



Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Kupfergewinnung in Chuquibambilla, Peru

Lukas Rüttinger, adelphi; Robert Treimer, Montanuniversität Leoben; Günter Tiess, Montanuniversität Leoben; Laura Griestop, adelphi

Alle Rechte vorbehalten. Die durch adelphi erstellten Inhalte des Werkes und das Werk selbst unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Beiträge Dritter sind als solche gekennzeichnet. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung von adelphi. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

UmSoRess – Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastung und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen

Ein Projekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, gefördert im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Laufzeit 01/2013 – 12/2015

FKZ 3712 94 315



Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber, der Ressorts der Bundesregierung oder des Projektbeirats wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.

Zitiervorschlag:

Rüttinger et al. (2014): Fallstudie zu den Umwelt- und Sozialauswirkungen der Kupfergewinnung in Chuquicamata, Chile. Berlin: adelphi.

Impressum

Herausgeber: adelphi
Autoren: Lukas Rüttinger, Robert Treimer, Günter Tiess, Laura Griestop
Abbildungen: flickr/Serge
Stand: Oktober 2014

© 2014 adelphi



adelphi ist eine der führenden Institutionen für Politikanalyse und Strategieberatung. Wir sind Ideengeber und Dienstleister für Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu globalen umwelt- und entwicklungspolitischen Herausforderungen. Unsere Projekte tragen zur Sicherung natürlicher Lebensgrundlagen bei und fördern nachhaltiges Wirtschaften. Zu unseren Auftraggebern zählen internationale Organisationen, Regierungen, öffentliche Einrichtungen, Unternehmen und Verbände.

Wir verknüpfen wissenschaftliche und technische Expertise mit analytischer und strategischer Kompetenz, Anwendungsorientierung und konstruktiver Problemlösung. Unser integrativer Ansatz verbindet Forschung, Beratung und Dialog in sechs Themenfeldern. Internationale und interdisziplinäre Projektteams gestalten weltweit in unterschiedlichen Kulturen und Sprachen eine gemeinsame Zukunft.

In mehr als zehn Jahren hat adelphi über 700 Projekte für 100 Auftraggeber konzipiert und umgesetzt und wichtige umwelt- und entwicklungspolitische Vorhaben fachlich und strategisch begleitet. Nachhaltigkeit ist Grundlage und Leitmotiv unseres Handelns nach außen und innen. Deshalb haben wir ein validiertes Umweltmanagementsystem eingeführt und stellen sämtliche Aktivitäten klimaneutral.

adelphi
Caspar-Theyss-Strasse 14a
14193 Berlin
T +49 (0)30-89 000 68-0
F +49 (0)30-89 000 68-10
office@adelphi.de
www.adelphi.de

Lukas Rüttinger

Lukas Rüttinger ist Senior Projektmanager bei adelphi und spezialisiert auf die Bereiche Ressourcen und Governance sowie Entwicklung und Sicherheit. Als Themenverantwortlicher ist er zudem für die Bereiche Mineralien und Bergbau sowie Friedensentwicklung und Konfliktanalyse zuständig.

ruettinger@adelphi.de

Laura Griestop

Laura Griestop ist Research Analyst bei adelphi und arbeitet in den Bereichen Ressourcen und Governance sowie Klima und Energie.

griestop@adelphi.de

Fiona Schüller

Fiona Schüller ist Research Analyst bei adelphi und arbeitet in den Bereichen Wasser, Ressourcen und Governance.

office@adelphi.de

Montanuniversität Leoben

Die **Montanuniversität Leoben** ist eine von Europas führenden technischen Universitäten mit spezieller Ausrichtung. Sie verfügt über einzigartige Expertise entlang des Wertschöpfungskreislaufs: von den Rohstoffen zu den Grundstoffen über die Werkstoffe bis zum fertigen Bauteil und am Ende des Lebenszyklus zu Entsorgung und Recycling, wobei Nachhaltigkeit ein zentrales Prinzip darstellt.

Die Montanuniversität verknüpft anwendungsorientierte Forschung mit relevanter Grundlagenforschung und ganzheitlicher Ausbildung zukünftiger Führungskräfte.

Als international anerkanntes Exzellenzzentrum für Forschung und Lehre ist die Montanuniversität ein aktiver Partner der Industrie, welcher unter dem Leitprinzip der Entwicklung steht und somit zu effizientem und nachhaltigem Wirtschaften beiträgt.

Robert Treimer

Robert Treimer ist seit 2009 als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft der Montanuniversität Leoben tätig und ist Experte für mineralische Rohstoffe (Mineralogie, Lagerstättenkunde, Mineralwirtschaft).

Robert.Treimer@unileoben.ac.at

Kontakt:

Montanuniversität Leoben
Franz Josef-Straße 18
8700 Leoben, Österreich
Tel.: +43 3842 402
E-Mail: office@unileoben.ac.at
www.unileoben.ac.at



Projekthintergrund

UmSoRes - Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastungen und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen

Rohstoffe werden zunehmend in abgelegenen, ökologisch sensiblen oder politisch instabilen Regionen erschlossen und produziert, in denen Umwelt- und Sozialstandards kaum oder nicht implementiert sind. Zugleich steigt die Förderung von Erzen mit niedrigeren Metallgehalten, verbunden mit einem höheren Energie-, Wasser- und Chemikalienverbrauch. Die Herausforderungen sind sowohl die ökologischen als auch die wirtschaftlichen und sozio-politischen Auswirkungen, die mit Exploration, Extraktion, Aufbereitung, Verhüttung und Transport verbunden sind.

In dem UBA-Forschungsprojekt „*Ansätze zur Reduzierung von Umweltbelastungen und negativen sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von Metallrohstoffen*“ steht die Erarbeitung konkreter politischer Handlungsansätze im Mittelpunkt. Der Fokus liegt auf der Einhaltung, Weiterentwicklung und globalen Verbreitung von international anerkannten Umwelt- und Sozialstandards bei der Rohstoffgewinnung. Das Ziel ist es zu identifizieren, wo die deutsche Umweltpolitik spezifische Beiträge leisten kann.

In Zusammenarbeit mit der Montanuniversität Leoben ermittelt und untersucht adelphi existierende Umwelt- und Sozialstandards im Bereich Rohstoffgewinnung anhand internationaler normativer Rahmensetzungen sowie konkret am Beispiel ausgewählter Länderfallstudien. Existierende globale Handlungsansätze zur Verbesserung der Umwelt- und Sozialsituation bei der Rohstoffgewinnung werden ebenso analysiert und bewertet. Auf dieser Basis werden konkrete Handlungsempfehlungen für die deutsche Umweltpolitik auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene entwickelt.

Die folgende Fallstudie entstand als eine der insgesamt dreizehn Fallstudien zu den Umwelt- und Sozialwirkungen der Gewinnung von Seltenen Erden, Kupfer, Bauxit, Zinn und Gold.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Glossar	VII
1 Der Kupferabbau in Chuquicamata, Chile	1
1.1 Fokus und Relevanz	1
1.2 Struktur des Bergbausektors und volkswirtschaftliche Relevanz	2
1.3 Geologischer Rahmen und Mineralisation	2
1.4 Abbauverfahren	4
1.5 Aufbereitung, Verhüttung und Raffination	5
2 Umweltwirkungen	7
2.1 Umwelteinwirkungen (pressures)	7
2.1.1 SO ₂ -Emissionen durch Verhüttung	7
2.1.2 Wasserverbrauch	9
2.2 Umweltauswirkungen (impacts)	10
2.2.1 Auswirkungen auf Ökosysteme und Biodiversität	10
2.2.2 Gesundheitsauswirkungen	10
2.3 Reaktionen (responses)	10
2.3.1 Wasseraufbereitung	10
2.3.2 Umsiedlung von Chuquicamata	11
3 Governance, Sozialauswirkungen und Konfliktstrukturen	12
3.1 Sektorgovernance, Umweltgesetzgebung und Effektivität staatlicher Institutionen	12
3.2 Allgemeine Konfliktgeschichte rund um Bergbau	13
3.3 Konfliktmanagement und Kompensationsmechanismen	15
Literaturverzeichnis	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Chile und Lage von Chuquicamata	1
Abbildung 2: Geologischer Rahmen des porphyrischen Kupferkomplexes von Chuquicamata und Lagerstätten	3
Abbildung 3: Chuquicamata Tagebau	4
Abbildung 4: Tagebau und Erzkörper von Chuquicamata	5
Abbildung 5: DPSIR-Modell	7
Abbildung 6: Chuquicamata Arsen- und Schwefeldioxidemissionen	8
Abbildung 7: Emissionen der Schmelze 2011	8
Abbildung 8: Laobecken und Gebiet der Chiu-Chiu	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der wichtigsten Erzminerale der porphyrischen Kupferlagestätte Chuquicamata	3
Tabelle 2: Index Chile	16

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre de Chile
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
DIA	Umweltverträglichkeitserklärungen
DPSIR	Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses
EIA	Umweltverträglichkeitsstudien
NRO	Nichtregierungsorganisation
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
SEIA	Umweltverträglichkeitsprüfungssystem
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SONAMI	Sociedad Nacional de Minería
SO₂	Schwefeldioxid

Glossar

Antlerit	Selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfate (und Verwandte). $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH}_4)$, orthorhombisch. Bildung in der Oxidationszone von Kupferlagerstätten.
Atacamit	Selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Halogenide. $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH}_3)$, orthorhombisch. Bildung in der Oxidationszone von Kupferlagerstätten.
Bor	Chemisches Element. Elementsymbol B. Ordnungszahl 5. Halbmetall. vielseitige Anwendungen in unterschiedlichen Industriezweigen. Wichtigste Minerale: Borax, Kernit, Colemanit.
Brochantit	Selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfate (und Verwandte). $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH}_6)$, monoklin. Bildung unter ariden Bedingungen in der Oxidationszone von Kupferlagerstätten.
Chalkosin	Häufig vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfide und Sulfosalze. Cu_2S , monoklin. Bildung häufig in Gängen durch hydrothermale Lösungen bzw. in Zementationszonen.
Chrysokoll	Häufig vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Silicate und Germanate. $(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$, orthorhombisch. Entstehung durch Umwandlung aus anderen Kupfer-Mineralen.
Covellin	Häufig vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Sulfide und Sulfosalze. CuS , hexagonal. Bildung durch Verwitterung anderer Kupfer-Mineralen in Zementationszonen.
Digenit	Seltene Mineral aus der Mineralklasse der Sulfide und Sulfosalze, $\text{Cu}_{1,8}\text{S}$, trigonal. Bildung durch hydrothermale Vorgänge in Kupfer-Lagerstätten.
Intrusion	Bezeichnung für aus der Tiefe aufsteigendes Magma, welches in der Erdkruste stecken bleibt und verschiedenartige Gesteinskörper wie Lakkolithe oder Plutone bildet.
Eozän	Mittlerer Zeitabschnitt des Paläogens (56-34 Ma)
Intrusivkörper	Bezeichnung für Gesteinskomplexe, die durch Erstarren von Gesteinsschmelzen innerhalb der Erdkruste entstanden sind (Intrusion). Intrusivkörper bilden verschiedenartige Gesteinskörper aus Granit, Granodiorit, Gabbro, Peridotit, Syenit, etc.
Känozoisch	Das Känozoikum betreffend.
Känozoikum	Erdneuzeit. Erdzeitalter welches dem Mesozoikum (Erdmittelalter) folgt. 66 Ma bis heute.
Molybdän	Chemisches Element. Elementsymbol Mo. Ordnungszahl 42: Übergangsmetall, wichtiger Stahlveredler. Wichtigstes Mineral ist der

	Molybdänit (Molybdänglanz) MoS_2 .
Monzodiorit	Plutonisches Gestein, welches aus Plagioklas und 10-35 % Alkalifeldspat besteht.
Monzonit	Plutonisches Gestein mit ungefähr gleichen Anteilen von Alkalifeldspat und Plagioklas.
Oligozän	Oberer Zeitabschnitt des Paläogens (33-23 Ma)
Oxidationszone	Verwitterungszone von Erzvorkommen zwischen Erdoberfläche und Grundwasserspiegel. Verwitterung von Mineralen durch Kontakt mit u.a. Sauerstoff und Wasser.
Paläogen	Älteste geochronologische Periode des Känozoikums (66-23 Ma)
Porphyrisch	Bezeichnung für ein Gesteinsgefüge, bei denen makroskopische Kristalle (Einsprenglinge) in einer feinkörnigen, dichten oder glasigen Grundmasse eingebettet sind.
Rhenium	Chemisches Element. Elementsymbol Re. Ordnungszahl 75. Sehr seltenes Übergangsmetall. Verwendung als Legierungsmetall. Gewinnung aus Molybdänerzen. Wichtigstes Mineral ist der Molybdänit der bis zu 0,2 % Re enthalten kann.
Teufe	Teufe beschreibt im Bergbau die Tiefe
Supergene Anreicherung	Supergen - Bezeichnung für Bildungen auf der Erdoberfläche. Begriff in der Lagerstättenkunde für oberflächennahe Mineralanreicherungen, die durch absteigende, von der Erdoberfläche stammende Lösungen gebildet werden.
Zementationszone	Verwitterungszone sulfidischer Erzlagerstätten. Liegt im sauerstoffarmen-reduzierenden Milieu des Grundwasserspiegels unterhalb der Oxidationszone.

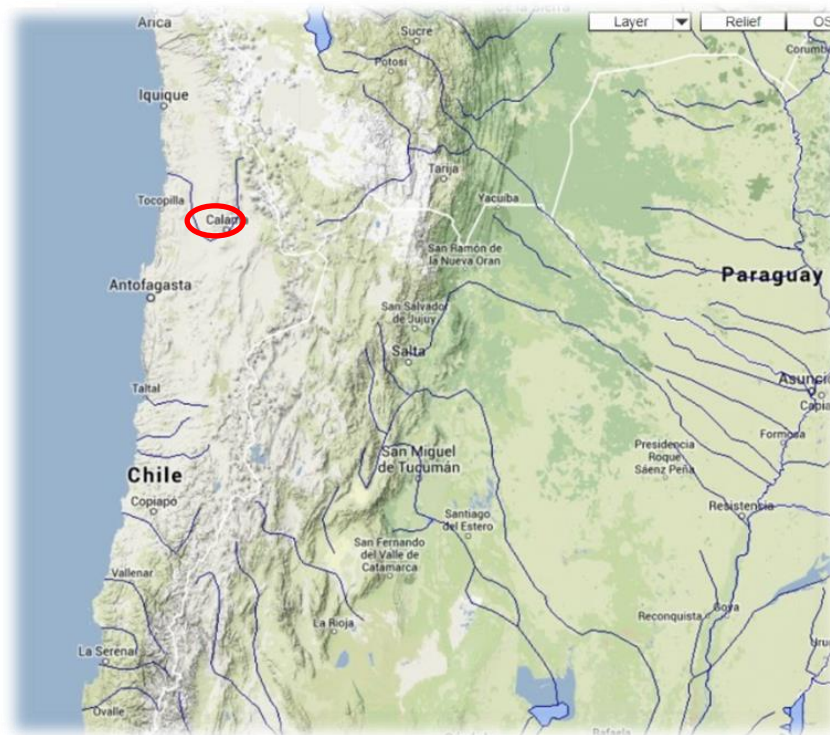
1 Der Kupferabbau in Chuquicamata, Chile

1.1 Fokus und Relevanz

Chile liefert circa ein Drittel der Weltkupferproduktion in Form von Erzen und Kupferkonzentraten und verfügt mit 27,9 % über die derzeit größten Kupferreserven weltweit. Ebenso ist Chile die Heimat des weltgrößten Kupfertagebaus, der nach der inzwischen verlassenen Stadt Chuquicamata benannt ist (Deutsches Kupferinstitut 2014; Vasters und Sonnenberg 2011; Menzie et al. 2013; Edelstein 2013). Das Bergwerk wird vom staatlichen Bergbaukonzern Corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO) betrieben und liegt etwa 1.650 km nördlich von Santiago in der nordchilenischen Region Antofagasta mitten in der Atacamawüste (siehe auch Abbildung 1). Im Jahr 2010 importierte Deutschland 16,8 % seines Bedarfs an Kupferkonzentrat und 18,5 % seines Kupfers aus Chile (Deutsche Rohstoffagentur 2013). Zudem besteht seit Anfang 2013 eine Deutsch-Chilenische Rohstoffpartnerschaft.

Unter den Umweltproblemen in Chuquicamata stellt, neben den Emissionen in Form von Schwefeldioxid (SO_2) und Arsen, der Wasserverbrauch das größte Problem dar. Die Wasserproblematik muss dabei im größeren Kontext des Energie-Wasser-Nexus und der potentiellen Auswirkungen des Klimawandels betrachtet werden. Die extrem knappen Wasserressourcen in der Atacamawüste und der hohe Wasserverbrauch der Kupfergewinnung schaffen zudem Verteilungskonflikte, vor allem mit indigenen Bevölkerungsgruppen. Ebenso spielen Konflikte zwischen staatlichem Betreiber und Gewerkschaften eine Rolle in Chuquicamata.

Abbildung 1: Übersicht Chile und Lage von Chuquicamata



Quelle: Maps-for-Free 2013

1.2 Struktur des Bergbausektors und volkswirtschaftliche Relevanz

Der Bergbau macht 17,6 % des BIP Chiles aus und war für den wirtschaftlichen Aufstieg des Landes maßgeblich mitverantwortlich (Vasters et al. 2010). Insgesamt stieg das Pro-Kopf-Einkommen zwischen den Jahren 1980 und 2012 von 3.000 US-Dollar auf 18.700 US-Dollar. (CIA 2013). Der Kupferexport¹ machte 2006 56 % aller chilenischen Exporte aus (SDGS 2010). Hohe Marktpreise und neue Methoden zur Kupfergewinnung machen Lagerstätten mit immer geringeren Erzanteilen profitabel und führen zum Teil auch zu vermehrter Rohstoffrückgewinnung aus Halden. Bis 2017 wird ein Ausbau der Kupferförderungskapazitäten um 581.000 t pro Jahr angenommen² (Menzie et al. 2013). Im Jahr 2011 war Chile der weltweit führende Produzent von Kupfer (32 %) und raffiniertem Kupfer (16 %) (Anderson 2013). Darüber hinaus ist Chile der weltweit führende Bergbauproduzent von Jod (59 %), Rhenium (51 %) sowie Lithium (circa 39 %), weltweit zweitgrößter Produzent von Arsen (20 %) und Bor (11 %), drittgrößter Produzent von Molybdän (15 %) und fünftgrößter Produzent von Silber (5,4 %). Ferner ist Chile ein relevanter Goldproduzent (2 %) (Anderson 2013).

Insgesamt sind in Chile etwa 200.000 Menschen oder 3 % aller Arbeitskräfte im Bergbausektor tätig (de Solminihac 2013). Die Arbeitslosenquote ist im weltweiten Durchschnitt relativ gering mit 6,4 %. In Deutschland lag die Quote 2012 im Vergleich bei 5,5 % (OECD 2013b). Die Region um Chuquicamata ist stark vom Bergbau und den verarbeitenden Industrien, wie Hütten und Raffinerien geprägt. 54 % des regionalen BIP werden durch Bergbau geschaffen (Vaster et al. 2011). Im Bergwerk Chuquicamata wurden im Jahre 2010 nach Angaben des Betreibers CODELCO 7.569 Menschen beschäftigt.

Der Großbergbau wird hauptsächlich von einigen internationalen Unternehmen und dem staatlichen Bergbauunternehmen CODELCO dominiert. Dieses gilt heute als größter Kupferproduzent der Welt und verfügt über 20 % der bekannten Kupferreserven der Welt (Vasters und Sonnenberg 2011). Neben CODELCO spielen das private chilenische Bergbauunternehmen Antofagasta Minerals und internationaler Akteure wie zum Beispiel BHP Billiton, Anglo American, Rio Tinto und Barrick Gold eine wichtige Rolle (CORFO 2010). Zudem gibt es eine Vielzahl von mittelgroßen Bergbaubetrieben, die sich im Bergbauverband SONAMI (Sociedad Nacional de Minería) zusammengeschlossen haben.

Deutschland hat mit Chile eine sogenannte Rohstoffpartnerschaft vereinbart. Dieser bilaterale Vertrag hat zum Ziel die Absatzchancen für die deutsche Zuliefer- und Dienstleistungswirtschaft im chilenischen Bergbau- und Rohstoffsektor und die Lieferbeziehungen für die deutsche Rohstoff verbrauchende Industrie zu verbessern (BMW 2013).

1.3 Geologischer Rahmen und Mineralisation

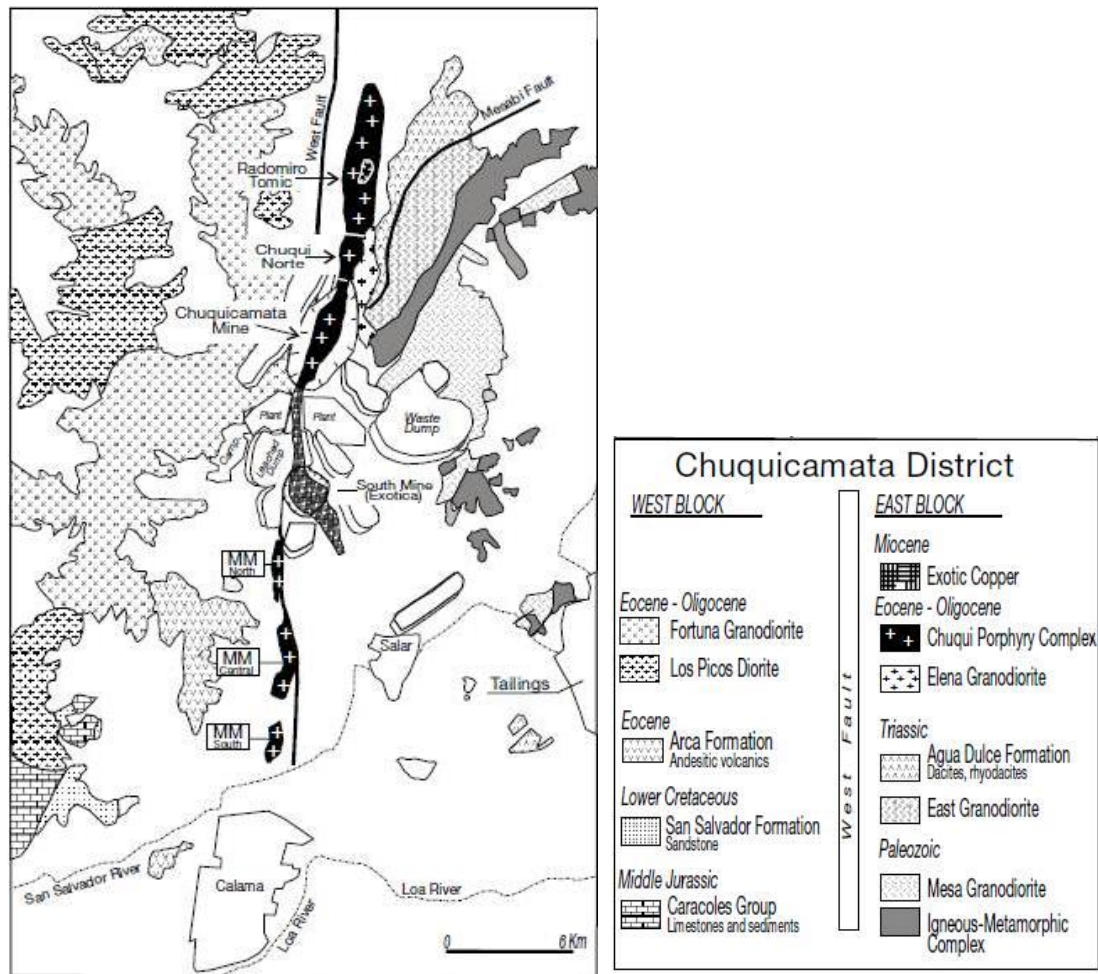
Der porphyrische Kupferkomplex von Chuquicamata liegt im größten Kupfererzkomplex der Welt. Er verläuft im westlichen Vorgebirge Chiles parallel zur Vulkankette der Anden (siehe auch Abbildung 2). Die Vererzungen sind an eozäne-oligozäne (36-33 Ma) porphyrische Intrusionen gebunden, die innerhalb eines mittel-spät känozoischen Faultensystems (Domenyko Störungssystem) auftreten. Der gesamte Kupferkomplex von Chuquicamata ist etwa 14 km lang und umfasst neben der Lagerstätte Chuquicamata noch weitere Lagerstätten wie Radomiro Tomic, Mesa Mina (MM) sowie die Vererzungen von Mina Sur. Der porphyrische Intrusivkörper von Chuquicamata setzt sich aus drei verschiedenen Phasen mit quarz-monzonitischen bis monzodioritischen Charakter zusammen (Ossandón et al. 2001).

¹ Dies beinhaltet unter anderem Kupferkonzentrat, Blisterkupfer und raffinierten Kupfer (Meller und Simpasa 2011).

² Erweiterungen sind vor allem bei der Esperanza und Los Bronces Bergwerken geplant.

Der porphyrische Kupferkomplex von Chuquicamata ist charakterisiert durch eine tiefgreifende supergene Anreicherungszone, die bis in eine Tiefe von 1.000 m nachgewiesen ist. Neben einer Vielzahl an oxidischen Verwitterungsmineralen wie Antlerit, Brochantit, Atacamit und Chrysokoll sind Chalkosin, Covellin und Digenit die charakteristischen Erzminerale der supergenen Anreicherung.

Abbildung 2: Geologischer Rahmen des porphyrischen Kupferkomplexes von Chuquicamata und Lagerstätten



Quelle: Ossandón et al 2001

Tabelle 1: Übersicht der wichtigsten Erzminerale der porphyrischen Kupferlagerstätte Chuquicamata

Mineral	Chemische Formel
Pyrit	FeS_2
Chalkosin	Cu_2S
Digenit	$\text{Cu}_{1,8}\text{S}$
Chalkopyrit (Kupferkies)	CuFeS_2
Bornit (Buntkupferkies)	Cu_5FeS_4
Antlerit	$\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH}_4)$
Brochantit	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH}_6)$
Atacamit	$\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH}_3)$

Mineral	Chemische Formel
Chrysokoll	$(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Quelle: Ossandón et al 2001

1.4 Abbauverfahren

Der Tagebaukomplex von Chuquicamata befindet sich auf rund 2.800 m Seehöhe, wenige km nördlich der Stadt Calama in der Provinz Antofagasta, rund 240 km nordöstlich von Antofagasta und rund 1600 km nördlich der Hauptstadt Santiago de Chile (siehe Abbildung 1). Der Komplex besteht aus mehreren einzelnen Tagebauen, darunter „Chuquicamata“, „Mina Sur“ und „Radomiro Tomic“. Die Kupfervorkommen der Region waren schon den Inkas und den spanischen Entdeckern bekannt und anstehende Kupferadern wurden in geringem Umfang abgebaut. Erste Bergbautätigkeiten gehen zurück auf das späte 19. Jahrhundert. Der Tagebau wurde erstmals 1915 durch die Chile Exploration Co. betrieben. 1923 übernahm Anaconda Copper Mining Co. und betrieb den Bergbau unter ständiger Erweiterung 48 Jahre lang. 1971 wurde der Bergbau verstaatlicht und wird seither von der Corporación Nacional del Cobre-Chile (CODELCO) – Division Codelco Norte – betrieben (Codelco 2014; Ossandón et al. 2001).

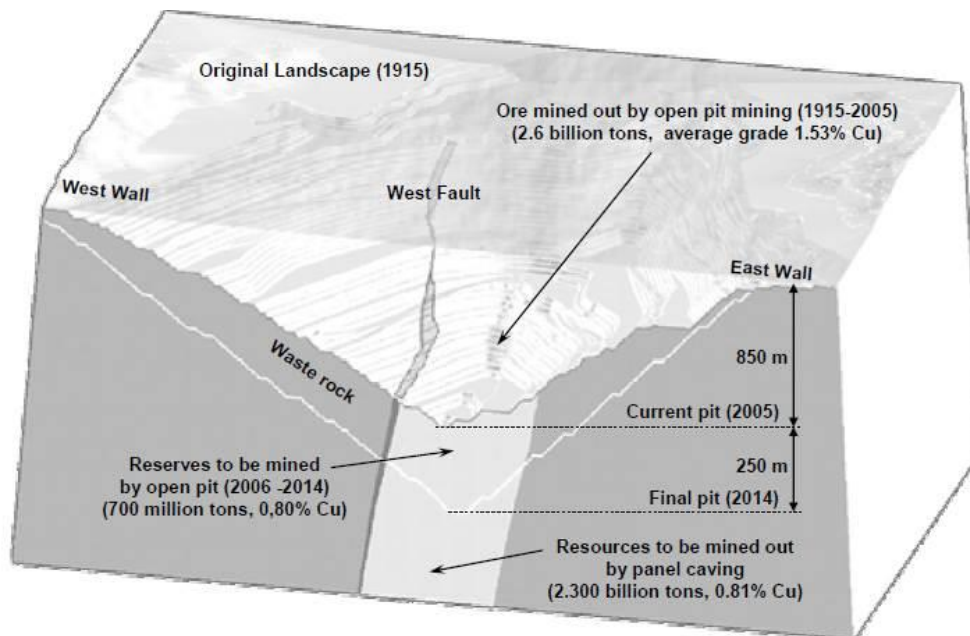
Der Tagebau von Chuquicamata (siehe Abbildung 3) ist mit einer Ausdehnung von rund 4 km Länge, 3 km Breite und einer Teufe von 1100 m neben Bingham, Utah, USA. der größte Tagebau der Welt. Seit Beginn der Tagebauförderung 1915 wurden bis heute rund 3,3 Milliarden t Kupfererz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 1,53 % Cu abgebaut. Aufgrund des mit zunehmender Teufe immer ungünstiger werdenden Erz-Abraum-Verhältnisses, hat der Tagebau mit seiner aktuellen Tagebauteufe von rund 1100 m seine finale Ausdehnung erreicht (siehe Abbildung 4) und die Schließung des Tagebaues soll spätestens im Jahr 2017 erfolgen (Olavarría et al. 2006).

Abbildung 3: Chuquicamata Tagebau



Quelle: Michael Tyler 2008

Abbildung 4: Tagebau und Erzkörper von Chuquicamata



Quelle: Olavarría et al. 2006

Die Gewinnung im Tagebau erfolgt mittels konventioneller Tagebaugewinnungsmethoden durch Bohren, Sprengen, Verladen mittels Schaufelbagger und Abtransport mittels Schwerlastkraftwagen (SLKW) zu den Brecheranlagen, die sich im Tagebau befinden (Mining Technology 2014).

Der Cu-Erzkörper von Chuquicamata fällt senkrecht ein und setzt sich unter dem bestehenden Tagebau in der Teufe fort. Nach sehr umfangreichen Erkundungsbohrungen, mit an die 60.000 m Bohrkernen, konnten bis in eine Teufe von 1.800 m weitere 2,3 Milliarden t Erz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 0,81 % Kupfer und 0,04 % Molybdän nachgewiesen werden. Seit Jahren wird daher an der Planung und Errichtung eines Untertagebaues in Blockbruchbauweise gearbeitet, der eine Grundfläche von 2.500 m mal 300 m bei einer Abbauhöhe von 250 m in drei Etagen vorsieht. Der Produktionsbeginn ist 2015 geplant und 2021 soll mit einer Jahresproduktion von 45 Millionen t Erz der Vollbetrieb erreicht werden (Olavarría et al. 2006).

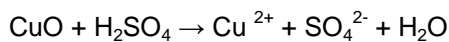
1.5 Aufbereitung, Verhüttung und Raffination

Die im Tagebau gewonnenen und gebrochenen Erze werden mittels unterirdischer Förderbänder zu den Mühlenbunkern befördert (Mining Technology 2014). Durch Mahlung und Flotation wird ein Cu-Konzentrat hergestellt, welches in einem Outokumpu-Schwebschmelzofen zu Kupferstein (Cu-Fe-Sulfide, circa 50 % Cu) geschmolzen wird. Insgesamt vier Pierce-Smith-Konverter stehen anschließend zur Verfügung, um den Kupferstein zu Blisterkupfer (Rohkupfer, ca. 98 % Cu) zu „verblasen“. Das Rohkupfer wird anschließend in insgesamt sechs Anodenöfen zu Anodenkupfer (99,8 % Cu) raffiniert (pyrometallurgische Raffination). Danach kommen die Kupferanoden in die Raffinationselektrolyse, wo Kathodenkupfer mit einer Reinheit von 99,99 % Cu gewonnen wird (Mining Technology 2014; VCH 1996).

In Jahr 2010 produzierte Chuquicamata rund 528.000 t Kathodenkupfer (aus Raffinationselektrolyse und Gewinnungselektrolyse) mit einer Reinheit von 99,99 % Cu sowie rund 10.700 t Molybdän. Weitere Nebenprodukte sind Anodenschlämme und große Mengen an Schwefelsäure (Codelco 2014).

Die Kupfererze der Tagebaue Radomiro Tomic und Mina Sur sind oxidischer Natur (Codelco 2014), die nicht durch pyrometallurgische Prozesse verhüttet werden, sondern mittels hydrometallurgischer Verfahren wie der Haufenlaugung. Dabei werden bei der Entschwefelung der Schmelzanlagen großen Mengen an Schwefelsäure verwendet. Radomiro Tomic ist auf eine jährliche Produktionskapazität von rund 300.000 t Kathodenkupfer ausgelegt (Codelco 2014).

Das Prinzip beim Laugungsverfahren ist, dass Kupfer aus oxidischen Erzmineralen (z.B. Cuprit Cu_2O bzw. Tenorit CuO) mittels verdünnter Schwefelsäure gelöst wird, gemäß folgender Reaktion:



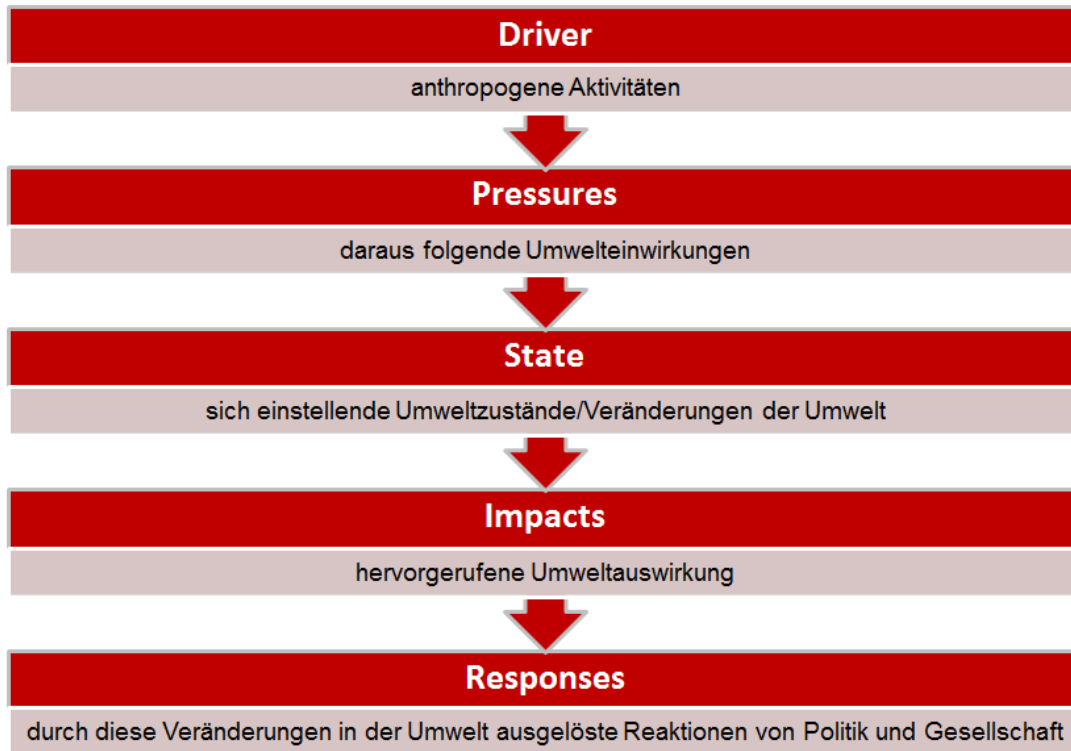
Bei der Haufenlaugung sickert die Schwefelsäure-Wasser-Lösung durch das Haufwerk unter normalen atmosphärischen Bedingungen und reichert sich mit Cu an. Die so gewonnenen Lösungen werden nach weiteren Anreicherungs- und Reinigungsschritten der Gewinnungselektrolyse zugeführt (Davenport et al. 2002).

Zunehmende Bedeutung gewinnt auch die bakterielle Laugung, die vor allem bei armen sulfidischen Erzmineralen Anwendung findet. Katalytische Enzyme spezieller Bakterien wie zum Beispiel *Thiobacillus Thiooxidans*, *Leptosprillum Ferrooxidans* oder *Thiobacillus Ferrooxidans* sind in der Lage den Laugungsvorgang deutlich zu beschleunigen, sodass auch sulfidische Erze und vor allem sulfidische Armerze wirtschaftlich gewonnen werden können (Davenport et al 2002).³

³ Für weiterführende Informationen zur Gewinnung von Kupfer (Pyrometallurgie, Hydrometallurgie, Raffination) sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen, wie z.B. Metallhüttenkunde (Pawlek 1983), Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (VCH 1996) oder Extractive Metallurgy of Copper (Davenport et al. 2002).

2 Umweltwirkungen

Abbildung 5: DPSIR-Modell



Der Fokus der Beschreibung der Umweltwirkungen liegt auf den Umwelteinwirkungen (pressures) SO₂-Ausstoß und dem hohen Wasserverbrauch sowie den dadurch hervorgerufenen Auswirkungen (impacts) auf Umwelt und Gesundheit sowie die Reaktionen (responses) in Form von Wasseraufbereitung und Umsiedlungen. Die Datenlage bezüglich der Umweltwirkungen von Chuquicamata ist als sehr schwierig einzuschätzen. Umfassende Studien konnten nicht gefunden werden. Deshalb wurde vor allem auf die Daten des OECD Environmental Performance Review von 2005 sowie die von CODELCO veröffentlichten Daten zurückgegriffen.

2.1 Umwelteinwirkungen (pressures)

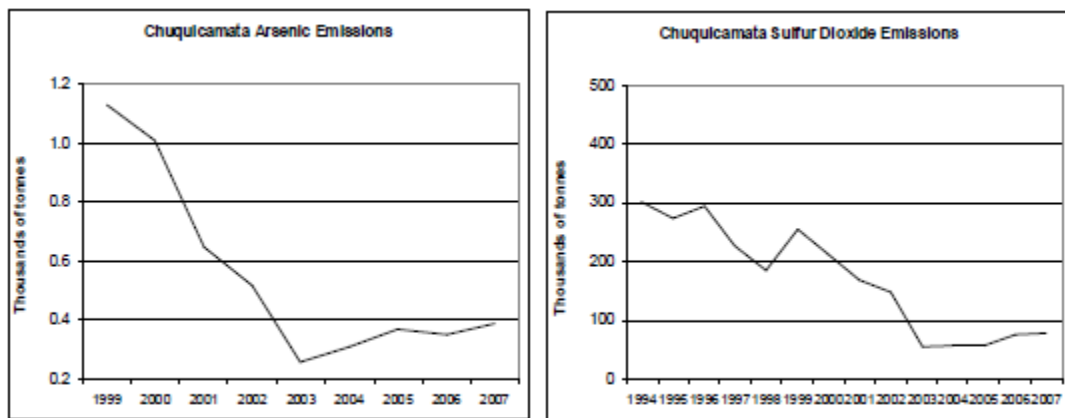


2.1.1 SO₂-Emissionen durch Verhüttung

Schwefeldioxid- und Arsenemissionen von Kupferhütten sind trotz einiger Verbesserungen ein weltweites Problem. Die metallurgische Industrie in Chile, die zu einem Großteil aus Kupferhütten besteht, stellt global die größte Quelle von SO₂ dar. Das Rösten beziehungsweise die Oxidation des Metallsulfids führt zur Emission von Schwefeldioxidgas, welches in

Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) aus dem Abgas entfernt werden muss, um Umweltprobleme zu vermeiden (Schippers et al. 2011). Von 1989 bis 2002 wurde seitens der sich im staatlichen Besitz befindlichen Hütten 1.500 Millionen US-Dollar investiert, davon die Hälfte in Chuquicamata, um die gesetzlich festgelegten Luftqualitätsstandards umzusetzen (Orihuela 2010). Dadurch konnten die Emissionen aller staatlichen Hütten von 2.002.000 t auf 540.000 t reduziert werden (OECD 2005). Im selben Zeitraum reduzierte Chuquicamata seine SO₂-Emissionen von rund 300.000 t auf unter 100.000 t (CODELCO 2011; siehe Abbildung 6 und Abbildung 7). Seit 2009 kam es jedoch wieder zu einem leichten Anstieg der SO₂-Emissionen. So wurden 2010 nach Angaben von CODELCO in Chuquicamata rund 115.000 t und 2011 110.000 t SO₂ emittiert (CODELCO 2011). Inwieweit dieser leichte Anstieg auf die Ausweitung der Produktion, Probleme mit den REA oder auf Veränderungen der Erzzusammensetzung zurückzuführen ist, konnte nicht ermittelt werden.

Abbildung 6: Chuquicamata Arsen- und Schwefeldioxidemissionen



Sources: CONAMA monitoring reports and CODELCO yearbooks

Quelle: Orihuela 2010

Abbildung 7: Emissionen der Schmelzen 2011

(EN20) SMELTER EMISSIONS 2011						
SMELTER	TYPE OF EMISSION	ANNUAL TOTAL (THOUSAND T)			ANNUAL LIMIT (THOUSAND T)	
		2009	2010	2011		
Chuquicamata Chuquicamata Division	SO ₂	90.6	115.1	109	A	
	MP	0.47	0.17	0.08	1.85	
	As	0.47	0.07*	0.52*	0.8	
Potrerillos Salvador Division	SO ₂	99.73	62	97.4	100	
	MP	0.55	0.85	1.1	5.5	
	As	0.1	0.46	0.6	0.8	
Ventanas Ventanas Division	S	10.16	7.8	6.92	45	
	MP	0.55	0.41	0.43	1	
	As	0.07	0.12	0.09	0.12	
Caletones El Teniente Division	SO ₂	141.1	128.47	60.56	A	
	MP	B	B	B	A	
	As	0.14	0.2	0.25	0.38	

Quelle: CODELCO 2011

2.1.2 Wasserverbrauch

Das Bergwerk Chuquicamata liegt in der Atacamawüste, die zu den trockensten Orten der Welt zählt. Im Durchschnitt beträgt die jährliche Niederschlagsmenge in der Region zwischen 0,6 bis 2,1 mm (Amos 2005; Feldt 2010). Im Vergleich dazu beträgt die jährliche Niederschlagsmenge in der Sahara im Durchschnitt 45,5 mm (Institute Water for Africa 2013). Dies bedeutet auch, dass viele Grundwasseraquifere sich nur sehr langsam regenerieren und damit als nicht erneuerbare Ressource zu betrachten sind (Grosjean und Veit 2005).

Dieser begrenzten Wasserverfügbarkeit steht der enorme Verbrauch des Chuquicamatabergwerks gegenüber. 2011 entnahm CODELCO für den Betrieb von Chuquicamata 56.118.000 m³ Oberflächenwasser sowie 9.000 m³ Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung (CODELCO 2011). Alle Bergbauaktivitäten in Region II⁴, zu der auch Chuquicamata gehört, stellen 70 % des gesamten Wasserverbrauchs der Region dar (OECD 2005). Der Großteil wird dabei für die Aufbereitung und Raffination verwendet.

Der Wasserverbrauch des gesamten Sektors stieg von 1990 bis 2002 um 23 %. Bisher machen der Bergbau und die dazugehörige Industrie etwa 20 % des chilenischen Wasserbedarfs aus (Vertrauliche Mitteilung 2014). Die staatliche chilenische Kupferkommission (COCHILCO) schätzt, dass sich der Wasserverbrauch der gesamten chilenischen Kupferindustrie bis 2020 verdoppeln wird (Business News Americas 2009). Aufgrund geplanter Investitionen soll der Wasserbedarf von 2009 bis 2017 sogar noch um 45 % steigen (Vertrauliche Mitteilung 2014). Genannte Gründe für den steigenden Wasserbedarf sind die Annahmen, dass die Kupfererzförderung insgesamt steigt, die Produktion von wasserintensiverem Kupferkonzentrat zunimmt und die Erzgehalte abnehmen (Gaete 2009).

Ausblick: Einfluss des Klimawandels auf den Wasser-Energie-Nexus

Eine ausreichende Wasserverfügbarkeit ist aus wirtschaftlicher Sicht nicht nur für den Bergbausektor, sondern auch für den Energiesektor in Chile von hoher Wichtigkeit. 40 % des chilenischen Stroms wird in Wasserkraftwerken gewonnen. Durch die Trockenheit in den Jahren 2009-2012 ist der Anteil der Wasserkraft in der Zentralregion – in der Wasserkraft im Winter teilweise mehr als 50 % der Stromzusammensetzung ausmacht – im September 2012 um 14 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr auf 40,3 % gefallen. Die alternative Nutzung von Erdgas gestaltet sich aufgrund von Versorgungsengpässen aus Argentinien und einer Exportweigerung Boliviens schwierig (SDGS 2010). Dementsprechend anfällig ist die Energieversorgung für Extremereignisse wie Dürren, Trockenheit oder Kälte (Feldt 2010).

Infolge des Klimawandels wird es in Chile aufgrund steigender Temperaturen zu einem Rückgang der Niederschläge und einem Rückzug der Gletscher kommen. Insbesondere im Norden und im Zentrum Chiles wird die Wasserverfügbarkeit durch verringerte Niederschläge weiter zurückgehen (National Environmental Commission 2010). Dies wird Folgen für die Energiesicherheit Chiles und den Bergbausektor haben. Zwar wird aufgrund der extremen Trockenheit des nördlichen Teils des Landes schon heute 99,6 % der dort benötigten Energie aus fossilen Brennstoffen bezogen (Lahsen et al. 2010). Obwohl die im Norden gelegenen Bergwerke ihre Energie aus fossilen Brennstoffen und nicht aus Wasserkraftwerken beziehen, wären sie durch den höheren Bedarf an fossilen Energieträgern und insgesamt höhere Energiepreise betroffen. Hinzu kommt der eigene Wasserverbrauch und die zunehmende Nutzung von energieintensiven Meerwasserentsalzungsanlagen für den Bergbau (siehe auch Kapitel 2.3.2).

⁴ Zur Region II zählen die Region Antofagasta, die Provinz Calama und Chuquicamata sowie der Bezirk rund um das Bergwerk Chuquicamata.

2.2 Umweltauswirkungen (impacts)



2.2.1 Auswirkungen auf Ökosysteme und Biodiversität

Es konnten keine umfassenden Studien zu den Auswirkungen des Kupfererzabbaus in Chuquicamata auf Biodiversität und Ökosysteme gefunden werden. Vereinzelt wird von erheblichen Auswirkungen auf die Biodiversität und bestimmte Tier- und Pflanzenarten berichtet, ohne diese jedoch weiter zu spezifizieren (Feldt 2010). Núñez und Grosjean (2003) beschreiben die Auswirkungen auf den Loafluss und umgebende Feuchtgebiete, die durch Emissionen und Wasserentnahme erheblich beeinträchtigt wurden. Einige Feuchtgebiete sind vollkommen verschwunden oder stark geschrumpft. Ebenso ist eine große Anzahl endemischer Arten verschwunden. Problemverstärkend wirkt dabei die hohe Vulnerabilität der Ökosysteme der Atacamawüste.

2.2.2 Gesundheitsauswirkungen

Der Kupferabbau in Chile hat gesundheitliche Folgen, die sowohl die Bergbauarbeiter als auch die lokale Bevölkerung betreffen. Unter Bergbauarbeitern treten vor allem gesundheitliche Probleme in Form von Gehörschäden und Silikose (Staublungenkrankheit) auf. Zudem stellt die Arbeit in großen Höhen von bis zu 3.000 m ein erhöhtes Risiko für Arbeiter mit Herz-Kreislauf- und Lungenproblemen dar (Elgstrand und Vingard 2013). Ebenso wird von Belastungen der Atemwege durch mit Arsen und Schwermetallen belasteten Feinstaub berichtet (Uebelstädt 2010). Die negativen Gesundheitsauswirkungen der Umweltwirkungen des Chuquicamatabergwerks und seiner Aufbereitungsanlagen waren so stark, dass sich CODELCO 2002 dazu entschloss die gesamte Stadt Chuquicamata umzusiedeln, da die Gesundheit der Bewohner nicht garantiert werden konnte (BBC 2002).

2.3 Reaktionen (responses)



2.3.1 Wasseraufbereitung

Um die steigende Wassernachfrage zu decken, hat CODELCO in Chuquicamata damit begonnen, eine semi-industrielle Wasseraufbereitungsanlage zu bauen, um den Sulfat- und Schwermetallgehalt im Abwasser zu verringern. Das behandelte Wasser soll in den industriellen Prozessen des Bergwerks wieder verwendet werden (Business News Americas 2011). Es konnten keine Berichte über die Inbetriebnahme der Anlage gefunden werden. Die Wiederverwertungsrate für Wasser in Chuquicamata beträgt nach Angaben von CODELCO 85 % (CODELCO 2011).

Für den 4 km von Chuquicamata entfernten Tagebau Radomiro Tomic hat CODELCO damit begonnen, eine Meerwasserentsalzungsanlage zu bauen. Diese Anlagen verbrauchen erhebliche Mengen an Energie und benötigen lange Pipelines, um das Wasser von der Küste in die Bergwerksregionen zu transportieren – im Fall von Radomiro Tomic wird die Pipeline eine Länge von 160 km aufweisen (Exchange Rates 2013). Da die Entsalzung des Meerwassers

sehr aufwendig und wenig ergiebig ist, wird derzeit geprüft, ob die direkte Nutzung des Salzwassers eine Alternative für den Bergbausektor darstellt (Vertrauliche Mitteilung 2014). Bis in das Jahr 2020 wird aufgrund des Wachstums des Bergbausektors mit einem Anstieg der Meerwassernachfrage um 577 % und mit einem um 68 % gesteigerten Energieverbrauch durch Entsalzungsanlagen und Pumpleistung gerechnet (de Solminihac 2013). Derzeit existieren mehr als 15 Projekte zur Meerwasserentsalzung. Es wird geschätzt, dass private Investitionen in Meerwasserentsalzungsanlagen in den nächsten Jahren auf 3,9 Milliarden US-Dollar steigen werden. Neben den Investitionen in teure Entsalzungsanlagen werden jedoch auch andere Lösungsansätze diskutiert und getestet. In der nördlichen Region Atacama werden Methoden und Technologien getestet, um Wasser aus Talsenken aufzubereiten und wiederzuverwerten. Dabei werden Talsenken ausgekleidet, um Oberflächenwasser zu sammeln. Ein Pilotprojekt umfasst drei Talsenken in Lateinamerika und hat ein Gesamtinvestitionsvolumen von 4,6 Millionen Euro. Gleichzeitig gibt es Pläne, Süßwasser aus dem Süden mittels einer Pipeline auf dem Meeresgrund in den Norden zu transportieren. So wird diskutiert, Wasser aus dem durch den Süden fließenden Río Biobío in das 2.500 km entfernte Arica im Norden Chiles zu leiten. Studien zufolge soll das rund 15 Milliarden US-Dollar teure Projekt mit einer Dauer von 15 bis 20 Jahren langfristig günstiger sein, als die Meerwasserentsalzung. Da langfristige Lösungen wie der Süd-Nord-Transport bisher nicht absehbar sind, wird die Einsatzmöglichkeit von Salzwasser geprüft und vorhandene Ressourcen möglichst effektiv und effizient genutzt (Vertrauliche Mitteilung 2014).

2.3.2 Umsiedlung von Chuquicamata

Bedenken bezüglich der Umweltrisiken und möglicher gesundheitlichen Folgen sowie neue Umweltstandards und die Schaffung von Platz für neue Abraumhalden führten zur Umsiedlung der Stadt Chuquicamata in die nahegelegene Stadt Calama. Diese Umsiedlung umfasste circa 3.000 Familien oder 15.000 Personen und kostete circa 200 Millionen US-Dollar (Henao 2012; Orihuela 2010; Terminski 2012; BN Americas 2004).

3 Governance, Sozialauswirkungen und Konfliktstrukturen

3.1 Sektorgovernance, Umweltgesetzgebung und Effektivität staatlicher Institutionen

Die Regulierung des Bergbausektors beruht auf dem seit Mitte der 70er angewandten Chilenischen Modell, welches auf marktliberalen Grundsätzen basiert. Die Wahrung von Eigentumsrechten stand dabei im Vordergrund und dem Staat wurde eine eher untergeordnete Rolle zugewiesen (Bastida et al. 2005). Den gesetzlichen Rahmen stellt der chilenische Mining Code von 1983 dar, der dem Staat das Eigentumsrecht (beziehungsweise Verfügungsrecht) an mineralischen Rohstoffen überträgt. Bergbauunternehmen erhalten vom Staat Konzessionen, welche zum Beispiel die Größe von Explorations- und Abbaugebieten, zeitliche Rahmenbedingungen sowie Rechte und Pflichten von Unternehmen regeln. Konzessionen können auf andere Unternehmen übertragen werden (C-Tempo 2010).

Chile erlebte seit 1990 eine wachsende Sensibilisierung in der Umweltpolitik. Ab 1994 wurden allgemeine Umweltrichtlinien eingeführt, deren Umsetzung jedoch nur ungenügend kontrolliert wurde (SDGS 2010). Deshalb wurde 2010 das Ministerium für Umwelt (MMA) ins Leben gerufen. Die Durchsetzung internationaler Standards sowie der Wunsch der Konsumenten nach nachhaltiger Produktion werden als treibende Kräfte beim Wandel der chilenischen Umweltpolitik und der Einführung von grünen Technologien im Bergbausektor beschrieben (Medina und Medina 2012). Die Verbesserung der Umweltpolitik lässt sich gut am Rückgang der SO₂- und Arsenemissionen illustrieren. So wurden mit Hilfe entsprechender Gesetze und Investitionen die Arsenemissionen von 1,2 Millionen t (1999) auf 0,4 Millionen t (2007) und SO₂-Emissionen von 1,968 Millionen t (1994) auf 1,372 Millionen t (2000) gesenkt (Orihuela 2010; Newbold 2006; UNFCCC 1999; UNFCCC 2011). Dabei spielten Dekontaminations-beziehungsweise Präventionspläne sowie konsequente Kontrollmaßnahmen der Umweltqualitätsnormen eine wichtige Rolle. Die merklichen Verringerungen der SO₂-Emission sind auch in Abbildung 6 und Abbildung 7 zu sehen. Trotz großer Fortschritte bleiben weitere Maßnahmen jedoch erforderlich und werden angestrebt (Feldt 2010). Im April 2010 wurde das Strategic Regulation Programme veröffentlicht und im März 2011 implementiert. Ziel ist unter anderem eine weitere Reduktion der SO₂-Emissionen der Kupferhütten zu erreichen (OECD 2011).

Um die Arbeit des 2010 gegründeten Umweltministeriums (MMA) zu unterstützen, wurden weitere Umweltinstitutionen, zum Beispiel der Ministerrat für Nachhaltigkeit, die Behörde für Umweltverträglichkeit, die Behörde für Biodiversität und Naturschutzgebiete und der Kommissar für Umwelt, etabliert (The Canada-Chile Commission for Environmental Cooperation 2011). Umweltverträglichkeitsstudien (EIA) für größere Projekte und Umweltverträglichkeitserklärungen (DIA) für kleinere Projekte werden innerhalb des Umweltverträglichkeitsprüfungssystem (SEIA) durchgeführt (The Canada-Chile Commission for Environmental Cooperation 2011). Überprüfungen von Umweltauflagen erfolgen in einem mehrstufigen Verfahren, bei dem die Bevölkerung eingebunden wird und Einwände erheben kann. Jedoch besteht kein gesetzlicher Zwang für die Unternehmen auf die Einwände einzugehen (SDGS 2010).

Problematisch bleibt die Überprüfung der Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsstandards. Trotz der oben genannten Fortschritte, treten vor allem Schwierigkeiten bei der flächendeckenden Überwachung auf. Zum Beispiel ist das Servicio Nacional de Geología y Minería für die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen in den Bergwerken zuständig, hat jedoch keine ausreichenden personellen Kapazitäten, um eine Überwachung sicherzustellen.

So kam es zwischen 2004 und 2006 gehäuft zu Unfällen im San José Bergwerk. Dieses wurde jedoch erst nach einem weiteren tödlichen Unfall 2007 durch die Behörde geschlossen (Feldt 2010). Auch bei der Durchführung von EIAs und der Umsetzung von DIAs treten Probleme auf. So kommt es immer wieder zu Klagen vor dem Obersten Gerichtshof von NRO und lokalen Gemeinden, die die Entscheidungen der entsprechenden Behörden anfechten (Medina und Medina 2012). Sie kämpfen vor allem für eine Offenlegung und Beendigung illegaler Praktiken bei der Bewertung von Umweltauswirkungen. Insbesondere wird dabei das Vorgehen kritisiert, Großprojekte in mehrere kleinere Projekte umzuwandeln, um die Umweltauswirkungen geringer einschätzen zu lassen (Medina und Medina 2012).

Neben der Regierung haben die Bergbauunternehmen mit der Einführung von freiwilligen Umweltstandards begonnen. Wichtige Treiber sind hier die Bedenken bezüglich möglicher Handelsbeschränkungen bei Nichteinhaltung internationaler Standards (Orihuela 2010). So werden zum Beispiel vom staatlichen Bergbauunternehmen CODELCO im Zuge einer Transparenzkampagne jährliche Nachhaltigkeitsstudien veröffentlicht. Zudem wurden Absichtserklärungen zur Reduzierung von AMD (acid mine drainage) und sorgsamem Umgang mit Abfall und Energie zwischen dem Staat und privaten Bergbauunternehmen unterzeichnet (Bastida et al. 2005).

Die Sektorgovernance wird allgemein als gut bewertet. Dies zeigt sich unter anderem am 8. Ranglistenplatz Chiles von 58 untersuchten Ländern im Resource Governance Index des Revenue Watch Institute. Die Korruptionskontrolle, Ausgabentransparenz, Regierungseffektivität, Rechtsstaatlichkeit und das demokratische Mitspracherecht werden als hoch eingestuft (Revenue Watch Institute 2013). Chile belegt zudem beim Korruptionsindex von Transparency International Rang 20 von 174 untersuchten Ländern (Transparency International 2012).⁵ Beim (Fraser) Policy Potential Index⁶ erreicht Chile 67,7 (von 100 Punkten). Obwohl dieser Wert im Gegensatz zu 2008 gesunken ist, kommt Chile auf den höchsten Wert in Südamerika. Im Vergleich zu den 96 untersuchten Ländern belegt Chile Platz 23. Chile hat außerdem die ILO (International Labour Organisation) Konvention C169 zur Wahrung der Menschenrechte, Schutz der indigenen Bevölkerung und zum Verbot von Diskriminierung ratifiziert (ILO 2012; ILO 2013).

3.2 Allgemeine Konfliktgeschichte rund um Bergbau

Die Geschichte Chiles ist eng mit Konflikten rund um natürliche Ressourcen verbunden. Einer der frühen Höhepunkte war der Salpeterkrieg von 1879 bis 1883 zwischen Chile auf der einen und Bolivien und Peru auf der anderen Seite. Er endete mit der Abtretung großer, rohstoffreicher Gebiete und der gesamten bolivianischen Küste an Chile (Auswärtiges Amt 2013). Dies hat bis heute Einfluss auf die Beziehungen der Staaten und führt immer wieder zu Spannungen vor allem mit Bolivien, das als Folge den Export von Erdgas verweigert (SDGS 2010; Long 2013).

Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung für das Land, waren mit dem Kupferabbau zunehmend politische Interessen verbunden. So wurden die größten Kupferbergwerke unter der Regierung Allendes 1971 verstaatlicht (Henao 2012). Während der folgenden Militärdiktatur unter Pinochet kam es zur Privatisierung großer Teile des Bergbausektors. Die Kupferproduktion blieb jedoch in der Hand des Staates. Obwohl Pinochet die Privatisierung auf fast allen Gebieten vorantrieb, blieb CODELCO aus strategischen Gründen im Staatsbesitz und 10 % der mit Kupfer generierten Einnahmen gingen direkt an das Militär (Coz Léniz 2010). Noch entscheidender

⁵Zum Vergleich: Deutschland belegte Platz 13.

⁶Der Policy Potential Index (PPI) stellt eine umfassende Bewertung des rohstoffpolitischen Systems eines Landes dar in Bezug auf politische Stabilität, geologischen Datenbestand, Infrastruktur, Unregelmäßigkeiten im Verwaltungsvollzug, Vollziehung und anderes (Wilson et al. 2013).

behielt die Regierung durch die Kontrolle des größten chilenischen Unternehmens die Möglichkeit, Arbeitsplätze zu schaffen und eine starke Position gegenüber der größten chilenischen Gewerkschaft zu bewahren. Gewerkschaftler wurden wie andere Regimegegner interniert, gefoltert und ermordet, darunter auch Gewerkschafter aus Chuquicamata (Finn 1998). Die große Macht der Gewerkschaften wurde unter der Herrschaft Pinochets reduziert und ist bis heute nicht wiederhergestellt worden (Nem Singh 2010). Im Vergleich zu anderen Staaten ist ihre Verhandlungsmacht gering, nur 12 % der Arbeitskräfte sind Mitglieder von Gewerkschaften. Stattdessen dominieren starke Unternehmensverbände (BTI 2012).

Eine Wirtschaftskrise in den frühen 1980er Jahren resultierte in einer Reihe von Protesten, angeführt durch die Copper Miners Union. Die Regierung setzte mehr als 17.000 Soldaten ein, um die Demonstrationen gewaltsam niederzuschlagen (Gilmore 2013). Eine erstarkende Opposition seit Ende der 1970er Jahre führte 1990 schließlich zum Sturz der Militärregierung und zur Rückkehr zur Demokratie (Finn 1998). Trotz der durch die lange Diktaturherrschaft geschwächten Gewerkschaften kommt es auch heute immer wieder zu Streiks und Protesten. Gründe sind unter anderem schlechte Arbeitsbedingungen sowie der Kampf für eine bessere Bezahlung und Beschäftigungsgarantien. 2012 kam es im Zusammenhang mit dem Umbau zum Untertagebau zu Protesten der Arbeiter im Chuquicamatabergwerk (The Santiago Times 2012). Diese fürchteten einen Stellenabbau und forderten gleichzeitig aufgrund des stark gestiegenen Kupferpreises eine höhere Beteiligung an den Gewinnen (The Santiago Times 2012). Im gleichen Jahr streikte ein Teil der Arbeiter erneut, um bessere Löhne und Arbeitsbedingungen einzufordern. Laut der Confederation of Copper Workers⁷ ist ein Großteil der Beschäftigten durch Unteraufträge ohne Sicherheiten und zu schlechter Bezahlung in der Kupferindustrie beschäftigt (Jarroud 2012). 2013 wurde in Chuquicamata erneut gestreikt, diesmal um gegen die Auslagerung der Sicherheitsprogramme und die Privatisierung der Gesundheitsleistungen zu demonstrieren (Catalán 2013).

Neben diesen Konflikten, spielen Ressourcenkonflikten rund um Wasser und Energie eine große Rolle in Bezug auf Chuquicamata. Der stark wachsende Bergbausektor seit den 1980er Jahren, zusammen mit der Privatisierung des Wassers hat die Konflikte um Wasser in der Region verstärkt. In der wasserknappen Atacamawüste steht die Nachfrage der Bergbau- und Raffinationsindustrie nach Wasser in direkter Konkurrenz zur Landwirtschaft und Trinkwassernutzung der indigenen sowie durch den Bergbau angesiedelten Bevölkerung. Verschärfend wirkte die Regulierung des Wassersektors durch den *Water Code* von 1981, der Wasser zu einem frei handelbaren Gut machte. Dies führte zur Konzentration von Wassernutzungsrechten in der Hand weniger Großgrundbesitzer und internationaler Unternehmen ohne Mitspracherecht der Bevölkerung und wenige staatlichen Kontrollen (Feldt 2010).

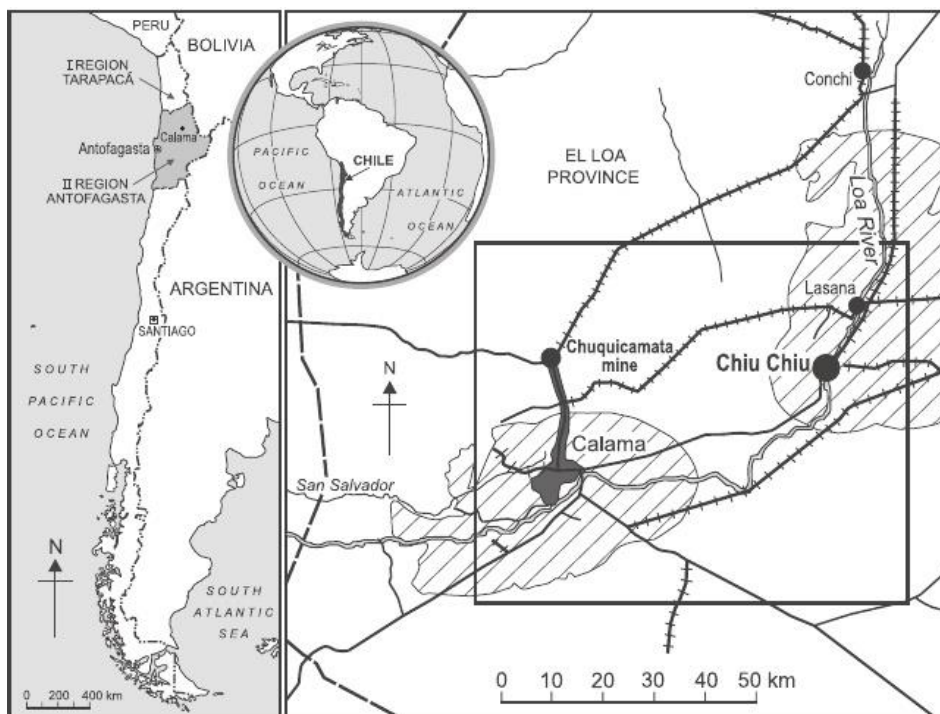
Ein Beispiel für einen solchen Konflikt ist der Konflikt zwischen der indigenen Bevölkerungsgruppe der Chiu-Chiu und CODELCO rund um das Loa-Becken (siehe Abbildung 8; Forensic Arcitecture 2013; Camacho 2012). CODELCO kaufte im Zuge der Privatisierung des Wassers die Wasserrechte in der Region um das Loa-Becken, ohne die Belange der indigenen Bevölkerung miteinzukalkulieren. Obwohl diese traditionell die Wasserquellen nutzten, verloren sie ihre Nutzungsrechte, da sie sich nicht der Privatisierung und der benötigten Geltungsmachung ihrer traditionellen Nutzungsrechte bewusst waren. Ebenso gab es Vorwürfe, dass CODELCO mehr Wasser nutzte als es Nutzungsrechte besaß (Barrionuevo 2009). Der hohe Wasserverbrauch hatte erheblichen Auswirkungen auf die den Chiu-Chiu als Lebensgrundlage dienenden Aktivitäten im Bereich der Landwirtschaft (Molina Camacho 2012). Zusätzlich kam es 1997 zu einer Verschmutzung des Loafusses, was die Bewässerung der Felder und Versorgung der Tiere durch Flusswasser für zwei Jahre unmöglich machte (Barrionuevo 2009). Obwohl Schwermetalle im Wasser festgestellt wurden, konnte CODELCO

⁷ Vereinigung der Kupferarbeiter

nie für die Verschmutzung verantwortlich gemacht werden. Ohne geeignetes Wasser für die Landwirtschaft zu haben, sahen sich viele Bewohner der am Loafluss in der Region Antofagasta gelegenen Ortschaft Quillaguas gezwungen, ihr Dorf zu verlassen (Barrionuevo 2009).

Aufgrund dieser Probleme und Konflikte kam es 2013 zur friedlichen Demonstration in Santiago von mehr als 100 Organisationen und 6.000 Menschen für die Abschaffung des *Water Code* und die stärkere staatliche Kontrolle bezüglich der Nutzung und Verwaltung von Trinkwasser (Jarroud 2013a).

Abbildung 8: Laobecken und Gebiet der Chiu-Chiu



Quelle: Ministerio de Obras Públicas 2009 in Molina Camacho 2012

3.3 Konfliktmanagement und Kompensationsmechanismen

Da die größten Konflikte bei Chuquicamata im Zusammenhang mit der gemeinsamen Nutzung der knappen Wasserressourcen durch Bergbauunternehmen und indigenen Bevölkerung entstehen, wurde ein Abkommen zwischen CODELCO und der regionalen Verwaltung zur Verbesserung der Situation der ländlichen Regionen und Unterstützung der vom Bergbau betroffenen indigenen Gemeinden beschlossen. Die aus diesem Abkommen folgenden Maßnahmen wurden im so genannten PAC (Programa de Apoyo Compartido) zusammen gefasst. Dieses beinhaltet unter anderem den Ausbau von Bewässerungskanälen, besseren Zugang zu Wasserressourcen und die Verminderung der Armut durch Infrastruktur und soziale Projekte sowie die Bekämpfung der zum Teil vorherrschenden Ausgrenzung und Diskriminierung der indigenen Bevölkerung (IDRC 2003). Dieses Engagement wird von der ansässigen indigenen Bevölkerung zwar als positiv, jedoch nicht als ausreichend und konfliktlösend wahrgenommen. Problematisch ist, dass bis jetzt weder der Wasserbedarf CODELCOs entscheidend gesenkt werden konnte, noch eine gerechtere Verteilung der Wasserrechte erreicht wurde. Damit besteht auf Seiten der indigenen Bevölkerung weiterhin Konfliktpotential (Molina Camacho 2012). Als Reaktion auf diese Konflikte und auf die in 2.4.1

kurz erwähnte Konvention 169, äußerte CODELCO 2011 den Willen, die Lebensweisen der indigenen Völker stärker in Betracht zu ziehen (CODELCO 2011). Inwiefern diese Ankündigung von CODELCO umgesetzt wurde, ist schwer nachzuvollziehen und wird von verschiedenen Autoren in Frage gestellt (Pereira 2013; Molina Camacho 2012).

Die Rücknahme der Privatisierung von Wasser und die Reform des *Water Code* werden in der chilenischen Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Obwohl die Regierung die Problematik anerkennt, wird darauf verwiesen, dass die mögliche Kompensation der Eigner der Wasserrechte mit einer zu hohen finanziellen Belastung für den Staat verbunden sei (Witte 2010).

Für die Umsiedlung der in Chuquicamata lebenden Familien nach Calama wurden vom Bergwerksbetreiber CODELCO 2.400 neue Häuser für mehr als 220 Millionen US-Dollar errichtet (Terminski 2012). Hierzu kam es zu einem Ausbau und einer Umstrukturierung Calamas, die ebenfalls durch CODELCO unterstützt wurde. So wurden zusätzlich zur Unterstützung der kommunalen Entwicklung, Schulungen zum Umweltschutz sowie Aufklärung der Gemeinde zur Ansiedlung gefördert. Berichte über Konflikte konnten nicht gefunden werden.

Tabelle 2: Index Chile

Index	Ranking
Failed State Index	Rang 152 von 177 Staaten (2013)
The Worldwide Governance Indicators Project:	Prozent (2011)
<ul style="list-style-type: none"> • Voice and Accountability • Political Stability • Government Effectiveness • Regulatory Quality • Rule of Law • Control of Corruption 	<ul style="list-style-type: none"> • 81,2 • 65,1 • 83,9 • 93,4 • 88,3 • 91,9
Freedom House:	1 – 7 (2013)
<ul style="list-style-type: none"> • Political Rights Score • Civil Liberties Score • Freedom Rating • Status 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 • 1 • 1,0 • Free
Human Development Index	Rang 40 von 186 Staaten (2013)
Corruption Perceptions Index	Rang 20 von 174 Staaten (2012)
Doing Business	Rang 37 von 185 Staaten (2012)

Literaturverzeichnis

- Amos, J. (2005): Chile desert's super-dry history, BBC NEWS.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4437153.stm>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Anderson, S. und The Mineral Industry of Chile (2013): U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2011/myb3-2011-ci.pdf>. Aufgerufen am 09.09.2013.
- Auswärtiges Amt (2013): Chile - Außenpolitik. http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Chile/Aussenpolitik_node.html. Aufgerufen am 21.08.2013.
- Barrionuevo, A. (2009): Chilean Town Withers in Free Market for Water. New York Times.
http://www.nytimes.com/2009/03/15/world/americas/15chile.html?pagewanted=all&_r=0. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Bastida, E.; Irrarázabal, R. und Labó, R. (2005): Mining Investment and Policy Developments: Argentina, Chile, Peru. University of Dundee, Vereinigtes Königreich.
http://www.dundee.ac.uk/cepmlp/journal/html/Vol16/Vol16_10.pdf. Aufgerufen am 14.08.2013.
- BBC (2002): Mining town moves to avoid pollution.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/2399591.stm>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Bourke, G. (2012): Codelco to approve Chuquicamata underground before year-end.
<http://www.bnamericas.com/news/mining/codelco-to-approve-chuquicamata-underground-before-year-end>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- BTI (2012): Chile Country Report. <http://www.bti-project.de/fileadmin/Inhalte/reports/2012/pdf/BTI%202012%20Chile.pdf>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2013): Deutsch-Chilenische Rohstoffpartnerschaft vereinbart.
<http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=547974.html>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Business News (BN) Americas (2004): Codelco's Chuquicamata resettlement to cost US\$200mn.
http://www.bnamericas.com/news/mining/Codelco%27s_Chiquicamata_resettlement_to_cost_US*200mn. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Catalán, S.B. (2013): Chile: Labour and education protest intensify.
<http://www.equaltimes.org/news/chile-labour-and-education-protests-intensify>. Aufgerufen am 24.09.2013.
- CIA (2013): Chile: Economy. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ci.html>. Aufgerufen am 21.08.13.
- CODELCO (2014): Operaciones.
http://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/operaciones.html. Aufgerufen am 20.04.2014.
- CODELCO (2011): Sustainability Report.
http://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20120530/asocfile/20120530115150/anual_report_2011.pdf. Aufgerufen am 20.09.2013.

CORFO (2011): Invest Chile. Chilean Economic Development Agency. <http://www.unido.it/americalat/Mining%20Cluster%20in%20Chile%5B1%5D.pdf>. Aufgerufen am 20.08.2013.

Corruption Perception Index (2012): Corruption Perception Index 2012. <http://cpi.transparency.org/cpi2012/results/>. Aufgerufen am 30.09.2013.

Coz Lénin, F. (2010): Histories of nationalization and privatization: the cases of Chilean and Zambian Copper Industries. <http://www.eisourcebook.org/cms/Histories%20of%20Nationalization%20and%20Privatization.pdf>. Aufgerufen am 20.09.2013.

C-Tempo (2010): Country Dossier on Mining & Minerals Chile. http://www.c-tempo.org/studies/Country_Dossier_CHILE.pdf. Aufgerufen am 11.09.2013.

Davenport, W.G.; King, M.; Schlesinger, M. und Biwas, A.K. (2002): Extractive Metallurgy of Copper, 4. Ausgabe, Elsevier Science Ltd.

de Solminihac, H. (2013): Chile and Australia, Cooperation to face mining challenges. Ministry of Mining, Government of Chile. <http://www.dgm.gov.do/pdf/chile.pdf>. Aufgerufen am 13.08.2013.

Deutsches Kupferinstitut (2014): Kupferbergwerk Chuquicamata in Chile. <https://www.kupferinstitut.de/de/werkstoffe/system/herstellung-kupfer.html>. Aufgerufen am 12.12.2014.

Doing Business (2013): Rankings. <http://www.doingbusiness.org/rankings>. Aufgerufen am 30.09.2013.

Edelstein, D.L. (2013): Copper [Advanced Release] - 2011 Minerals Yearbook. U.S. Geological Survey. S.204.

Elgstrand, K. und Vingard, E. (2013): Occupational Safety and Health in Mining Anthology on the situation in 16 mining countries. Universität Göteborg. NR 2013:47(2). https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/32882/1/gupea_2077_32882_1.pdf. Aufgerufen am 19.08.2013.

Exchange Rates (2013): CODELCO submits to 5,400 million dollars project environmental assessment. <http://convertocurrency.com/news/codelco-submits-to-5400-million-dollars-project-environmental-assessment>. Aufgerufen am 20.09.2013.

Failed State Index (2013): The Failed State Index 2013. <http://fp.statesindex.org/rankings-2013-sortable>. Aufgerufen am 30.09.2013.

Feldt, H. (2010): Current issues in the Chilean mining sector, Sustainable Development Strategies Group.

Finn, J.L. (1998): Intimate Strangers, The Interlocking Histories of Butte, Montana and Chuquicamata, Chile. In: Montana The Magazine of Western History, Vol.48, Nr. 3. <http://mhs.mt.gov/education/cirguides/Finn%20Butte.pdf>. Aufgerufen am 16.08.2013.

Forensic Architecture (2013): Atacama Desert Project. <http://www.forensic-architecture.org/investigations/atacama-desert-project/>. Aufgerufen am 20.09.2013.

Freedom House (2013): Freedom in the World. <http://www.freedomhouse.org/>. Aufgerufen am 30.09.2013.

- Freemaps (2013): Screenshot of Chile. <http://www.maps-for-free.com/>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Gaete, P. (2009): Chilean report raises doubts about water availability for copper. <http://www.minesandcommunities.org/article.php?a=9654>. Aufgerufen am 12.05.2014
- Gilmore, M. (2013): The Pinochet Regime and Chilean Politics. <http://www.e-ir.info/2013/04/03/the-pinochet-regime-and-chilean-politics/>. Aufgerufen am 03.10.2013.
- Grosjean, M. und Veit, H. (2005): Water Resources in the Arid Mountains of the Atacama Desert (Northern Chile): Past Climate Changes and Modern Conflicts. University of Bern.
- Henao, L.A. (2012): Chile's huge open-pit copper mine goes underground. Associated Press. URL: <http://finance.yahoo.com/news/chiles-huge-open-pit-copper-mine-goes-underground-155034242--finance.html>. Aufgerufen am 15.08.2013.
- Human Development Index (2013): International Human Development Indicators. <http://hdrstats.undp.org/en/countries/profiles/USA.html>. Aufgerufen am 30.09.2013.
- IndexMundi (2013): Chile GDP – per capita (PPP). http://www.indexmundi.com/chile/gdp_per_capita_%28ppp%29.html. Aufgerufen am 13.08.2013.
- Institute Water for Africa e.V. (2013): Wüste Klima im Wandel. <http://www.water-for-africa.org/de/saharaklima.html>. Aufgerufen am 30.09.2013.
- International Development Research Centre (IDRC) (2003): Mining Companies and Local Development. ICRD, Canada. http://www.commdv.org/files/1315_file_mining_companies_and_local_development.pdf. Aufgerufen am 12.09.2013.
- ILO (International Labour Organization) (2013): Convention No. 169. <http://www.ilo.org/indigenous/Conventions/no169/lang--en/index.htm>. Aufgerufen am 11.09.2013.
- ILO (International Labour Organization) (2012): Ratifications for Chile. http://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:11200:0::NO::P11200_COUNTRY_ID:102588. Aufgerufen am 16.08.2013.
- Jarroud, M. (2013): Mining and logging companies „leaving all of Chile without water“. <http://www.theguardian.com/global-development/2013/apr/24/mining-logging-chile-without-water>. Aufgerufen am 12.09.2013.
- Jarroud, M. (2012): Outsourced Chilean Copper Workers “21st Century Slave Labour”. <http://www.ipsnews.net/2012/05/outsourced-chilean-copper-workers-21st-century-slave-labour/>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Lahsen, A.; Munoz, N. und Angel Parada, M. (2010): Geothermal Development in Chile. Proceedings World Geothermal Congress 2010. <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0118.pdf>. Aufgerufen am 20.10.2013.
- Long, G. (2013): Bolivia- Chile land dispute has deep roots. BBC. <http://www.bbc.co.uk/news/world-latin-america-22287222>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Medina, F.C. und Medina, L.C. (2012): The Environmental Institution in Chile, A Political Representation of the Ecological Crisis. Auf: 2012 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change. Friedrich-Schiller-Universität Jena, University of Chile. http://www.berlinconference.org/2012/wp-content/uploads/2013/01/Campos_Medina-

The_Environmental_Institution_in_Chile_A_Political_Representation-330.pdf. Aufgerufen am 16.08.2013.

Meller, P. und Simpasa, A.M. (2011): Rolge of Copper in the Chilean & Zambian Economies: Main Economic and Policy Issues. Global Development Network: GDN Working Paper Series. http://www.gdn.int/admin/uploads/editor/files/WP43_Chile_Zambia_Copper.pdf. Aufgerufen am 12.05.2014.

Menzie, W.D., Soto-Viruet, Y., Bermúdez-Lugo, O., Mobbs, P.M., Perez, A.A., Taib, M. und Wacaster, S. (2013): Review of Selected Global Mineral Industries in 2011 and an Outlook to 2017. U.S. Geological Survey Open File Report 2013-1091. <http://pubs.usgs.gov/of/2013/1091/>. Aufgerufen am 20.10.2013.

Mining Technology (2014): Chuquicamata Copper Mine, Chile. <http://www.mining-technology.com/projects/chuquicamata-copper/>. Aufgerufen am 20.04.2014.

Molina Camacho, F. (2012): Competing rationalities in water conflict: Mining and the indigenous community in Chiu Chiu. http://www.academia.edu/1907877/Competing_rationalities_in_water_conflict_Mining_and_the_indigenous_community_in_ChIU_ChIU_EI_Loa_Province_northern_Chile. Aufgerufen am 20.09.2013.

National Environmental Commission (2010): National Climate Change Action Plan. http://www.mma.gob.cl/1304/articles-49744_Plan_02.pdf. Aufgerufen am 20.09.2013.

Nem Singh, J.T. (2010): Governing the Extractive Sector: The Politics of Globalization and Copper Policy in Chile. http://www.criticalglobalisation.com/Issue3/60_88_COPPER_POLICY_CHILE_JCGS3.pdf. Aufgerufen am 20.09.2013.

Newbold, J. (2006): Chile's environmental momentum: ISO 14001 and the large-scale mining industry e Case studies from the state and private sector, in: *Journal of Cleaner Production* 14. S. 248-261,

Núñez, L. und Grosjean, M. (2003): Biodiversity and Human Impact During the last 11,000 years in North-Central Chile. In: Bradshaw, G.A. und Marquet, P. (Eds.): *How Landscapes Change: Human Disturbance and Ecosystems Fragmentation in the Americas*. Berlin und Heidelberg: Springer. S. 9-16.

OECD (2013a): Better Life Index, Chile. <http://www.oecdbetterlifeindex.org/countries/chile/>. Aufgerufen am 16.08.2013.

OECD (2013b): Chile. <http://www.oecd.org/chile/>. Aufgerufen am 13.08.2013.

OECD (2011): Environmental Performance Reviews, Chile. OECD Publishing: United Nations. http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/oecd-environmental-performance-reviews-chile-2005_9789264009684-en#page1. Aufgerufen am 20.09.2013.

OECD (2005): Environmental Performance Reviews: Chile Conclusions and Recommendations. <http://www.oecd.org/env/country-reviews/34856244.pdf>. Aufgerufen am 12.05.2014.

Olavarría, S.; Adriasola, P. und Karzulovic, A. (2006): Transition from open pit to underground mining at Chuquicamata, Antofagasta, Chile. *The South African Institute of Mining and Metallurgy, International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering*, S. 421-434. http://www.saimm.co.za/Conferences/RockSlopes/421-434_Olavarría.pdf. Aufgerufen am 20.09.2013.

- Orihuela, J.C. (2010): An Environmental Resource Curse? Governing Air Pollution from Smelters in Chuquicamata and La Oroya. Watson Institute. Brown University, USA. http://www.watsoninstitute.org/images_news/Orihuela_EnvironmentalResourceCurse.pdf. Aufgerufen am 15.08.2013.
- Ossandón, G.C.; Fréaut, R.C.; Gustafson, L.B.; Lindsay, D.D. und Zentilli, M. (2001): Geology of the Chuquicamata Mine: A Progress Report. *Economic Geology*. Vol. 96. S. 249-270.
- Pawlek, F. (1983): *Metallhüttenkunde*, Walter de Gruyter, Berlin und New York.
- Pereira, G. (2013): E-Mail Konversation zum Atacama Desert Project der Forensic-Architecture am 14. Oktober 2013.
- Revenue Watch Institute (2013): Resource Governance Index, A Measure of Transparency and Accountability in the Oil, Gas and Mining Sector. http://www.revenuewatch.org/sites/default/files/rgi_2013_Eng.pdf. Aufgerufen am 20.08.2013.
- Schippers, A.; Drobe, M. und Vasters, J. (2011): Biomining - Entwicklung der Metallgewinnung mittels Mikroorganismen im Bergbau. Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). *Commodity Top News*, Nr. 39. http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/39_biomining.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Aufgerufen am 20.09.2013.
- SDGS (Sustainable Development Strategies Group) (2010): Report: Current Issues in the Chilean mining sector. SDGS, Colorado, USA. <http://www.sdsg.org/wp-content/uploads/2010/02/10-10-08-CHILE-REPORT.pdf>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Terminski, B. (2012): Mining-Induced Displacement and Resettlement: Social Problem and Human Rights Issue (A Global Perspective). Universität von Warschau. http://zunia.org/sites/default/files/media/node-files/ss/214260_SSRN-id20284901349991799.pdf. Aufgerufen am 13.08.2013.
- The Canada-Chile Commission for Environmental Cooperation (2011): Annual Report. http://www.ec.gc.ca/can-chil/272232C1-E98E-45D2-962D-7E7AAA4B7066/Canada-%20Chile%202011%20Annual%20Report%20_March%202013_%20-%20FINAL.pdf. Aufgerufen am 21.08.2013.
- The Santiago Times (2009): Chile's Supreme Court Upholds Indigenous Water Use Rights. http://www.santiagotimes.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=17739:chiles-supreme-court-upholds-indigenous-water-use-rights&catid=19:other&Itemid=142. Aufgerufen am 16.08.2013.
- The Santiago Times (2012): Chilean miners strike at CODELCO's Chuquicamata mine. <http://santiagotimes.cl/chilean-miners-strike-at-codelcos-chuquicamata-mine/>. Aufgerufen am 20.09.2013.
- Transparency International (2012): Corruption Perceptions Index 2012. <http://www.transparency.de/Tabellarisches-Ranking.2197.0.html>. Aufgerufen am 16.08.2013.
- Uebelstädt, S. (2010): Die Jagd nach dem roten Gold. WDR – Quarks & Co. http://www.wdr.de/tv/quarks/sendungsbeitraege/2011/0208/005_muell.jsp. Aufgerufen am 15.08.2013.
- Ulmer, A. (2013): CODELCO resumes work after 24-hour national strike. Reuters. <http://www.mineweb.com/mineweb/content/en//mineweb-fast-news?oid=185639&sn=Detail>. Aufgerufen am 24.09.2013.

UNFCCC (2011): Second Communication of Chile to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/chinc2e.pdf>. Aufgerufen am 20.09.2013.

UNFCCC (1999): Executive Summary. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/chinc1.pdf>. Aufgerufen am 20.09.2013.

VCH (1996): Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5. Ausgabe Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH.

Vasters, J.; Buchholz, P.; Huy, D.; Schmitz, M.; Röhling, S. und Altfelder, S. (2010): Rohstoffwirtschaftliche Bewertung der Länder Afrikas, Asiens der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS) mit Georgien und Südamerikas im Hinblick auf die Bedeutung für Deutschland. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/laenderbewertung.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Aufgerufen am 13.08.2013.

Vasters, J. und Sonnenberg, C. (2011): Möglichkeiten Deutscher Unternehmen für ein Engagement im chilenischen Rohstoffsektor. Deutsche Rohstoffagentur (DERA). http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Laenderstudie_Chile_Dez2011.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Aufgerufen am 20.09.2013.

Wilson, A.; McMahon, F. und Cervantes, M. (2013): Fraser Institute Annual Survey of Mining Companies 2012/2013. <https://www.fraserinstitute.org/uploadedFiles/fraser-ca/Content/research-news/research/publications/mining-survey-2012-2013.pdf>. Aufgerufen am 30.09.2013.

Witte, B. (2010): Chile: Movement To Nationalize Water Gains Ground. In: Latin America Data Base. The University of New Mexico. <http://benwitte.wordpress.com/2010/01/31/chile-movement-to-nationalize-water-gains-ground/>. Aufgerufen am 20.08.2013.