpunkte
Informationsveranstaltung in Deutschland	13. Dez. 2022	Vorstellung der Projektopportunität durch die ansässige AHK und Fachreferent:innen und interaktive Workshops zur B2B-Partnerfindung für die gemeinsame Projektumsetzung
Konsortialbildungsphase	I. Quartal 2023	Komplementierung, Unterstützung und Moderation der Konsortialbildung mit dem Ziel der Formierung eines opportunitätsbezogenen Konsortiums mit komplementären Partnern und Strukturen
Konsortialreise	II. Quartal 2023	Vorstellung kundenspezifischer integrierter Lösungen auf einer Fachkonferenz, verbunden mit Kundenbesuchen und Besichtigung von Referenzanlagen vor Ort
Nachbereitung	III. Quartal 2023	Nachbereitung der Vor-Ort-Erfahrung mit dem Ziel, die notwendigen internen Prozesse zu definieren und die Beziehungen zum Kunden auszubauen

Impressum

Herausgeber
AHK Chile

Text und Redaktion (optional)
AHK Chile

Stand
25.10.2022

Druck
25.10.2022

Gestaltung und Produktion
25.10.2022

Bildnachweis
iStock

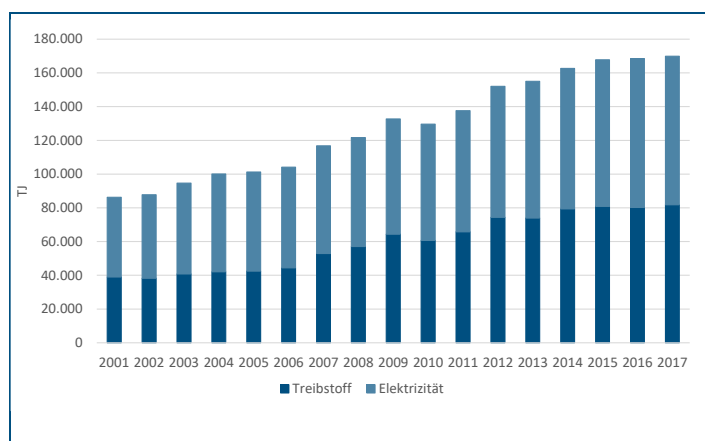
Bisheriger Energieeinsatz im chilenischen Bergbau

Der Bergbausektor hat für Chile traditionell eine große Bedeutung und es ergeben sich für die Anwendung von Wasserstoff, neben dem generell hohen Energieverbrauch, auch Anwendungsmöglichkeiten durch die Bestrebungen, die Produktion klimaneutraler zu gestalten.

Die meisten Bergbauprojekte finden sich in der Atacama-Wüste, was es notwendig macht, Meerwasserentsalzungsanlagen einzusetzen und das Wasser häufig in höher gelegene Regionen zu pumpen. Dabei würde bei einem kompletten Ersatz der bisher eingesetzten fossilen Energieträger durch Wasserstoff der Bedarf an Wasser für die Elektrolyse nur 1% des Gesamtwasserbedarfs im Bergbau ausmachen. Eine Karte aller Bergbauprojekte im Land findet sich unter <https://www.sonami.cl/mapaminero/>.

Allein durch den Einsatz von Wasserstoff im Bergbau können potenziell 20% der CO₂-Emissionen Chiles eingespart werden, um perspektivisch das Ziel von Null-Emissionen zu erreichen. Es wird seitens des Energieministeriums aber auch das Potenzial gesehen, durch den Einsatz von Wasserstoff im Bergbau die Produktivität zu erhöhen und die Produktion insgesamt effizienter zu gestalten.

Abbildung 1: Energieverbrauch im Bergbausektor Chiles¹



Einsatz von Wasserstoff in Bergbau-LKW

Der Einsatz von Wasserstoff in Bergbau-LKW mit Zuladekapazität von über 50 Tonnen hätte einen wesentlichen Einfluss auf CO₂-Reduktionen im Bergbau-Sektor, da der Dieserverbrauch eines LKW bei 100-300 Litern pro Stunde liegt, je nach Größe des LKW, Zuladung, Geschwindigkeit und geografischen Gegebenheiten.² Der aktuelle Bestand von Bergbau-LKW in Chile liegt bei ca. 1.593 Stück.³

¹ Comisión Chilena del Cobre (2018): *Estadísticas Consumo de Energía de la Minería del Cobre al año 2017*, unter: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Energ%C3%ADa-y-GEL.aspx> (Abruf vom 17.10.2022).

² Revista Ingeniería Industrial Año 16 N°2 (2017): *Cálculo del consumo de combustible y emisiones de CO₂ de camiones mineros, mediante simulación discreta*, unter: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/download/3316/3414/> (Abruf vom 15.10.2022).

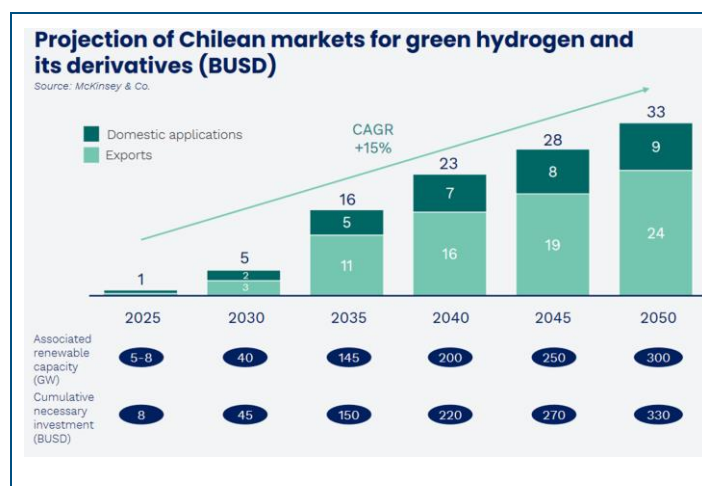
³ Editec (2019): *Equipos Mineros*, unter: https://www.imercados.cl/equipamiento/country_tax/chile/ (Abruf vom 15.10.2022).

⁴ Asociación Chilena de Hidrógeno (2021): *Hidrógeno verde en minería*, unter: <https://h2chile.cl/wp->

Bei einem Einsatz von Wasserstoff in Bergbau-LKW würden diese im Durchschnitt eine Tonne Wasserstoff pro Tag verbrauchen, dementsprechend hoch wäre der Bedarf bei einer sukzessiven Umrüstung aller Fahrzeuge im Land. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass der Total Cost of Ownership von Bergbau-LKW mit einer Zuladung von 300 Tonnen ab ca. 2026/2027 bei Wasserstoff-LKW, sowohl beim Einsatz von Brennstoffzellen als auch bei Verbrennungsmotoren, den Total Cost of Ownership von Bergbau-LKW mit Dieselmotor unterschreitet⁴

Bisher gibt es einen Prototyp in Chile in der Bergbauminer Centinela in der Nähe der Stadt Antofagasta. Hier hat das Konsortium Hydra, bestehend aus den Unternehmen Engie, Mining3, Antofagasta Minerals, Mitsui & Co. (USA), Inc, Thiess, Ballard Power Systems, Hexagon Purus, Reborn Electric Motors und Liebherr Mining ein System mit Brennstoffzellen und Batterien gebaut, das eine Leistung von 60 kW und eine Batteriekapazität von 140 kWh aufweist. Das Konsortium wurde mit Geld der staatlichen Wirtschaftsförderungsgesellschaft CORFO unterstützt.⁵

Abbildung 2: Energieverbrauch im Bergbausektor Chiles⁶



Die Regierung schätzt, dass im Jahr 2035 der Markt für grünen Wasserstoff für Anwendungen in Chile selbst bereits 5 Mrd. USD ausmachen wird. Dabei wird geschätzt, dass der Markt für den Einsatz in Bergbau-LKW mit ca. 1,6 Mrd. USD ungefähr 30% des Bedarfs im Land ausmachen kann.⁷

content/uploads/2021/11/20211118_H2V_Mineria-4-1.pdf (Abruf vom 24.10.2022).

⁵ PV Magazine (2022): *En Chile, Hydra comienza a probar el prototipo de hidrógeno verde para vehículos mineros*, unter: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/09/13/en-chile-hydra-comienza-a-probar-el-prototipo-de-hidrogeno-verde-para-vehiculos-mineros/> (Abruf vom 25.10.2022).

⁶ Gobierno de Chile (2020): *National Green Hydrogen Strategy*, unter: https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf (Abruf vom 25.10.2022).

⁷ Ministerio de Minería (2022): *Minería 2050 - Política Nacional Minera*, unter: https://www.politicanacionalminera.cl/wp-content/uploads/2021/09/Anteproyecto_PNM_2050_y_anexos_tecnicos.pdf (Abruf vom 25.10.2022).

Bisherige Projekte im Bereich Wasserstoff im Bergbau

Neben dem Pilotprojekt für den Einsatz von Wasserstoff in Bergbau-LKW in der Mine Centinela gibt es zwei bereits fertiggestellte Pilotprojekte im chilenischen Bergbau. AngloAmerican hat im August 2021 eine Pilotanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in seinem Logistikzentrum Las Tórtolas in der Nähe von Santiago fertiggestellt. Die Anlage dient der Versorgung von Gabelstaplern und generiert mit Solarpanelen mit einer Leistung von 186 kW ca. 2kg Wasserstoff pro Tag.⁸

Die zweite Anlage ist eine Pilotanlage im Forschungszentrum CICITEM in der nördlichen Stadt Antofagasta. Hierbei handelt es sich um eine mobile Power-to-Gas-Anlage in Containerform, die mit Solarstrom gespeist wird und das Erzeugungspotential unter realen Bedingungen in der Region zeigen soll. Die Anlage wurde im Oktober 2022 eingeweiht.⁹

Geplante Projekte im Bergbau

Mehrere Bergbauunternehmen haben in den letzten zwei Jahren Wasserstoffprojekte angekündigt. So plant BHP in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen eCombustibles die Errichtung einer Elektrolyseanlage zur Erzeugung von Wasserstoff zur Verbrennung in zwei Kesseln mit 10,5 MW und 3 MW, die aktuell mit Erdgas und Diesel betrieben werden. Die Anlage ist in der Mine Spence geplant, die zweitwichtigste Kupfermine in Chile.¹⁰

Die staatliche Energieagentur AgenciaSE hat 2021 eine Ausschreibung zur Förderung eines Wasserstoffprojekts mit umgerechnet ca. 150.000 USD betrieben, welche von insgesamt 10 Projekten gewonnen wurde. Im Bergbau sind zwei Projekte dabei, zum einen das Projekt des Forschungszentrum Centro Nacional de Pilotaje (CNP) in Zusammenarbeit mit der Bergbauminer San Pedro gewonnen wurde. Das Projekt will die Nutzung von fossilen Brennstoffen in der Mine in der Nähe von Santiago reduzieren. Die Anlage soll für Blending mit Erdgas eingesetzt werden, das für Verbrennungsmotoren in verschiedenen Fahrzeugen eingesetzt werden soll.¹¹

Das zweite Projekt im Bergbau ist der Einsatz von Wasserstoff in Güterloks des Güterbahnbetreibers FCAB, der eine Güterbahn zum Transport von Bergbauern zwischen Antofagasta und der bolivianischen Stadt Ollagüe betreibt. Das Unternehmen will perspektivisch seine gesamte Flotte auf Wasserstoff umrüsten und damit bis zu 88.936 Tonnen CO₂ einsparen.¹²

Des Weiteren plant der Betreiber einer Güterbahn für den Bergbau zwischen der chilenischen Stadt Antofagasta und der bolivianischen Stadt Ollagüe den Einsatz von Wasserstoff in Güterloks.

Mehrere Wasserstoffprojekte im Bergbaubereich haben außerdem Förderungen der staatlichen Wirtschaftsfördergesellschaft CORFO erhalten und müssen bis Ende 2025 fertiggestellt werden.

Das Projekt H2V CAP des Stahlherstellers CAP will in der südlichen Region Bioío einen Elektrolyseur mit 12 MW Leistung installieren, der bis zu 1.550 Tonnen grünen Wasserstoff für die Stahlproduktion produzieren soll. Das Projekt hat eine Förderung von 3,6 Mio. USD erhalten. Das Unternehmen Antofagasta Minería Renovable will in Zusammenarbeit mit Air Liquide in der nördlichen Region Antofagasta mit einem Elektrolyseur mit 80 MW Leistung 60.000 Tonnen grünen Wasserstoff pro Jahr produzieren, aus dem Methanol mittels Air Capture hergestellt werden soll. Das Projekt hat 11,7 Mio USD Förderung erhalten.¹³

Neben den öffentlich angekündigten Projekten im Bereich Bergbau planen weitere Unternehmen Projekte, die bisher nicht öffentlich angekündigt worden sind.

⁸ AngloAmerican (2021): Anglo American genera la primera molécula de hidrógeno verde para vehículos cero carbono en Chile, unter: <https://chile.angloamerican.com/media/press-releases/pr-2021/2021-08-23.aspx> (Abruf vom 24.10.2022).

⁹ Ministerio de Energía (2022): Presidente Boric y ministro Pardow inauguran Planta Móvil de Hidrógeno Verde en Antofagasta, unter: <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/presidente-boric-y-ministro-pardow-inauguran-planta-movil-de-hidrogeno-verde-en-antofagasta> (Abruf vom 24.10.2022).

¹⁰ Rumbo Minero (2021): BHP trabaja en un proyecto piloto de hidrógeno verde en minera Spence, unter: <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/mineria/bhp-trabaja-en-un-proyecto-piloto-de-hidrogeno-verde-en-minera-spence/> (Abruf vom 24.10.2022).

¹¹ Reporte Sostenible (2022): Alianza entre Minera San Pedro y CNP gana concurso de hidrógeno verde de la AgenciaSE, unter: <https://reportesostenible.cl/blog/alianza-entre-minera-san-pedro-y-cnp-gana-concurso-de-hidrogeno-verde-de-la-agencia-se/> (Abruf vom 24.10.2022).

¹² FCAB (2021): FCAB proyecta transformar locomotoras 100% a Hidrógeno Verde, unter: <https://www.fcab.cl/2021/10/25/fcab-proyecta-transformar-locomotoras-100-a-hidrogeno-verde/> (Abruf vom 24.10.2022).

¹³ H2LAC (2022): Chile avanza en el cofinanciamiento para tres proyectos de hidrógeno verde a gran escala, unter: <https://h2lac.org/noticias/chile-avanza-en-el-cofinanciamiento-para-tres-proyectos-de-hidrogeno-verde-a-gran-escala/> (Abruf vom 25.10.2022).