

Studentische Arbeiten

Nr. 55/2013

Schriftenreihe der Interfakultären Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ)

Die Umweltproblematik des Goldabbaus in Südamerika

Eine Gewichtung ausgewählter Umweltprobleme anhand eines
eigens entwickelten Gewichtungstool



Beat Hatz

Impressum

Schriftenreihe Studentische Arbeiten der IKAÖ

Hrsg.: Thomas Hammer

Nr. 55 Die Umweltproblematik des Goldabbaus in Südamerika

Arbeit im Rahmen des Moduls C des Studiengangs „Allgemeine Ökologie“ (Bachelor Minor) an der Interfakultären Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) der Universität Bern.
Betreut durch Dr. Antonietta Di Giulio (IKAÖ).

Autorenschaft: Beat Hatz

Jahr: 2013

Verlag: Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ),
Universität Bern

ISBN: 978-3-906456-71-3

Bild auf Titelseite: Beat Hatz (Chuquicamata-Mine, Chile)

Auflage: 30

Druck: Universität Bern, Kopierzentrale
Gedruckt auf chlorfreiem Recyclingpapier

Pdf <http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>



Dieses Werk ist unter folgender Creative Commons-Lizenz lizenziert:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ch>

Die Umweltproblematik des Goldabbaus in Südamerika

Eine Gewichtung ausgewählter Umweltprobleme anhand eines eigens entwickelten Gewichtungstool

Beat Hatz

Diese Publikation basiert auf der von Benjamin Berger, Jessica Biedermann, Eliane Debrunner, Beat Hatz und Gregor Kaufeisen verfassten und nicht pulizierten Gruppenarbeit im Rahmen des Moduls C des Studiengangs „Allgemeine Ökologie“ (Bachelor Minor) an der Interfakultären Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) der Universität Bern. Teils wurden ganze Abschnitte übernommen. Diese sind nicht speziell gekennzeichnet. Die anderen Gruppenmitglieder wollten sich nicht beteiligen und sind einverstanden damit, dass die Arbeit von einem Gruppenmitglied publiziert wird.

2013

Universität Bern

Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie
(IKAÖ)

Abstract

Rohstoffe stellen eine wichtige Grundlage unseres Lebens dar. Gold als wertvollstes der Edelmetalle übte schon seit je her eine starke Anziehungskraft auf die Menschen aus. Mit den heutigen Abbautechniken entstehen allerdings etliche Probleme. In dieser Arbeit sollen die ökologischen Auswirkungen, die durch den Goldabbau in Südamerika entstehen, beurteilt werden. Anhand eines eigens entwickelten Gewichtungstool werden sieben durch den Goldabbau verursachte Umweltprobleme bewertet und Rückschlüsse auf das Konzept des Sustainable Mining gezogen. Dabei werden nicht nur die Methoden bei industriellen Grossminen, sondern auch diejenigen im Kleinbergbau und informellen Sektor betrachtet. Als Resultat entsteht eine Rangliste der gewichteten Probleme, die als Richtlinie für die Schwere der einzelnen Umweltprobleme betrachtet werden kann. Es präsentiert sich, beginnend beim geringstem Problem, folgende Reihenfolge der Umweltprobleme: Cyanide in der Hydrosphäre, Habitatszerstörung, Entwaldung, Quecksilber in der Hydro- und Pedosphäre, Arsen in der Hydrosphäre, Quecksilber in der Atmosphäre und als schwerwiegendstes Problem Arsen in der Pedosphäre. Die beiden erstgenannten Umweltprobleme werden als erheblich eingestuft, die Restlichen als gross.

Danksagung

Die Basis dieser Publikation ist eine studentische Gruppenarbeit. Deshalb gebührt mein Dank den Mitautorinnen und Mitautoren. Ohne das Engagement von Jessica Biedermann, Eliane Debrunner, Benjamin Berger, Gregor Kaufeisen und mir wäre diese Arbeit nicht entstanden. Euren Einsatz und Eure fachlich verschiedenen Abstammungen ermöglichte eine interdisziplinäre, studentische Arbeit, welche sich als Publikationsgrundlage eignet.

Frau Dr. Antonietta Di Giulio unterstützte mich während dem gesamten Prozess vollends. Sie förderten mein Interesse an einer weiteren Beschäftigung mit der studentischen Gruppenarbeit und standen mir an manch einer problematischen Phase während der Weiterentwicklung der Gruppenarbeit zu einer Publikation mit ausgezeichneten Ratschlägen zur Seite. Der Austausch mit Ihnen förderte das Zustandekommen der Publikation massgeblich.

Herr Prof. Dr. Thomas Hammer beteiligte sich am Entstehungsprozess sowie an den abschliessenden Kritiken vor der Publikation. Ihre Anregungen führten sowohl in der Gruppenarbeitsphase als auch vor der Publikation zu einer sehr interessanten Auseinandersetzung und einer zusätzlichen Perspektive auf die Thematik.

Herzlichen Dank!

Inhaltverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Sustainable Mining.....	4
1.2	Gegenstand der Arbeit	5
1.3	Ziele und Fragen.....	6
2	Der Goldbergbau in Südamerika	7
2.1	Geschichte	7
2.2	Vorkommen.....	7
2.3	Gewinnungsverfahren.....	8
3	Bewertungssystem	10
3.1	Räumliche Ausdehnung.....	10
3.2	Zeitliche Ausdehnung	11
3.3	Folgeprobleme	12
3.4	Lösbarkeit	14
3.5	Gesamtes Gewichtungstool und Punkteverteilung.....	15
4	Ausgewählte Umweltprobleme	17
4.1	Entwaldung	17
4.1.1	Beschreibung des Problems	17
4.1.2	Gewichtung des Problems	17
4.2	Habitatzerstörung.....	19
4.2.1	Beschreibung des Problems	19
4.2.2	Gewichtung des Problems	19
4.3	Cyanide in der Hydrosphäre	21
4.3.1	Beschreibung des Problems	21
4.3.2	Gewichtung des Problems	22
4.4	Quecksilber in der Atmosphäre.....	23
4.4.1	Beschreibung des Problems	23
4.4.2	Gewichtung des Problems	24
4.5	Quecksilber in der Pedo- und Hydrosphäre	27
4.5.1	Beschreibung des Problems	27
4.5.2	Gewichtung des Problems	28
4.6	Arsen in der Hydrosphäre	30
4.6.1	Beschreibung des Problems	30
4.6.2	Gewichtung des Problems	31
4.7	Arsen in der Pedosphäre	32
4.7.1	Beschreibung des Problems	32
4.7.2	Gewichtung des Problems	33

5	Ergebnisse.....	35
6	Synthese.....	37
7	Kritische Betrachtung des Gewichtungstool und der Ergebnisse	39
7.1	Entwicklung des Gewichtungstool.....	39
7.2	Reflexion über die Ergebnisse	39
8	Tabellenverzeichnis.....	40
9	Abbildungsverzeichnis.....	40
10	Quellenverzeichnis	41
10.1	Literatur.....	41
10.2	Internet.....	44

1 Einleitung

„Gold ist eine Kostbarkeit. Jedem, der es besitzt, erfüllt es alle Wünsche dieser Welt und verhilft den Seelen ins Paradies“ hat einst Christoph Kolumbus, der Entdecker Amerikas, in seinem Tagebuch notiert (Grün 2000). Mit der Entdeckung der „Neuen Welt“ ging das Goldfieber mehrfach durch den Kontinent. Begonnen bei der verhaltenen Ausbeute von Kolumbus über den Mythos von „Eldorado“ im nördlichen Südamerika bis hin zum Goldrausch der Forty-Niners¹ in Kalifornien musste der Kontinent in verschiedenen Dekaden einen Ansturm von Goldgräbern über sich ergehen lassen. Auf dem alten Kontinent verliefen sämtliche Bemühungen der Alchemisten schief, synthetisch Gold herzustellen und somit erfolgte durch die Goldgier Europas eine Ausbeutung des amerikanischen Kontinents.

Südamerika war und blieb bis zur Gegenwart primär ein Kontinent des Rohstoffexports. Die Ressourcengewinnung verursachte stets vielschichtige Umweltprobleme, wie beispielsweise einen Rückgang der Artenvielfalt, da durch den Bergbau Vegetation entfernt wurde (Bingcang et al. 2003:4). Der Bergbau zieht jedoch nicht nur ökologische, sondern auch soziale und ökonomische Folgeprobleme nach sich. Durch diese Breite an Problemen durch den Goldabbau in Südamerika kommt es zu einem Spannungsfeld zwischen verschiedensten Akteuren. Dabei handelt es sich beispielsweise um Umweltschutzorganisationen, Menschenrechts-NGOs², lokale Politiker, die Bevölkerung vor Ort oder weltweit tätige Bergbaukonzerne, um nur einige davon zu nennen. Die einzelnen – und zum Teil gegensätzlichen – Interessen dieser Akteure lassen es unmöglich erscheinen, dass sie nebst ihrer Betätigung im Bereich des Bergbaus einen gemeinsamen Konsens finden. Ein Schlüsselbegriff mit welchem viele Akteure hantieren ist jedoch auszumachen. Er lautet wie folgt: Sustainable Mining.

1.1 Sustainable Mining

So vielfältig wie die Akteure, welche den Begriff Sustainable Mining verwenden, so vielfältig sind auch die Definitionen davon (Luks 1997:9). Die Basis des Sustainable Mining bildet das Konzept der Nachhaltigkeit. Im wissenschaftlichen Diskurs stark verbreitet hat sich das sogenannte „Drei-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit“. Dabei ist eine Gleichwertigkeit der drei Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales vorgesehen, deren langfristige Funktionserhaltung angestrebt wird (Deuschle et al. 2007:27). Es handelt sich hierbei um das Modell der Nachhaltigkeit, welches in dieser Arbeit Verwendung findet.

Auf theoretischer Ebene wird unter dem Begriff „Sustainable Mining“ folgendes subsumiert werden: Als erstes sollen die negativen Folgen auf die Umwelt während des Bergbaus minimiert werden und zusätzlich sollen soziale Veränderungen aufgrund des Bergbaus mit

¹ Immigranten, welche vom *goldrush* 1849 angezogen wurden und nach Kalifornien strömten.

² non-governmental organisation (Nicht-Regierungs-Organisation).

geeigneten Massnahmen begleitet werden (Breitkreuz et al. 2009:15). Dabei handelt es sich um eine Definition, welche die oben erwähnten Akteure mehrheitlich befürworten.

Allerdings birgt die Umsetzung des Sustainable Mining in die Praxis Konfliktpotential. Dabei müssen sich die Bergbaukonzerne den Vorwurf gefallen lassen, dass sie den Begriff Sustainable Mining aushöhlen, indem sie ihn öffentlich wirksam verwenden um ihr Image aufzupolieren. Umwelt- und Menschenrechtsorganisationen prangern an, dass der Sustainable Mining-Begriff zur Schönfärberei des Geschäfts mit den Ressourcen beigezogen werde (Behrendt et al. 2007:6). Auf der anderen Seite bezweifeln eben diese Organisationen die Integrität des Begriffs, respektive empfinden Sustainability und Mining als paradoxes Begriffspaar. Die Bestrebungen zu nachhaltigem Bergbau, indem NGOs beispielsweise eine Harmonisierung des Bergbaus mit den Nachhaltigkeitszielen von Rio+10 ins Auge fassen, werden oft deshalb von den Kritikern nicht vollumfänglich angehört, da die Unabhängigkeit der NGOs von den Bergbaukonzernen hinterfragt wird (Ballard et al. 2003:291).

1.2 Gegenstand der Arbeit

Die Verwendung des Begriffs Sustainable Mining geschieht widersprüchlich. Diese Arbeit verfolgt den Ansatz, eine umfassende Übersicht zu den Umweltfolgen des Goldbergbaus generieren. Dazu wird eigenständig ein Gewichtungstool, welches auf dem Prinzipien der Nachhaltigkeit aufbaut, zur Bewertung der Umweltprobleme des Bergbaus erarbeitet. „Als Umweltprobleme werden im Rahmen dieser Arbeit Veränderungen der natürlichen Umwelt des Menschen, die - oder deren Auswirkungen - als unerwünscht oder bedrohlich erscheinen, und die durch menschliches Handeln entstehen“ (Kaufmann-Hayoz et al. 1996:7) bezeichnet. Für die Klärung der Definition, was ein Umweltproblem ist, wird auf die sieben Fragen an die Wissenschaft von Kaufmann-Hayoz et al. (1996:10) verwiesen. Durch das Anwenden des Gewichtungstool auf die einzelnen Umweltprobleme soll eine nach Beeinträchtigungsschwere der Umwelt geordnete Rangliste entstehen. So kann festgestellt werden, welche Formen des Bergbaus dem Sustainable Mining – einem nachhaltigen Bergbau – am ehesten zuwiderlaufen.

Der Fokus liegt primär auf die ökologischen Folgen, die ökonomischen und sozialen Probleme werden jedoch in einer der Gewichtungskategorien in die Evaluierung miteinbezogen. Weiter erfolgt eine regionale Eingrenzung des Untersuchungsgebietes auf Lateinamerika. Mit dieser Eingrenzung können die von den Minen verursachten Umweltprobleme im Rahmen dieser Arbeit zufriedenstellend abgedeckt werden. Die Abbautechniken und somit auch die daraus entstehenden Folgen hängen vom Typ der Mine ab. Unter dem bisher geführten Begriff „Bergbau“ wird sowohl der Goldabbau im Small-Scale-Mining als auch im Large-Scale-Mining verstanden und beide Mining-Typen werden behandeln. Mit Small-Scale sind Minen gemeint, welche ohne Maschinen aus der Schwerindustrie auskommen und von kleinen Mineurekorporationen bis hin zu wenigen

Familienangehörigen betrieben werden. Inhaltlich verdeutlicht wird das Small-Scale-Mining noch mit der Zusatzbezeichnung des Artisanal-Small-Scale-Mining, wo der Fokus noch mehr auf den handwerklichen Methoden liegt. Unter Large-Scale versteht man das Gegenteil davon. Es handelt sich um flächenmässig grosse Minen, mit entsprechend grösseren Gerätschaften und teilweise auch mehr Arbeitskräften. Zudem wird beim Large-Scale-Mining grosse Kapitalmengen benötigt (Hentschel et al. 2002:4).

1.3 Ziele und Fragen

In der Entwurfsphase dieser Arbeit wurden zwei Ziele anvisiert und dazugehörige Leitfragen formuliert. Im Verlauf des Weiterentwicklungsprozesses kristallisierte sich heraus, dass nur das erste Ziel erreicht und das zweite nur partiell abgedeckt werden kann, um den Rahmen dieser Arbeit einhalten zu können. Der Vollständigkeit halber sind jedoch beide Ziele erwähnt. Das zweite Ziel kann als Denkanstoss zur Weiterentwicklung der Arbeit verstanden werden:

1. Ziel:

Eine gewichtete Auflistung der durch den Goldabbau in Südamerika verursachten Umweltprobleme unter Berücksichtigung sozialer und ökonomischer Probleme als direkte und indirekte Folgen der primär betrachteten ökologischen Probleme.

2. Ziel:

Eine Handlungsempfehlung für nachhaltigen Goldabbau in Südamerika, im Vergleich mit bestehenden Konzepten zur Umsetzung von Sustainable Mining.

Leitfragen zu Ziel 1:

- Welche ökologischen Probleme werden durch den Goldabbau verursacht und welche sozialen und ökonomischen Probleme ziehen diese mit sich?
- Welche Aspekte ökologischer Probleme sind zu berücksichtigen, wenn es darum geht, ökologische Probleme zu gewichten, welche konkreten Kriterien ergeben sich daraus und wie sind diese Kriterien zu gewichten?

Leitfragen zu Ziel 2:

- Welches sind nach unserer Gewichtung die gravierendsten ökologischen Probleme des Goldabbaus in Südamerika, welche Umweltprobleme müssen prioritär angegangen werden, um Nachhaltigkeit im Goldbergbau zu erreichen?
- Was ist bekannt über die Ursachen der ökologischen Probleme des Goldabbaus und über mögliche Lösungsansätze bzw. über Möglichkeiten, diese Probleme in Zukunft zu vermeiden?

2 Der Goldbergbau in Südamerika

2.1 Geschichte

Der Goldabbau zieht sich wie ein roter Faden durch die Geschichte Südamerikas. Edelmetalle spielten schon in prähistorischen Gesellschaften eine wichtige Rolle und beeinflussten die lokalen Ökonomien (Guerra 1998:875). Die Azteken und Inkas besaßen Gold (Gründer 2012), das sie als Zahlungsmittel oder zur Schmuckherstellung nutzten (Norgate 2012). Ein düsteres Kapitel der Geschichte des Goldabbaus in Südamerika ist die Ausbeutung der indigenen Völker durch die Spanier und Portugiesen im 16. bis 18. Jahrhundert (Guerra 1998:875). Als Beispiel können zwei berühmte Kapitel der Geschichte erwähnt werden. 1519 eroberte Hernán Cortéz in einem blutigen Feldzug das Aztekenreich. Er wurde dabei hauptsächlich von der Gier nach Gold getrieben (Diaz del Castillo 1988:614-617). Im Jahr 1696 kam es in Brasilien zu einem Goldrausch in den Minas Gerais (Guerra 1998:876). Diese Gier nach Gold führte zur Entstehung der Legende um Eldorado, der Stadt aus Gold, die von vielen europäischen Entdeckern gesucht wurde (Brockhaus 2012).

In der Neuzeit verlagerte sich die Goldsuche von Südamerika auf andere Nationen wie Australien, Südafrika und Russland, welche die Hauptlieferanten für die Europäer (Norgate 2012:54). Jedoch scheint sich gegenwärtig ein erneuter Boom in Südamerika anzubahnen, da die Goldreserven in den soeben genannten Goldförderländern zur Neige gehen oder immer schwieriger und teurer abzubauen sind (Brockhaus 2012).

2.2 Vorkommen

Gold gehört zu den seltensten Metallen der Erde (Brockhaus 2012). Die typischen Merkmale dieses Elements sind seine rötlich-gelbe Farbe, die aussergewöhnliche Weichheit und die Reaktionsträgheit, da Gold ein Edelmetall ist (Brockhaus 2012). In der Natur kommt Gold in zwei Formen vor. Einerseits eingeschlossen in Festgestein, in sogenannten Venen oder Adern. Andererseits eingelagert in Lockermaterial, als alluviales Gold, das von Flüssen erodiert und akkumuliert wurde (Norgate et al. 2012:54). Gold wird einerseits in „open-pit“ Minen, also im Tagebau (vgl. Abb 2), und andererseits im Untertagebau gefördert (Norgate et al. 2012:55). Im globalen Durchschnitt ist in der Erdkruste pro Tonne Material drei bis vier Gramm (3-4g/t) Gold enthalten (Norgate et al. 2012:54). Gemäss Schätzungen des U.S. Geological Survey (USGS 2012) betragen die Goldweltreserven 51'000 Tonnen. Davon sind rund 15% in Südamerika zu finden (USGS 2012). Die grössten Vorkommen verzeichnen Chile (3'400 t), Brasilien (2'400 t) und Peru (2'000 t) (USGS 2012).



Abbildung 1: Open-pit Mine in Peru
(<http://womblog.de/peru-die-droge-gold>)

2.3 Gewinnungsverfahren

In der Geschichte des Goldabbaus haben sich die Gewinnungsverfahren wesentlich verändert. Ausgehend von dem einfachsten und ältesten Verfahren, dem klassischen Goldwaschen, wurde später vermehrt mit Chemikalien gearbeitet (Brockhaus 2012). Zuerst wurde Quecksilber zur Amalgamation verwendet und ab etwa 1890 das Verfahren der Cyanidlaugung (Brockhaus 2012:2). Heute wird global betrachtet hauptsächlich letztere eingesetzt (Norgate et al. 2012). Jedoch spielt die Amalgamation vor allem in Entwicklungsländern und in small-scale Betrieben noch eine wichtige Rolle (Veiga et al. 2006). Somit werden in Südamerika beide chemischen Methoden eingesetzt.

Beim Goldwaschen wird die hohe Dichte des Goldes ausgenutzt. Durch wiederholtes Aufschlännen mit Wasser wird das Gold vom Begleitgestein getrennt (Brockhaus 2012). Da dieses Verfahren ohne Chemikalien funktioniert sind die Folgen für die Umwelt geringer.

Die Amalgamierung wird bereits seit 4500 Jahren eingesetzt (Becker et al. 2008). Dabei werden sogenannte Amalgame verwendet. Dies sind Lösungen aus Legierungen oder Metallen in Quecksilber (Maldener 1998:98f). Bei der Goldgewinnung wird entsprechend die Bindung zwischen Gold und Quecksilber genutzt. Goldhaltige Sande und Schlämme werden mit Quecksilber vermischt, wodurch sich die flüssige, silberne Legierung Amalgam bildet. Durch ihr grosses Gewicht sinkt die Legierung zum Boden des Auffangbeckens und kann dort abgetrennt werden. Durch Erhitzen auf 360°C wird schliesslich das Quecksilber verdampft und kompaktes Rohgold bleibt zurück (CHF 2012). Bei den Aufbereitungsprozessen gelangen Quecksilberreste in den Boden und ins Wasser. In Südamerika wurde bereits zur Kolonialzeit intensiv Quecksilber eingesetzt, um Gold zu gewinnen. Es wird geschätzt, dass dadurch zwischen 1550 und 1880 fast 200'000 Tonnen Quecksilber in die Umwelt gelangt sind (Malm 1998).

Bei der Cyanidlaugung wird das Gold durch Cyanide aus dem Gestein gelöst. Cyanide sind Salze der Blausäure und sind toxisch. Bei der Goldgewinnung wird in einem ersten Schritt das Gestein zu feinem Pulver gemahlen. Durch Mischung des goldhaltigen Gesteinpulvers mit Kaliumcyanidlösung reagiert das enthaltene Gold zu Kaliumdicyanoaurat. Abschliessend wird Zinkstaub zur Goldlösung gegeben damit das Gold wieder ausfällt und abgeschöpft werden kann (Brockhaus 2012).

3 Bewertungssystem

Um die Folgen des Goldabbaus bewerten zu können, wurde ein Bewertungssystem entwickelt, anhand dessen die Gewichtung der Folgen vorgenommen werden kann. Der Fokus richtet sich dabei auf die ökologischen Auswirkungen, welche negativ bewertet werden, respektive im Sinne von Kaufmann-Hayoz et al. (1996:7) als Umweltprobleme bezeichnet werden können. Das Gewichtungstool ist in vier Sparten unterteilt, welche im Folgenden der Reihe nach vorgestellt werden.

3.1 Räumliche Ausdehnung

Um die Bewertung der räumlichen Ausdehnung möglichst simpel zu halten, orientiert sich diese Arbeit am gängigen Verständnis von staatlicher Grenzziehung. Eine Alternative wäre der Einbezug der Biosphärengrenzen der von den negativen Folgen betroffenen Spezies gewesen. Die Erfassung der Ausdehnungen der Biosphären der betroffenen Spezies hätte einen erheblichen Mehraufwand bedeutet und zudem operieren die in dieser Arbeit verwendeten Forschungsberichte nicht genügend präzise mit den Biosphärengrenzen einzelner Spezies. Die Skala wird in vier Größenordnungen unterteilt. Die kleinstmögliche Ausdehnung, die sich nur auf die Dimension des verursachenden Standorts begrenzt, wird als punktuelle Ausdehnung bezeichnet. Die nächstgrössere Einheit, die regionale Ausdehnung, umfasst das Ausdehnungsgebiet in einer kommunalen Dimension. Die überregionale Ausdehnung wird als Ausdehnung in der Größenordnung eines Bundesstaats verstanden. Die nationale und kontinentale Ausdehnung ist selbsterklärend. Alle diese Größenordnungen sind nicht im Sinne der exakten Grenzziehung Südamerikas zu verstehen. Da die in dieser Arbeit beigezogenen Studien keine nominalen Angaben zur räumlichen Ausdehnung angeben, dienen die Ausdehnungskategorien als Richtwerte.

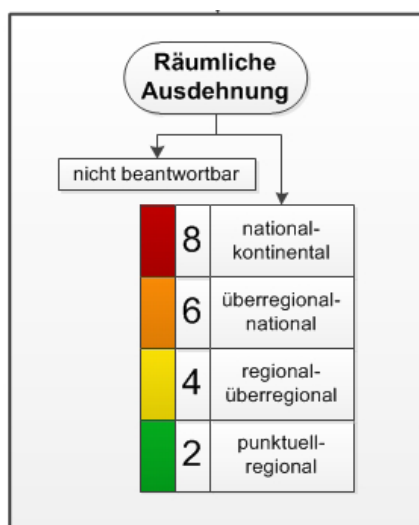


Abbildung 2: Gewichtungszweig der räumlichen Ausdehnung einer negativen Folge aus einem Umweltproblem (Eigene Darstellung)

Die Bewertung wird im Punktesystem in Zwischenschritten vorgenommen und beginnt bei Zwei (punktuell) und endet bei Acht (kontinental). Kontinental als Höchstwert bietet sich an, da die

Fragestellung der Arbeit sich auf den Kontinent Südamerika begrenzt. Aussagen zu globalen Auswirkungen sind aus den beigezogenen Papers nur in Ausnahmefällen zu entnehmen. Deshalb begrenzt sich der Untersuchungsbereich der Folgen auf die kontinentale Dimension. Negative Folgen mit globaler Wirkung werden demnach mit acht Punkten gewichtet. Die Abstufung zwischen den vier Kategorien ist in zweier Schritten vorgesehen. Dass ergibt sich aus der in Kapitel 3.5 definierten Vorgabe, dass jede Umweltfolge von Zwei bis Acht bewertet wird. Die Zahl Null findet in dieser Arbeit bei der räumlichen Ausdehnung keine Verwendung, da eine Null in dem Fall bedeuten würde, dass keine räumliche Ausdehnung des Problems konstatierbar wäre und folglich gar kein Problem bestünde. Da die Skala in vier Teile unterteilt ist, beginnt die Wertung aus vereinfachenden Gründen erst bei der Zahl Zwei. Diese Tatsache fällt aber aufgrund der analogen Bewertung der zeitlichen und räumlichen Ausdehnung nicht ins Gewicht.

3.2 Zeitliche Ausdehnung

Die Bewertung der zeitlichen Ausdehnung der Folgen eines ökologischen Problems fällt ähnlich der räumlichen Ausdehnung und ebenfalls in Zweierschritten aus. Die Skala wird in vier Größenordnungen unterteilt und beginnt bei der Zahl Zwei und endet bei der maximalen Punktzahl Acht. Aus den gleichen, oben genannten Gründen kann die Zahl Null nicht vergeben werden, da sonst folglich gar kein Problem existieren würde.

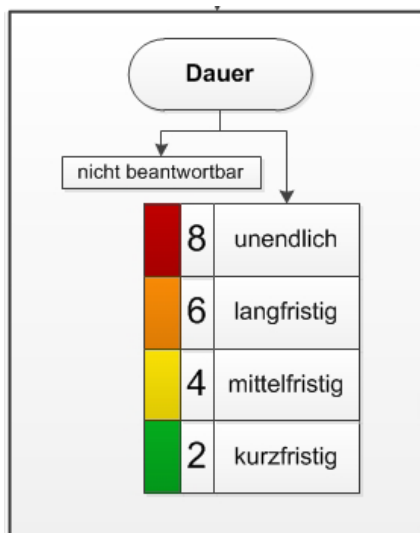


Abbildung 3: Gewichtungszweig der zeitlichen Ausdehnung einer negativen Folge aus einem Umweltproblem (Eigene Darstellung)

Die Bewertung erfolgt anhand folgender vier Größenordnungen: kurzfristig, mittelfristig, langfristig und unendlich. Idealerweise würde an dieser Stelle eine Kategorisierung nach nominalen Zeiteinheiten vorgenommen werden. Allerdings beinhalten die beigezogenen Studien keine solchen Angaben. Deshalb wurde für diese Gewichtung der Dauer ausgewählt. Diese Gewichtung erfordert insbesondere bei mittel- und langfristig eine pragmatische Handhabung, welche sich im Rahmen dieser studentischen Arbeit aus den Forschungsartikeln ergab. Leider liegen in der Forschung noch zu wenig präzise Unter-

suchungen vor, welche die Dauer einer negativen Folge eines Umweltproblems in einer absoluten Zeiteinheit angeben.

Unter kurzfristig wird ein Problem verstanden, das nur einmalig oder nur für sehr kurze Zeit auftritt. Die Gewichtung mit mittelfristig betrifft eine negative Folge eines Umweltproblems, welches während der ganzen Betriebszeit der Mine besteht. Dauert dieses über das Betriebsende der Mine weiter an, wird es als langfristig klassifiziert. Trotzdem lässt sich das Ende des Problems in absehbarer Zeit feststellen. Im Gegenzug ist ein Ende eines unendlichen Problems nicht absehbar respektive dauert es über etliche Generationen an, wie zum Beispiel die über eine, in menschlichen Dimensionen als unendlich wahrgenommene, anhaltende Verstrahlung durch radioaktiven Abfall. Das kurzfristige Problem entspricht in der Skala der Zahl Zwei, unendlich dementsprechend der Zahl Acht.

3.3 Folgeprobleme

Bisher wurden nur einzelne, direkte Folgen des Bergbaus betrachtet. Die Gefahr der Folgen geht jedoch auch davon aus, dass sie Verursacher von weiteren negativen Einflüssen, von einer Folgenkette sein können. Dies können zeitlich unterschiedlich lange Folgeprobleme sein und können alle eine oder mehrere Säulen der Nachhaltigkeit tangieren. Um dem Konzept der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, muss nebst den ökologischen Folgen, welche ein Umweltproblem auslöst, auch die sozialen und ökonomischen Folgen in das Gewichtungstool integriert werden.

Das Gewichtungstool sieht an dieser Stelle vor, dass zuerst allgemein geklärt wird, ob überhaupt Folgeprobleme verursacht werden. Dabei kann zwischen der Punktezahl Null (keine weitere Folge wird verursacht), Eins (Eine bis eine kleinere, überschaubare Folgekette wird verursacht) und Zwei (die Folgeprobleme sind unüberschaubar lange). Die beigezogenen Aufsätze enthalten keine einheitlichen Messinstrumente, um die Anzahl an negativen Folgen zu messen. Deshalb mussten an dieser Stelle zuerst alle Studien gelesen und die Festlegung der Anzahl Folgen für die Einheiten „viel“ und „wenig“ ex post gemacht werden. Danach soll geprüft und gewichtet werden, ob die negativen Folgeprobleme, welche durch ökologische Folgen verursacht werden, auch die ökonomische und soziale Komponenten der Nachhaltigkeit beeinträchtigen.

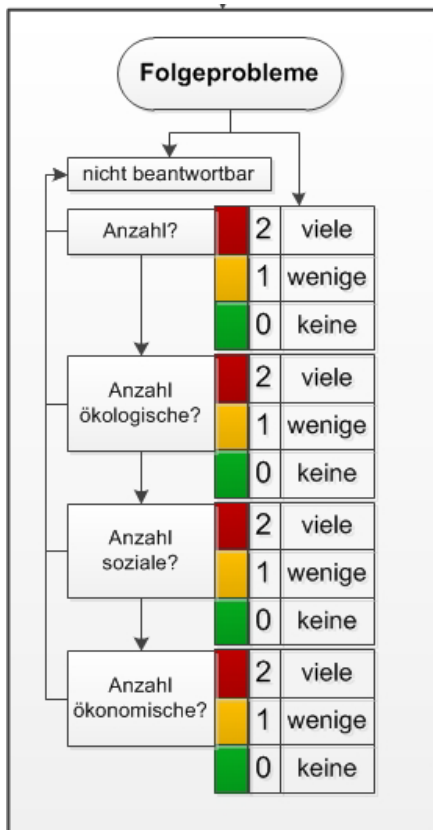


Abbildung 4: Gewichtungszweig der Folgeprobleme einer negativen „Primärfolge“ aus einem Umweltproblem (Eigene Darstellung)

In den Fällen, bei welchen sich die Literatur zu einem der drei Folgen (soziale, ökonomische, ökologische) ausschweigt, wird die Null vergeben. Dies kann zu einer leichten Verzerrung der Resultate führen. Die betroffenen Fälle werden im Kapitel Resultate deshalb nochmal erwähnt.

Der Fokus liegt nicht auf der Schwere der Beeinträchtigungen durch die Folgeprobleme, sondern analog zur obigen Gewichtung einzig auf der Anzahl der Folgen. Es sollen in diesem Abschnitt des Gewichtungstool die drei Säulen der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden. Deshalb wird der Versuch unternommen die Probleme den Bereichen der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit zuzuordnen. Im Folgenden werden die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Abgrenzungen dargestellt.

Unter Beeinträchtigungen der ökonomischen Nachhaltigkeit werden Folgeprobleme, welche beispielsweise die Qualität oder Quantität einer Ressource deutlich reduzieren und somit die Kadenz der Wirtschaft spürbar verändern gezählt. Das heisst, wenn sich zum Beispiel aufgrund einer Ressourcenänderung Produktionsmenge, Preise, Preisstabilität oder der Beschäftigungsgrad ändern (Luks 1997:77). Den Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit wird als beeinträchtigt betrachtet, wenn beispielsweise die Luftqualität, Biosphärenstabilität, Klimastabilität, vermindert werden. Analog dazu werden Folgeprobleme, welche beispielsweise einen Rückgang der Geburtenrate, einen Anstieg der Suizidrate, eine Reduktion der demokratischen Rechte und der Kultur sowie eine Verminderung der Chancengleichheit

bezüglich dem Zugang zu Spitzenpositionen herbeiführen negativ für die soziale Nachhaltigkeit bewertet³ (Renn et al. 2007:76f).

Dies sind die Abgrenzungen, welche als theoretischer Rahmen dienen. Eine explizite Grenzziehung in den Einzelfällen ist eine schwierige Angelegenheit, da beispielsweise sozialanthropologische Forschungsartikel und Journals naturgemäss den beispielsweise ökonomischen Aspekt gegenüber dem sozialen eher weniger umfangreich behandeln.

3.4 Lösbarkeit

Die negativen Folgen aus Umweltproblemen lassen sich auch aus der Perspektive ihrer Lösbarkeit gewichten. Es ist klar, dass lösbare Folgen für die Umwelt einen weniger gravierenden Eingriff bedeuten, als solche die nicht zu beheben sind. Vorab muss bemerkt werden, dass die Schliessung einer Mine die Lösung vieler Probleme darstellen würde. In der Gewichtung soll dieser Lösungsansatz allerdings nicht berücksichtigt werden, sondern es sollen die Folgen analysiert werden, welche während dem Betrieb verursacht werden. Das Bewertungstool hat sich zum Ziel gesetzt, alle Säulen der Nachhaltigkeit zu beachten. Ein Einstellen des Minenbetriebs würde der ökonomischen Komponente der Nachhaltigkeit zuwiderlaufen.

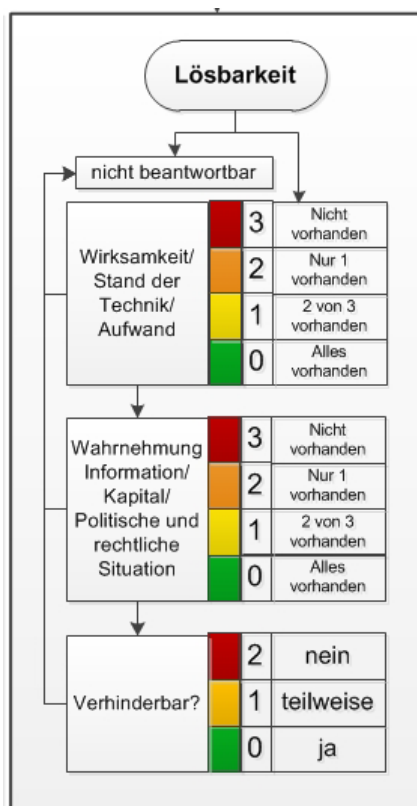


Abbildung 5: Gewichtungszweig der Lösbarkeit eines Umweltproblems (Eigene Darstellung)

³ Es handelt sich hierbei nicht um abschliessende Auflistungen. Sie dienen einzig dazu, die Folgeprobleme den drei Säulen der Nachhaltigkeit zuzuordnen.

Die Bewertung wird anhand folgender drei Fragen vorgenommen: „Ist das Problem mittels technischer Massnahmen lösbar?“, und „Welche Bereitschaft ist in der Gesellschaft vorhanden, um das Problem zu lösen?“ „Ist das Problem möglicherweise verhinderbar?“.

Die erste Frage zielt darauf ab, ob es eine Technik existiert, welche wirksam und mit tragbarem Aufwand angewendet werden kann. Es müssen folglich drei Unterfragen beantwortet werden. Zuerst soll der Stand der Technik respektive der Wissenschaft betrachtet werden: „Ist die Wissenschaft überhaupt soweit, um technische Lösungen für das jeweilige Problem anzubieten?“ Zweitens soll nach dem Aufwand gefragt werden: „Ist wenig Aufwand von Nöten um die technische Massnahme zu realisieren?“ Und drittens die Wirksamkeit: „Ist die technische Massnahme befriedigend wirksam um das Problem zu beheben?“ Können alle drei Faktoren mit Ja beantwortet werden, wird die minimale Punktzahl erteilt. Werden zwei Faktoren mit ja beantwortet, wird ein Punkt erteilt. Bei einer Ja-Antwort werden zwei Punkte verteilt, bei keiner Ja-Antwort drei.

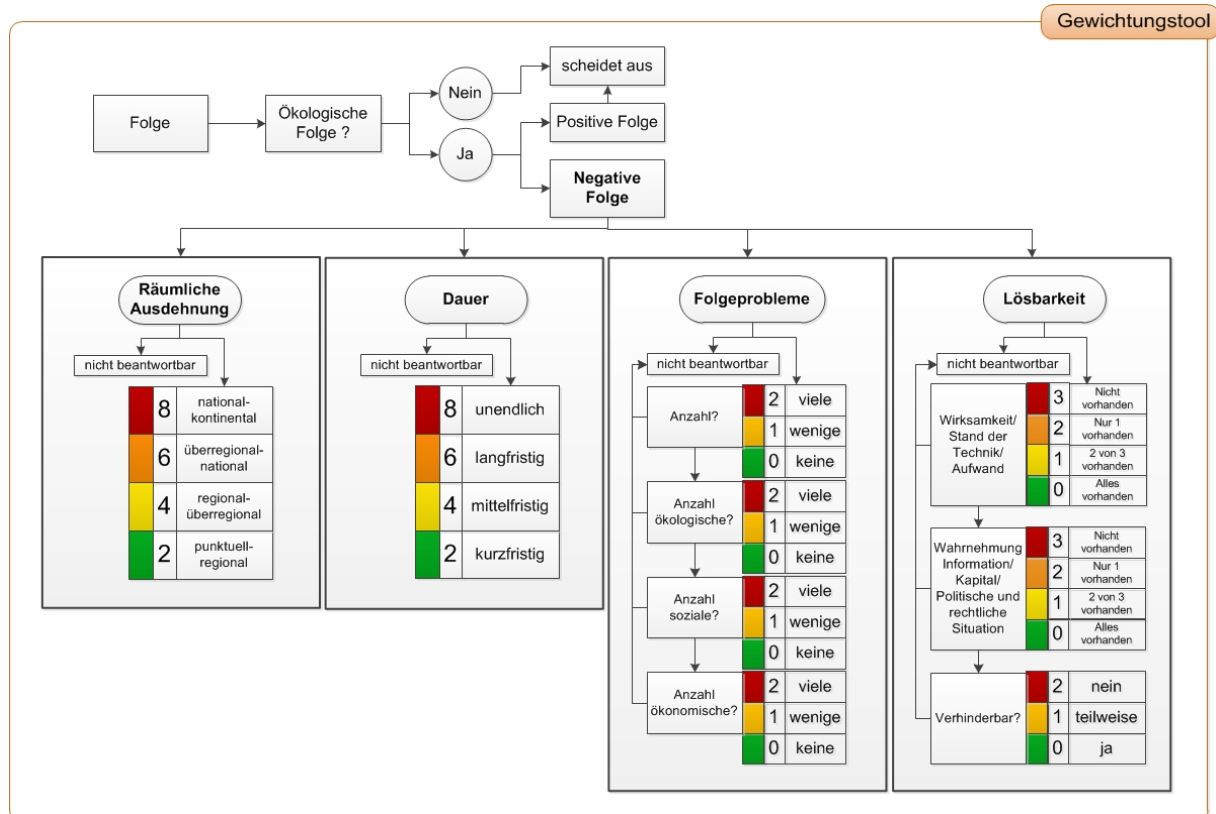
Um die zweite Frage zu beantworten, müssen ebenfalls drei Faktoren beachtet werden: „Ist eine öffentliche Wahrnehmung des Problems dazu vorhanden?“, „Ist Kapital vorhanden um die Lösungen für das Problem umzusetzen?“ und zuletzt die Frage „Ist der politische Wille da, die Lösungen umzusetzen?“. Die Bewertung erfolgt analog zur zweiten Frage. Sind alle Faktoren mit Ja zu beantworten, wird die Punktezahl Null erteilt, ist kein Faktor mit Ja zu beantworten, wird die Punktezahl Drei erteilt.

Für die Beantwortung der Frage, ob die Folge verhinderbar ist, müssen die Resultate aus der ersten und zweiten Frage beigezogen werden. Wenn sich dort herausstellt, dass ein bis fünf Punkte vergeben wurden, dann wird bei der dritten Frage mit „teilweise“ beantwortet, respektive mit „Ja“ bei null Punkten und mit „Nein“ bei sechs Punkten.

3.5 Punkteverteilung

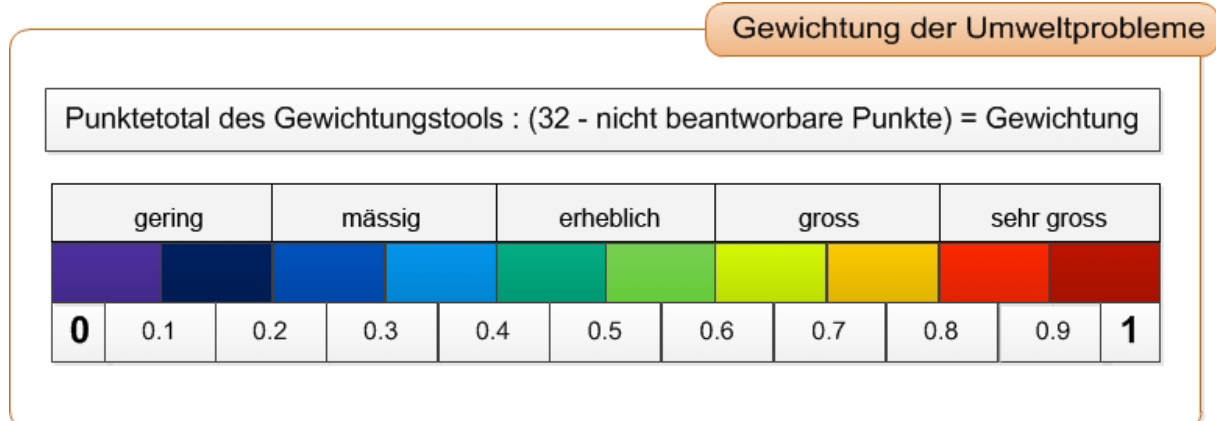
Das gesamte Gewichtungstool ist in der sechsten Abbildung dargestellt. Sämtliche Umweltprobleme, aus denen als Minimum eine ökologische Negativfolge entsteht, durchlaufen die vier Sparten räumliche Ausdehnung, Dauer, Lösbarkeit und Folgeprobleme und werden auf einer Skala von Null bis Acht bewertet. Die Skalierung von Null bis Acht wird angewendet, weil die eben genannten Faktoren im Bewertungssystem in verschieden grosse Untergruppen geteilt werden. Weil auf die Vergabe von halben Punkten verzichtet wird, ist der kleinste gemeinsame Nenner die Zahl Acht. Nachdem ein Umweltproblem sämtliche Sparten durchlaufen hat und die jeweiligen Punkte verteilt sind, wird eine alle Sparten umfassende Gewichtung des Umweltproblems vorgenommen. Dazu wird die Punktzahl jedes Umweltproblems durch die maximal mögliche Punktzahl dividiert. Der Maximalwert liegt in der Regel bei 32 Punkten, wobei er auch tiefer sein kann. Dies ist der Fall, wenn bei einem Umweltproblem aufgrund fehlender Forschungsliteratur bei einer Sparte keine Gewichtung vorge-

nommen werden kann. Dann reduziert sich das Maxim um die Punktzahl, welche nicht vergeben werden kann.



Abbildungen 6: Gesamtes Gewichtungstool (Eigene Darstellung)

Aus dieser Formel ergibt sich ein Wert zwischen Null und Eins für jedes Umweltproblem. Umso höher der Wert ausfällt, desto schwerer ist das Umweltproblem gemäss dem Gewichtungstool einzuordnen. Zur Gliederung der unterschiedlichen Schwere wird auf die fünfteilige Abstufung gering, mässig, erheblich, gross und sehr gross zurückgegriffen. Es ist dies die aus der Europäischen Gefahrenskala für Lawinenbulletin bekannten Termini (SLF 2014). In einer Farbskala von grün bis rot, respektive von gering bis sehr gross sind die endgültigen Gewichtungswerte von Null bis Eins in der siebten Abbildung dargestellt.



Abbildungen 7: Gewichtung der Umweltprobleme (Eigene Darstellung)

4 Ausgewählte Umweltprobleme

Die Selektion der Umweltprobleme basiert auf verschiedenen Überlegungen. Primäres Kriterium war, dass die ausgewählten Probleme beim Goldabbau in Südamerika auftreten. Weiter musste Forschungsliteratur zum Umweltproblem vorhanden sein, welche das Problem im Spiegel der Nachhaltigkeit betrachtet. Die in der Literatur vorgebrachten Kritikpunkte mussten mittels des erarbeiteten Gewichtsschemas ausgewertet werden können.

4.1 Entwaldung

4.1.1 Beschreibung des Problems

Die Zerstörung des Regenwaldes in Südamerika ist ein viel diskutiertes Phänomen, wird aber bezüglich des Goldbergbaus oft vernachlässigt (Peterson et al. 2001:117). Peterson et al. (2001) schätzen die jährlich abgeholzte Fläche in Suriname um Goldminen zu installieren auf 48-96 km². Dies ist im Vergleich zur übrigen Abholzung durch andere Landnutzungsformen relativ wenig, aber doch ein reales Problem (Peterson et al. 2001:124). Nach der Nutzung als Goldmine bleiben die entwaldeten Flächen ohne Wiederaufforstungsmassnahmen brach zurück. Der Boden bleibt vegetationslos und Mulden werden zu Teichen (Peterson et al. 2001:117).

Peterson et al. (2001) haben festgestellt, dass die Regeneration des Waldes wahrscheinlich mehrere Dekaden dauern wird. Gemäss Bacher et al. (2012) dauert diese Erholung zirka 250 Jahre. Die Folgen durch den Verlust des Waldes sind vielfältig. Peterson und Heemskerk (2001) beschreiben, dass durch die Abholzung die Habitate der Wildtiere zerstört werden und diese so zur Migration gezwungen sind. Ausserdem sind die entstandenen Teiche ein Faktor in der Verbreitung von Malaria. Weiter führt das Fehlen des Waldes zur Beschleunigung der Erosion der Böden und einer Veränderung der Luftfeuchtigkeit (Pedlowski et al. 1997). Coe et al. (2009) haben durch ihre Simulationen zudem festgestellt, dass die Evapotranspiration abnehmen wird und mehr Wasser an der Oberfläche abfließen wird. Ausserdem wird der regionale Niederschlag durch die Entwaldung modifiziert (Coe et al. 2009).

4.1.2 Gewichtung des Problems

Die Entwaldung durch die Minenbetriebe ist ein lokales Problem. Es werden meist nur kleinere Flächen gerodet damit die Mine installiert werden kann. Peterson et al. (2001) gehen von einer durchschnittlichen Fläche von 6400m² (80m x 80m) pro Mine aus. Dadurch wird dieses Umweltproblem punkto räumlicher Ausdehnung in die Kategorie „punktuell bis regional“ eingestuft [2 Pt.].

Für die Gewichtung wird der Wert von zirka 250 Jahren nach Bacher et al. (2012) berücksichtigt. Somit wird dieses Umweltproblem in die Kategorie „langfristig“ eingeteilt [6 Pt.]. Die-

se Gewichtung rechtfertigt sich im Vergleich zu den anderen Umweltproblemen. Beim Umweltproblem „Quecksilber in der Atmosphäre“ wird eine Dauer von einigen Jahren angenommen und dies mit vier Punkten gewichtet. Acht Punkte werden bei Folgen im Bereich der Unendlichkeit vergeben. Die mittlere Gewichtung von sechs Punkten ist mit diesem Verhältnis zu erklären.

Bezüglich der Folgeprobleme wird die allgemeine Anzahl als mässig betrachtet, weil die zuvor beschriebenen Folgen (Malaria, Erosion, Habitatzerstörung, Klimaveränderungen, usw.) auftreten [1 Pt.]. Es handelt sich im Vergleich mit anderen Umweltproblemen um eine mittellange Auflistung. Die Anzahl ökologischer Folgen wird wiederum als gross betrachtet, da Habitats zerstört werden und Tiere zur Migration gezwungen werden (Peterson et al. 2001) [2 Pt.]. Diese Gewichtung legitimiert sich durch den Vergleich mit den anderen Umweltproblemen. Beim Umweltproblem „Cyanide in der Hydrosphäre“ sterben aquatische Lebensformen ab, was für das Ökosystem vergleichbare Folgen wie die Migration von Tieren hat. Ausserdem führt die Abholzung gemäss Pedlowski et al. (1997) zur beschleunigten Erosion und auch das regionale Klima wird beeinflusst (Coe et al. 2009). Die Anzahl sozialer Folgen wird auf „wenige“ eingestuft [1 Pt.]. Begründet wird diese Gewichtung mit der von Peterson und Heemskerk (2001) diskutierten Ausbreitung von Malaria und der Verdrängung von indigenen Völkern. Es handelt sich zwar um gravierende Folgen. Dieses Gewichtungstool beachtet jedoch nur die Anzahl und diese ist überschaubar und somit die Einstufung gerechtfertigt. Zur Anzahl ökonomischer Folgen ist aufgrund fehlender Literatur keine Gewichtung möglich. Der Goldabbau wird immer eine gewisse Fläche an Wald beanspruchen. Dazu gibt es keinerlei technische Instrumente [3 Pt.]. Einzig ein Bergbauverbot in bewaldeten Gebieten wäre eine mögliche Lösung. Dies ist aber gemäss unserem Gewichtungstool nicht zulässig, da so eine Schliessung der Mine notwendig wäre. Somit wird der Entwaldung die maximal mögliche Punktzahl vergeben. Zur Reduktion des Abholzens des Waldes auf Kosten von Minen ist in keinem Forschungsbericht eine politische Bemühung wahrzunehmen. Es entsteht der Eindruck, dass Mining als Ursache von Entwaldung als weniger problematisch wahrgenommen wird, als Entwaldung durch beispielsweise Landwirtschaft [3 Pt.]. Da sich auf der Fläche der Mine die Entwaldung nicht verhindern lässt [2 Pt.], wird die Lösbarkeit mit acht Punkten bewertet.

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	2	
Dauer:	6	
Folgeprobleme:	4	1+2+1 / ökonomische Anzahl nicht beantwortbar
Lösbarkeit:	8	3+3+2
Total:	20	Gewichtungswert: 0.67 (20/30)

Tabelle 1: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Entwaldung (Eigene Darstellung)

4.2 Habitatzerstörung

4.2.1 Beschreibung des Problems

Im Gegensatz zur Quecksilberschmutzung sind die anderen, bergbauverursachten Probleme in Südamerika kaum anerkannt. Der entstehende Bodenverlust durch Artisanal-Small-Scale-Mining wirkt sich nicht nur in-situ negativ aus, sondern ebenfalls im Bereich der stromabwärts stattfindenden Verlandung bzw. Akkumulierungsprozessen im Gerinnebett der Flüsse (Mol et al. 2004:202).

Der durch den Goldabbau beeinflusste Mamanari Creek erfährt, im Gegensatz zum ungestörten Maykabuka Creek, eine veränderte Zusammensetzung der Sedimentfracht in Bezug auf die Korngrößen und den Konzentrationsgrad von sedimentgebundenen Metallen. Korrelierend mit dem Beginn des Goldabbaus stieg der Feinmaterialanteil der Sedimentfracht an. Die Abbauregion umfasst 5.3% der Einzugsfläche des Mamanari Creeks und liefert 95.6% an die gesamte Sedimentfracht des Flusses, welche in diesem Fall für ein tropisches Regenwaldgewässer aussergewöhnlich hoch ist (Mol et al. 2004:207).

Der nicht abtransportierte Sedimentanteil lagert sich auf dem Gerinnebett ab und überdeckt die strukturellen Elemente der Bachsohle mit einer Sedimentschicht. Auf diese Weise werden Schotterbänke, Baumwurzeln und pflanzliche Überreste begraben. Noch herausragende Strukturen wie Spalten und Löcher sind ebenfalls mit Sedimentfracht verfüllt und führen somit zu einer verkleinerten Habitatsvielfalt (Mol et al. 2004:208, 210).

Diese Prozesse führen zum Beispiel für Fische zu einer Habitatveränderung. Mol et al. (2004:209) registrieren unterschiedliche Auswirkungen auf die Fischgemeinschaft. Die Pigmentierung und Farbe der Fische sind nicht so stark ausgeprägt wie im ungestörten Maykabuka Creek und die Anzahl Jungfische ist zurückgegangen. Zudem kommt es zu einem Fischsterben, die Fortpflanzung wird durch die Brutplatzbeeinträchtigung gestört und die Nährstoffproduktion wird reduziert (Mol et al. 2004:210f).

Einerseits ist die Artenvielfalt in der Fischgemeinschaft aufgrund des Habitatverlusts gesunken, andererseits konnten sich einige wenige an die neuen Bedingungen wie verdunkelte Lichtverhältnisse anpassen (Mol et al. 2004:210). Die Resilienz des Ökosystems gegenüber den Veränderungen ist schwach und auch nach Ende der Bergbautätigkeit wird es Jahre dauern, bis das vorhergehende Gleichgewicht wiederhergestellt sein wird. Die Autoren betonen ebenfalls die Auswirkungen auf die ansässige Bevölkerung, deren Trinkwasserqualität und Fischfang negativ beeinflusst wird (Mol et al. 2004:212).

4.2.2 Gewichtung des Problems

Die räumliche Ausdehnung des verstärkten Sedimenteintrags, -transportes und dessen Sedimentation im Gerinnebett, welche von Minen ohne ausreichende Massnahmen ausgehen, ist begrenzt. Die damit einhergehende Habitatzerstörung beschränkt sich auf die

flussabwärts gelegenen aquatischen Lebensräume, in diesem Fall auf das Habitat des 25 km langen Mamanari Creeks (Mol et al. 2004:203) und fällt deshalb in die Kategorie „punktuell bis regional“ [2 Pt.].

Da die Habitatzerstörung über die Minendauer hinausgeht und die Lebensgemeinschaften flussabwärts sich nur sehr langsam wieder von einer solchen Veränderung erholen, wird als „langfristig“ beurteilt [6 Pt.]. Die Entscheidung begründet sich aufgrund der Annahme, dass es laut Autoren noch viele Jahre dauern könnte, bis der Fluss die Sedimentschichten auf natürliche Weise erodiert hat und sich die Lebensgemeinschaft wieder erholen kann (Mol et al. 2004:212). Somit handelt es sich um eine längere Dauer als beim Umweltproblem „Quecksilber in der Atmosphäre“, welches mit vier Punkten gewichtet wird.

Die acht Punkte bei der Gewichtung der ausgelösten Folgeproblemen stützen sich auf die verschiedenen, oben beschriebenen Probleme, die mit der Habitatzerstörung zusammenhängen wie reduzierte Fischdiversität, gestörte Fortpflanzung, weniger Jung- und Speisefische und deren veränderte Ernährungsmuster. Die lange Folgekette, welche das Umweltproblem der Habitatzerstörung nach sich zieht, wird mit zwei Punkten bewertet [2 Pt.]. Werden die einzelnen Folgen aufgeteilt, kristallisiert sich heraus, dass die Mehrheit der Folgen dem ökologischen Bereich zugeordnet werden können [2 Pt.]. Die ökonomischen und sozialen Folgen lassen sich nicht präzise auseinanderdividieren, machen jedoch anteilmässig einen kleineren Bereich aus als die ökologischen Folgeprobleme. Beispielsweise vermindert sich die Trinkwasserqualität für die ansässige Bevölkerung, welches soziale und ökonomische Folgen wie gesundheitliche Schäden verursacht (Mol et al. 2004:209ff). Die Autoren bringen zum Ausdruck, dass sich durch den Rückgang der Fischbestände schwerwiegende sozio-ökonomische Probleme für die Bevölkerung ergeben, da ihre wichtigste Ernährungsquelle, der Fischfang, wegfällt und die Ernährung umgestellt werden muss (Mol, Ouboter 2004:212). Die entstehenden sozialen [1 Pt.] und ökonomischen Folgen [1 Pt.] werden als relativ überschaubar klassifiziert werden.

Die Organisation der mobilen und weit verstreuten Bergbauarbeiter muss sich verbessern, damit sie in Prozesse der Entscheidungsfindung integriert werden können, beispielsweise in Sedimentation-Monitorings und Konstruktionen von Rückhaltebecken. Es existieren somit wirksame als auch technisch realisierbare Lösungen. Allerdings handelt es sich um aufwändige Unterfangen [1 Pt.]. Trotz der technischen Machbarkeit wird die Umsetzung von Regulierungen und Lösungen seitens der Regierung kaum ausgeführt (Mol et al. 2004:212). Das hängt sicherlich teilweise mit dem Aufwand zusammen, der betrieben werden müsste. Eine grosse Herausforderung zur Regulierung des informellen Bergbaus stellen die Nichtbeachtung und der fehlende Wille seitens der Regierung dar [2 Pt.]. So wird die Frage nach, ob die Folgen verhinderbar als teilweise bewertet [1 Pt.].

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	2	
Dauer:	6	
Folgeprobleme:	6	2+2+1+1
Lösbarkeit:	4	1+2+1
Total:	18	Gewichtungswert: 0.56 (18/32)

Tabelle 2: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Habitatzerstörung (Eigene Darstellung)

4.3 Cyanide in der Hydrosphäre

4.3.1 Beschreibung des Problems

Der Goldabbau in der Region Portovelo-Zaruma⁴ in Ecuador ist die Ursache für Umweltprobleme, welche durch die Ableitung von Quecksilber, Cyaniden und metallangereicherten Rückständen in den Gewässern des Puyango Einzugsgebiets entstehen (Tarras-Wahlberg et al. 2001:239). Durch mangelhafte Rückhaltemassnahmen, welche aufgrund von Missachtungen der Regelungen zur lokalen Umweltverträglichkeit entstehen, gelangen die Chemikalien in die Flüsse (Tarras-Wahlberg et al. 2001:240). Das freie und gebundene Cyanid, dessen Bedeutung im Goldabbau in Kapitel 2 beschrieben wird, stammt aus den Cyanidationsanlagen der Minen. Die Cyanid Konzentrationen, welche vor allem in Trockenperioden und während tiefen Wasserständen sehr hoch sind, überschreiten flussabwärts die zulässigen, umweltverträglichen Grenzwerte für den Schutz des aquatischen Lebens (Tarras-Wahlberg et al. 2001:246).

Wie auch bei anderen Metallgehalten in den Gewässern stellen die Autoren flussabwärts eine schnelle Abnahme der Konzentration dank weiteren, nicht kontaminierten Zuflüssen fest. Trotzdem kann das freie Cyanid bei ungünstigen Bedingungen noch 60 km flussabwärts nachgewiesen werden bzw. üben die Minenverschmutzungen bis 160 km flussabwärts noch einen Einfluss auf die Ökosysteme aus (Tarras-Wahlberg et al. 2001:249, 259). Die Autoren folgerten, dass die komplette Ausrottung des Lebens im Fluss der akuten Cyanidtoxizität zugeschrieben werden kann (Tarras-Wahlberg et al. 2001:257).

Tarras-Wahlberg et al. (2001:252) stellten in den kontaminierten Bereichen des Puyango Basins einen Rückgang der Taxa und deren Individuen fest. Sowohl die Cyanidgehalte als auch die anderen metallhaltigen Abflüsse der Mine führen zu einem kompletten Ver-

⁴ Die Region Portovelo-Zaruma ist das älteste und wichtigste Goldabbauzentrum in Ecuador. Während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bis zirka 1980 wurde industriell Gold abgebaut. Seit 1984 ist dort hauptsächlich Artisanal-Small-Scale-Mining angesiedelt, welche teilweise über halb-mechanisierte Verfahren des Goldabbaus verfügen (Tarras-Wahlberg et al. 2001:239).

schwinden von vielen Fischarten, unter anderem auch von einigen Speisefischen (bspw. der „Raspabalsa“ oder Flusskrabben) (Tarras-Wahlberg et al. 2001:255).

Eine weitere Folge ist die Bioakkumulation der Metalle wie Quecksilber, Blei oder Kupfer in den Lebewesen, sodass diese Fische für den Verzehr ungeeignet sind und durch Migration zwischen verschmutzten und nicht kontaminierten Gewässern die negativen Auswirkungen räumlich noch ausdehnen (Tarras-Wahlberg et al. 2001:256ff).

4.3.2 Gewichtung des Problems

Wie oben erwähnt, haben Tarras-Wahlberg et al. (2001:249,259) Cyanide und andere Metalle 60 bzw. bis 160 km flussabwärts noch nachweisen können. Daraus resultiert die Gewichtung der räumlichen Ausdehnung in die Kategorie „regional-überregional“ [4 Pt.]. Zum Modul der zeitlichen Ausdehnung wurden in der zur Verfügung stehenden Literatur keine Angaben gefunden und deshalb kann in dieser Kategorie keine Gewichtung gemacht werden.

Die Anzahl der Folgeprobleme, welche in der Beschreibung des Problems genannt werden, sind unüberschaubar gross [2 Pt.]. Durch die Aufnahme von Cyaniden und anderen Metallen in überhöhten Konzentrationen in die Nahrungskette entwickeln sich unvorhersehbare Folgen. Laut Tarras-Wahlberg et al. (2001:258) sind die unterschiedlichen Auswirkungen, beispielsweise von Cyanid-Metall-Komplexen, noch unzureichend erforscht. Die bedeutsamsten sollen kurz ausgeführt werden. Die schwerwiegendste ökologische Folge, welche von den hohen, toxischen Cyanid-Konzentrationen ausgeht, ist die komplette Vernichtung des aquatischen Lebens. Aufgrund dieser und anderen ökologischen Folgen werden in diesem Bereich somit zwei Punkte vergeben [2 Pt.]. Für die lokale Bevölkerung ergeben sich aus der verminderten Wasserqualität und den für den Verzehr ungeeigneten Speisefischen soziale [1 Pt.] und ökonomische Folgeprobleme [1 Pt.] (Tarras-Wahlberg et al. 2001:257ff). Diese Folgeketten können wie bei einigen vorherigen Umweltproblemen mit ähnlichen Folgen ebenfalls als noch relativ überschaubar kategorisiert werden.

Bei der Kategorie „Lösbarkeit“ kann die Umweltverschmutzung der Gewässer vermindert und teilweise gelöst werden. Dies ist ein essentieller Punkt im Hinblick auf die Wiederherstellung der vorherigen Ökosysteme. Nach Tarras-Wahlberg et al. (2001:259) wäre menschlich im Stande, das Management der Minen-produzierten Abfallprodukte mit dem Bau von Aufstauungen und Rückhaltemassnahmen zu verbessern. Die Wirksamkeit dieser möglichen und mit mässigem Aufwand verbundenen Vorschläge wird von den Autoren als sehr zufriedenstellend prognostiziert (Tarras-Wahlberg et al. 2001:259). Somit werden bei der ersten Einheit der Lösbarkeit keine Punkte vergeben, weil theoretisch alles vorhanden wäre [0 Pt.]. Auf vorhandenes Kapital zur Umsetzung der Lösungen wird in der Literatur nicht explizit verwiesen und erhält dadurch das Prädikat „nicht beantwortbar“. Die Folgeprobleme sind ähnlich wie bei der Habitatzerstörung und werden möglicherweise analog betrachtet bzw.

vernachlässigt, obwohl Rückhaltemechanismen und Vorschriften für den dortigen Goldabbau bestehen würden. Daraus folgt, dass eine öffentliche Wahrnehmung der ökologischen Probleme erfolgte, der Wille zu einer konsequenten Umsetzung der bestehenden Vorschriften aber bis heute fehlt [1 Pt.] (Tarras-Wahlberg et al. 2001:240).

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	4	
Dauer:	n. b.	
Folgeprobleme:	6	2+2+1+1
Lösbarkeit:	2	1+0+1 / «Wahrnehmung, Kapital» nicht beantwortbar
Total:	12	Gewichtungswert: 0.52 (12/23)

Tabelle 3: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Cyanide in der Hydrosphäre (Eigene Darstellung)

4.4 Quecksilber in der Atmosphäre

4.4.1 Beschreibung des Problems

Nach der Bildung des Amalgams wird das Quecksilber (Hg) verdampft, um es vom Rohgold zu trennen. Dies geschieht oft durch offenes Brennen, wobei elementares Quecksilber in gasförmigem Zustand in die Atmosphäre gelangt. Von den jährlich durch den Bergbau ausgestossenen 1'000 Tonnen Quecksilber gelangen 700 Tonnen in Böden, Flüsse und Seen, 300 Tonnen verflüchtigen sich direkt in die Atmosphäre. Für den Menschen stellt das freie Quecksilber in der Atmosphäre die direkteste Kontaktquelle dar (Malm 1998). Über die Atmung gelangt der giftige Quecksilberdampf in die Lunge und nach kurzer Zeit in die Blutgefäße, wo ein Teil davon oxidiert und sich in den Nieren akkumuliert (WHO 1991). Während des Amalgamierungsprozesses kann das Quecksilber auch direkt durch die Haut der Arbeiter aufgenommen werden (Veiga et al. 2006). Eine chronische Aussetzung durch Quecksilberdämpfe sowie die Aufnahme von Methylquecksilber belastet in erster Linie das zentrale Nervensystem (Beinhoff et al. 2008). Zudem können Hirn, Nervenzellen, Leber, Nieren oder die Sinnesorgane geschädigt werden.

Besonders bei Kindern kann das Einatmen von Quecksilberdämpfen zu ernsthaften Erkrankungen führen. In über 50 Ländern der Erde leben Kinder in Artisanal-Small-Scale-Mining-Regionen und helfen teilweise bereits im Kleinkindalter im Bergbau mit. Dadurch sind sie den giftigen Quecksilberdämpfen ausgesetzt. Eine klinische Untersuchung von 166 Kindern in Indonesien und Zimbabwe hat ergeben, dass exponierte Kinder typische Symptome einer Quecksilber-Vergiftung zeigten, wie beispielsweise Ataxie – eine Krankheit, welche Störungen der Muskelkoordination hervorruft (Beinhoff et al. 2008).

Sehr hohe Quecksilber-Konzentrationen in der Atmosphäre wurden in Regionen gefunden, wo Amalgam unter freiem Himmel gebrannt wird (Malm 1998). An vielen Orten erfolgt das Brennen des Amalgams zentral bei Goldaufkäufern in Dörfern oder Städten (Becker et al. 2008). Dadurch werden die lokale Bevölkerung und insbesondere die Goldhändler direkt den giftigen Dämpfen ausgesetzt. In Goldgeschäften wurden stark erhöhte Quecksilber-Konzentrationen gemessen, sogar in solchen, wo keine Brennungs-Aktivitäten durchgeführt wurden. Besonders in alten, schlecht durchlüfteten Innenräumen haben Messungen sehr hohe Quecksilber-Konzentrationen in der Luft ergeben (Malm 1998).

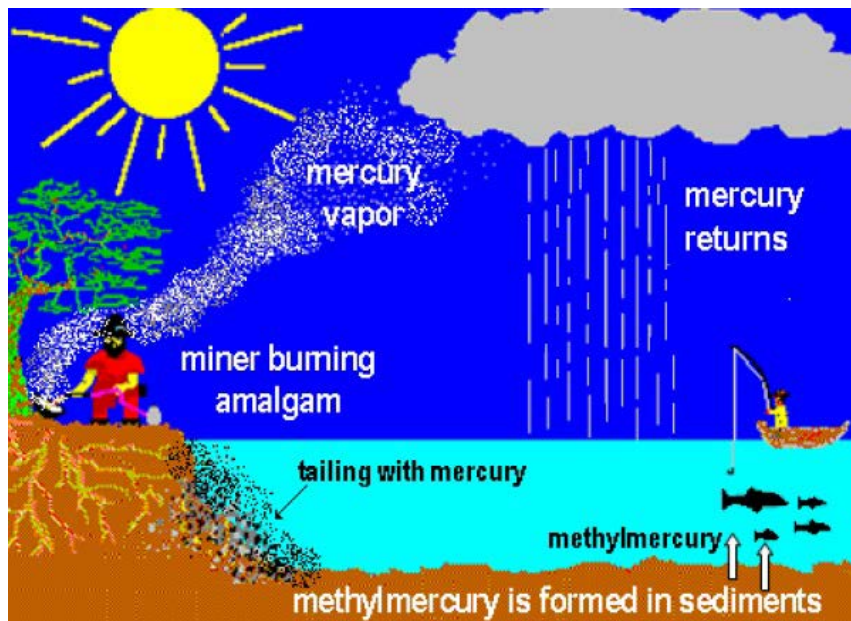


Abbildung 8: Der Quecksilber-Kreislauf (stark vereinfachte Darstellung aus: Veiga et al. 2006)

Das Quecksilber verbleibt nicht in der Atmosphäre, sondern wird nach einer Aufenthaltsdauer von ungefähr einem Jahr durch Staubteilchen oder Regen zurück auf die Erdoberfläche gebracht. Bei diesem Prozess spielt die obere Atmosphäre eine entscheidende Rolle als „chemischer Reaktor“. Sobald der Quecksilberdampf in grosse Höhen aufgestiegen ist, oxidiert er in der oberen Atmosphäre. Durch diese Reaktion lagert sich das Schwermetall leichter an Staubteilchen an und sinkt mit diesen zu Boden (Lyman et al. 2012).

4.4.2 Gewichtung des Problems

Der grösste Teil des Quecksilbers liegt in der Atmosphäre in elementarer Form vor (Bunke 2007). Die grösste Gefährdung durch Quecksilberdampf besteht bei den Bergbauarbeitern, welche den Dampf direkt bei der Amalgamierung einatmen oder durch die Haut aufnehmen können. Der Quecksilberdampf ist relativ schlecht wasserlöslich, leichtflüchtig und verbleibt aufgrund seiner chemischen Reaktivität lange in der Atmosphäre (Ebinghaus et al. 2002).

Durch diese lange Verweildauer wird das Quecksilber durch Luftströmungen weltweit in der Erdatmosphäre transportiert. So kann es zu Quecksilbereinträgen in Regionen kommen, die weit entfernt von Bergbaugebieten liegen (Bunke 2007). Die betrachtete Problematik zieht folglich globale Auswirkungen mit sich. Da sich diese Arbeit auf den Kontinenten Südamerika beschränkt, erfolgt die Gewichtung auf die in dieser Arbeit höchste Stufe, der „national-kontinentalen“ Stufe [2 Pt.].

Die Einstufung der Dauer basiert auf Angaben von Alewell et al. (2008). Diese schätzen die Verweildauer des Quecksilbers in der Atmosphäre auf ein Jahr. Gemäss dem bisherigen Kenntnisstand wirken im biogeochemischen Kreislauf Böden und Sedimente als Senke für Quecksilber (Bahlmann 2004). „Ein Grossteil des atmosphärisch deponierten Quecksilbers wird sehr effektiv in der obersten Humusschicht des Bodens gebunden“ (Meili 1991). Würde eine Mine geschlossen, so könnte mensch davon ausgehen, dass der durch die Mine ausgestossene Anteil an Hg in der Atmosphäre innerhalb absehbarer Zeit grösstenteils im Boden gebunden werden würde. Problematisch ist die Übergangsphase der Quecksilberdämpfe aus der Atmosphäre bis zur Bindung im Erdboden. Es erfolgt somit die Einstufung als „mittelfristig“. Wiederum werden hier – wie im Gewichtungstool vorgesehen – die Folgeprobleme nicht beachtet [4 Pt.].

Durch den Quecksilber-Eintrag in die Atmosphäre entstehen zahlreiche Folgeprobleme. In erster Linie bergen die Quecksilber-Dämpfe erhebliche Gesundheitsrisiken. Sowohl die Bergbauarbeiter als auch die lokale Bevölkerung sind den gesundheitsschädigenden Dämpfen ausgesetzt. Die schädliche Wirkung des Quecksilbers auf den menschlichen Körper lässt erahnen, dass Quecksilber auch auf tierische Organismen negative Einflüsse hat. Es mangelt jedoch bisher an Studien zu diesem Zusammenhang. Das Quecksilber, das in der Atmosphäre über weite Strecken hinweg transportiert wird und durch Regen und Staubpartikel wieder auf die Erdoberfläche gelangt, wird global in die Pedo- und Hydrosphäre eingetragen. Dort kann es in die Biosphäre und somit in die Nahrungskette übergehen, was ökologische Konsequenzen mit sich zieht. Für die Anzahl der Folgeprobleme wird also die höchste Punktzahl vergeben [2 Pt.]. Die ökologischen Probleme erhalten aus genannten Gründen ebenfalls zwei Punkte [2 Pt.]. Die sozialen [1 Pt.] und ökonomischen [1 Pt.] Folgeprobleme erhalten je einen Punkt. Dies aus dem Grund, dass die betroffenen Menschen unter den entstehenden Gesundheitsschäden zu leiden haben, was wiederum Kosten, also ökonomische Folgen, verursacht. Durch die entstehenden Gesundheitskosten nimmt jedoch die sozial bedingte Ungleichheit von Gesundheitschancen als Resultat der mangelnden Bildung, der Armut und des bestehenden Gesundheitszustands weiter zu (Rosenbrock et al. 2000:1). Dies könnte zu zusätzlichen Spannungen in der betroffenen Bevölkerung führen. Die Frage, ob sich das Problem verhindern lässt, kann mit „teilweise“ beantwortet werden. Um den Quecksilber-Ausstoss in die Atmosphäre zu reduzieren, sind keine grossen

technischen Errungenschaften notwendig. Bereits einfache Methoden, wie der Einsatz von selbstgemachten Retorten (Destilliergefäss) beim Amalgamieren oder der Einbau von Dampfzugskapellen in Goldhändler-Geschäften können den Hg-Ausstoss erheblich senken (Veiga 1997). Auch das Beachten von einigen Regeln bei der Goldgewinnung würde zu Fortschritten führen: Grundsätzlich sollte nie das gesamte Erz amalgamiert werden, sondern immer zuerst so gut als möglich das grobe Gold durch mechanische Verfahren extrahiert werden. Die Nähe zu Siedlungsgebieten sollte bei Amalgamierungs-Verfahren möglichst gemieden werden. Zudem können zentrale Orte mit entsprechender Infrastruktur geschaffen werden, wo umweltfreundlich Gold extrahiert werden kann (Spiegel et al. 2009). Möglichkeiten zur Verminderung von Quecksilber würden also durchaus bestehen. Der Aufwand für deren Umsetzung wird jedoch als hoch eingeschätzt. So erfordert zwar beispielsweise der Eigenbau von Retorten keiner grossen finanziellen Mittel, jedoch muss das nötige Know-How vermittelt werden.

Die Wirksamkeit der möglichen Massnahmen kann als hoch eingestuft werden - einfache Filter reduzieren beispielsweise die Quecksilber-Emissionen um mehr als 95% [1 Pt.] (Chouinard et al. 2008).

Obschon ein grosses Wissen bezüglich der Toxizität von Quecksilber sowie technischen Lösungsansätzen besteht, wird Quecksilber weiterhin in riesigen Mengen in die Umwelt abgegeben (Hilson 2005:2). Primärer Grund hierfür ist das Fehlen von ökonomischen Alternativen. Der Kleinbergbau stellt für die Arbeiter oftmals die einzige Chance der Prosperität dar und bildet deren Existenzgrundlage (Veiga 1997:14). Ein anderer, weitverbreiteter Erklärungsansatz ist gemäss Hilson (2005) die Tatsache, dass viele ungebildete Bergbauarbeiter umwelt- und gesundheitsbezogene Angelegenheiten ignorieren, da sie an der Toxizität des Quecksilbers zweifeln. Dies aus dem Grund, da die Symptome einer Quecksilber-Vergiftung nicht sofort sichtbar werden. Unterstützt wurden diese Ansichten durch Autoritätspersonen, welche dieselben Meinungen teilten. So verabreichte sich im Jahre 1987 José Altino Machado, ein garimpeiro⁵-Führer während eines Fernsehauftritts selbst metallisches Quecksilber, um dessen Harmlosigkeit zu beweisen (Hilson 2005:2). Die soziale Wahrnehmung der Quecksilber-Problematik muss folglich als gering eingestuft werden [3 Pt.].

Kleinbergbau ist ein armutsgetriebenes Phänomen (Chouinard et al. 2008). Wo Kleinbergbau betrieben wird, ist kaum Kapital für technische Lösungen oder Ausbildungsprogramme vorhanden (Hilson 2005). Unterstützung in Form von Spenden oder Kleinkrediten erfolgt vor allem durch NGOs oder transnationale Organisationen. So wurden beispielsweise im Rahmen des Global Mercury Projects (GMP), welches von der UNIDO (United Nations

⁵ Ursprünglich portugiesischer Begriff für illegale und informelle Goldsucher im brasilianischen Amazonasgebiet. Wird im heutigen Sprachgebrauch häufig allgemein für Arbeiter im Kleinbergbau verwendet.

Industrial Development Organization) und des UNDP (United Nations Development Programme) getragen wird, Sensibilisierungskampagnen und andere Projekte durchgeführt (vgl. bspw. Chouinard et al. 2008).

Vonseiten der Regierung ist nicht auf Unterstützung zu hoffen. Fast sämtliche Regierungen wünschen sich das Verschwinden des Kleinbergbaus. Arbeiter im Artisanal-Small-Scale-Mining haben kaum politischen Einfluss und bringen keine Steuergelder ein. Gewöhnlich agieren sie fernab jeglicher staatlichen Kontrolle (Veiga 1997:14). Insgesamt ergibt sich so für die Beurteilung der Lösbarkeit der Wert 5.

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	8	
Dauer:	4	
Folgeprobleme:	6	2+2+1+1
Lösbarkeit:	5	1+3+1
Total:	23	Gewichtungswert: 0.72 (23/32)

Tabelle 4: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Quecksilber in der Atmosphäre (Eigene Darstellung)

4.5 Quecksilber in der Pedo- und Hydrosphäre

4.5.1 Beschreibung des Problems

Durch das Amalgamierungs-Verfahren kommt es zu Quecksilber-Einträgen in Böden und Gewässer, was zu gefährlich hohen Quecksilber-Konzentrationen führt. In Kolonialzeiten wurden hauptsächlich primäre Goldquellen genutzt, im aktuellen Goldrausch werden vor allem sekundäre Goldreserven in Böden oder Flusssedimenten (kolluviale und alluviale Goldreserven) abgebaut (Malm 1998). Vor dem Brennen des Amalgams wird das überschüssige Quecksilber vom Amalgam separiert, meistens durch Ausdrücken von Hand. Je nach Bergbau-Unternehmung wird das abgetrennte Quecksilber nicht wiederverwertet und zwischen 5 bis 45% des total eingesetzten Quecksilbers gelangen direkt in die Flüsse oder in den Boden (Maurice-Bourgoin 1999).

Das in die Umwelt freigesetzte Quecksilber verbleibt nicht stationär am Ort seiner Ablagerung, sondern gelangt in den globalen Quecksilber-Kreislauf. Abbildung 8 zeigt die zentralen Bewegungen im Quecksilber-Kreislauf auf.

Durch Oberflächenabfluss oder Ausspülung durch das Grundwasser wird das Quecksilber von der Pedo- in die Hydrosphäre transportiert. Umgekehrt gelangen Quecksilber-Partikel, welche nach der Amalgamierung direkt ins Wasser geschwemmt werden, über das Grundwasser und das Absinken und Ablagern in Seesedimenten von der Hydrosphäre in den Boden. Zwischen Pedo- und Hydrosphäre finden also rege Austauschprozesse statt. Zudem

entsteht vorwiegend in Flüssen, Teichen und Böden durch chemische und biologische Prozesse das gefährliche Methylquecksilber (CH_3Hg^+), was zu Folgeproblemen führt (Veiga 1997). Aufgrund dieser Gemeinsamkeiten werden die Pedo- und die Hydrosphäre für die Beurteilung der Quecksilber-Problematik gemeinsam betrachtet.

Das Hauptproblem des Quecksilbers in der Pedo- und Hydrosphäre besteht darin, dass die methylierte Form von Quecksilber in die Biosphäre und somit in die Nahrungskette gelangt. Fische stellen für den Menschen die Hauptaufnahmequelle von Methylquecksilber dar. Analysen von Urin- und Haarproben haben ergeben, dass vor allem am Fluss lebende Einheimische, welche karnivore⁶ Fische konsumieren, erhöhte Quecksilber-Konzentrationen aufweisen. Die Variabilität der Ergebnisse ist jedoch sehr hoch. Es lassen sich nur Fische auf höchster Prädatoren-Ebene auf die schwarze Liste setzen. Meist sind Menschen fernab des Bergbaus von den Folgen des Quecksilber-Eintrags betroffen – mehr als die Bergleute, da diese weniger Fisch essen (Malm 1998).

Methylquecksilber kann zu erheblichen Gesundheitsproblemen führen. Wie die Quecksilberdämpfe, belastet aufgenommenes Methylquecksilber vor allem das Zentralnervensystem (vgl. Kapitel 4.4.1). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat als "vorläufig duldbare" Wochendosis den Wert von 0,3 mg Quecksilber festgesetzt; davon sollten maximal 0,2 mg in Form von Methylquecksilber aufgenommen werden (WHO 1991).

4.5.2 Gewichtung des Problems

Beim Eintrag von Quecksilber in die Pedo- und Hydrosphäre handelt es sich um ein regionales-überregionales Problem. Das in den Boden eingetragene Quecksilber kann zwar eher als lokales Phänomen eingestuft werden, der Anteil, welcher in Flüsse und Seen gelangt, wird jedoch mit dem Wasser über weite Strecken transportiert. Dadurch können zahlreiche Siedlungen von Hg-reichem Wasser betroffen sein. Gemäss Maurice-Bourgoin et al. (1999:36) sind nebst den Goldbau-Regionen selbst vor allem flussabwärts liegende Siedlungen und Ökosysteme betroffen. Die Folgeprobleme können noch weitreichender sein. Bis das Quecksilber methyliert und in die Nahrungskette aufgenommen wird, kann es bereits grosse Distanzen zurückgelegt haben. Die Fische, welche Methylquecksilber im Körper akkumuliert haben, führen zu einer weiteren räumlichen Verbreitung des Metalls [4 Pt.].

Böden dienen im geochemischen Hg-Kreislauf als Senke (Bahlmann 2004). Folglich wird sich bei anhaltendem, hohem Hg-Ausstoss längerfristig Quecksilber in der Pedosphäre anreichern. Auch in tieferen Bodenschichten und Pflanzen angereichertes Quecksilber kann längerfristig zu Umweltproblemen führen, indem Walbrände dieses freigeben (Veiga 1997). Obschon Böden tendenziell als Senken dienen (Bahlmann 2004) verdient die zeitliche Dauer der Problematik nicht die Beurteilung als „unendlich“. Grund dafür ist die Tatsache, dass

⁶ fleischfressend

auch in den Boden eingelagertes Quecksilber weitere Umformungs- und Umlagerungsprozesse durchläuft. Gemäss Schlüter (1993) sind volatile Hg-Verluste aus Böden die wichtigsten Prozesse, welche den Hg-Gesamtgehalt des Bodens bestimmen. In einem Feldversuch zeigte Blinov (1982), dass sich bis zu 60% des oberflächlich eingebrachten HgSO₄ im Laufe des Jahres verflüchtigte. Solche Prozesse führen zu einer weiteren räumlichen Verteilung und somit zu einer „Verdünnung“ hoher Quecksilber-Gehalte in der Umwelt. Längerfristig wird sich das Quecksilber also gleichmässiger in der Umwelt verteilen und so die Problematik hoher punktueller Hg-Konzentrationen beheben. Die Umweltbelastung dauert aber klar über die Lebensdauer einer Mine hinaus. Daraus erfolgt die Einstufung als „langfristig“ [6 Pt.].

Der Hg-Eintrag in Böden und Wasser hat verheerende Folgen. Das Hauptproblem liegt bei der Bioakkumulation von Methylquecksilber. Hohe Konzentrationen an organischen Säuren in Sedimenten und Gewässern fördern die Oxidation von metallischem Quecksilber. Lösliche Hg-organische Komplexe transformieren in Methylquecksilber, welches sehr rasch von Spezies der aquatischen Umwelt aufgenommen wird (Veiga 1997). Besonders hohe Konzentrationen an Methylquecksilber wurden in karnivoren Fischen nachgewiesen. So überschreiten die Konzentrationen in karnivoren Fischen im bolivianischen Río Beni um ein Vielfaches den WHO-Richtwert (Maurice-Bourgoin et al. 1999:305). Die Aufnahme karnivorer Fische durch den Menschen kann neurologische Schäden sowie ein erhöhtes Herzinfarkts-Risiko zur Folge haben (Harris et al. 2003). Nicht nur die Menschen, sondern auch piscivore⁷ Tiere wie auch die Fische selbst, leiden unter hohen Konzentrationen an Methylquecksilber. So wurde bei einigen Populationen eine Schwächung des reproduktiven Erfolgs nachgewiesen [2 Pt.] (Scheuhammer et al. 2007).

Der Quecksilber-Eintrag in die Pedo- und Hydrosphäre zieht also zahlreiche ökologische Folgen nach sich [2 Pt.]. Durch die bestehenden Gesundheitsrisiken resultieren zudem grosse soziale Schwierigkeiten [2 Pt.]. Für einige am Fluss lebende Völker bildet die Fischerei Lebensgrundlage und Hauptnahrungsquelle (Veiga 1997).

Da der Fischmarkt unter den Risiken zu leiden hat, nimmt die ökonomische Aktivität der Fischer ab (Maurice-Bourgoin et al. 1999:305). Zudem bringen die entstehenden Gesundheitsschäden Kosten und damit ökonomische Folgeprobleme mit sich [1 Pt.].

Die Lösbarkeit des betrachteten Problems kann als „teilweise“ eingestuft werden [1 Pt.]. Um möglichst effizient eine Verbesserung der Situation zu erzielen, sind Lösungsansätze erforderlich, welche ganz zu Beginn der Problemkette ansetzen. Es sollte also möglichst bei der Quelle selbst das Austreten von Quecksilber in die Umwelt verhindert werden. Um dies zu ermöglichen, sind keine grossen technischen Errungenschaften notwendig. Es würde reichen, wenn das überschüssige Quecksilber recycelt oder in sicheren Behältern als

⁷ fischfressende

Sondermüll entsorgt würde. Dazu muss jedoch das nötige Wissen und entsprechende Infrastruktur vorhanden sein. Der Aufwand dazu wird, aufgrund von Schwierigkeiten beim Zugang und hohen Kosten für die Ausbildung, als hoch eingeschätzt [1 Pt.] (vgl. Begründung in Kapitel 4.4.2).

Nachdem das Quecksilber bereits in die Umwelt freigesetzt wurde, ist es schwieriger, die resultierenden Probleme zu reduzieren. Beispielsweise kann mittels Wasserfiltern verschmutztes Wasser gereinigt werden. Dies ist aber nur lokal in kleinen Mengen möglich. Um Folgeprobleme wie gesundheitliche Beeinträchtigung zu verhindern, ist eine Umstellung der Ernährungsgewohnheiten notwendig. Doch dadurch werden zahlreiche weitere Probleme, wie die negative Einwirkung des Methylquecksilbers auf die Biodiversität, nicht gelöst. Der einzig sinnvolle Einsatz hat also direkt bei der Hg-Quelle zu erfolgen.

Die Gewichtung der öffentlichen Wahrnehmung, des vorhandenen Kapitals sowie des politischen Willens erfolgt analog zur Beurteilung der Problematik „Quecksilber in der Atmosphäre“ [3 Pt.] (vgl. Kapitel 4.4.2). Somit resultiert für die Lösbarkeit insgesamt der Wert 5.

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	4	
Dauer:	6	
Folgeprobleme:	7	2+2+2+1
Lösbarkeit:	5	1+3+1
Total:	22	Gewichtungswert: 0.69 (22/32)

Tabelle 5: Graphische Veranschaulichung der Punktaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Quecksilber in Pedo- und Hydrosphäre (Eigene Darstellung)

4.6 Arsen in der Hydrosphäre

4.6.1 Beschreibung des Problems

Arsen kommt in Südamerika häufig natürlich, eingeschlossen in jungem Vulkangestein, vor. Durch die Verwitterung des Gesteins an der Erdoberfläche wird Arsen freigesetzt und gelangt so in die Hydrosphäre (Bundschuh et al. 2011:2). Bundschuh et al. (2011) belegen, dass in 14 der 20 südamerikanischen Ländern Fälle von Arsenvergiftungen bekannt sind und insgesamt zirka 14 Mio. Menschen unter den Folgen von Arsen leiden. In den Minen gelangt Gestein aus der Tiefe an die Oberfläche, wo es zur Verwitterung und somit zur Arsenfreisetzung kommt (Matschullat et al. 2007:366). Dieses Arsen wird zusammen mit dem übrigen Prozesswasser in die Flüsse geleitet (Bundschuh et al. 2011:24). Bundschuh et al. (2011) haben festgestellt, dass beispielsweise beim Rio Pilcomayo noch in 203 km Ent-

fernung der Minen Arsen im Fluss nachzuweisen ist. So kommt es zu einer Verschmutzung der Hydrosphäre im Umkreis der Goldminen.

Die Folgen von Arsen für die Umwelt sind vielfältig. Mit Arsen kontaminiertes Wasser ist schädlich für alle aquatischen Lebensformen, wodurch Lebensräume zerstört werden (Bundschuh et al. 2011:19). Auch für den Menschen ist dieses Element eine Gefahr. Arsenhaltiges Wasser, das zur Bewässerung der Gärten genutzt wird, kontaminiert das Gemüse der Bauern (Matschullat et al. 2007:375). Aber auch der direkte Konsum als Trinkwasser verursacht Krankheiten (Bundschuh et al. 2011:19). Bundschuh et al. (2011) zeigen, dass Menschen durch Arsen Krebs und Lungenprobleme bekommen und Kinder unter kognitiver Beeinträchtigung leiden. Matschullat et al. (2007) haben Arsen im Urin und in den Haaren der Bevölkerung festgestellt.

4.6.2 Gewichtung des Problems

Zur Gewichtung der räumlichen Ausdehnung werden die Resultate von Bundschuh et al. (2011) berücksichtigt. Die Untersuchungen haben ergeben, dass sich bis in eine Entfernung von 203 km von den Minen Arsen in Flüssen nachweisen lässt (Bundschuh et al. 2011). Dieser Radius um die Minen entspricht am ehesten der Kategorie „regional bis überregional“ und wird deshalb als Gewichtung gewählt [4 Pt.].

Gelangt Arsen durch den Goldbergbau in die Umwelt, wird dieses Element nicht mehr abgebaut. Es verbindet sich höchstens zu verschiedenen Oxiden, bleibt aber in allen Formen schädlich. Somit ist auf natürlichem Weg kein Ende des Problems möglich. Dadurch ist die Einstufung in die Kategorie „unendlich“ gerechtfertigt [8 Pt.]. Technische Lösungsansätze werden bei der Gewichtung der Lösbarkeit diskutiert.

Wie bereits erklärt sind die Folgeprobleme durch die Arsenverschmutzung vielfältig, da das Arsen in die Nahrungskette gelangt und somit werden die Folgenketten als unüberschaubar beurteilt. Somit wird in der allgemeinen Anzahl die Kategorie „viele“ gewählt [2 Pt.]. Bei der Gewichtung der ökologischen Anzahl an Folgeprobleme werden auch zwei Punkte verteilt. Die Begründung dafür ist, dass durch das Arsen im Wasser die komplette Biosphäre kontaminiert wird, da alles Leben schliesslich von Wasser abhängig ist. Matschullat et al. (2007) und Bundschuh et al. (2011) zeigen nur einige Folgen für die Tiere und Pflanzen, dennoch ist diese Kategorisierung gerechtfertigt [2 Pt.]. Die sozialen Folgen ist zwar schwerwiegend, die Anzahl jedoch überschaubar [1 Pt.]. Wie Bundschuh et al. (2011) berichten, verursacht Arsen Krankheiten in der Gesellschaft. Es ist nicht nur eine Generation von den Folgen betroffen, sondern auch die Kinder der Geschädigten (Bundschuh et al. 2011). Die Anzahl ökonomischer Folgen ist relativ überschaubar [1 Pt.].

Bei der Beurteilung der Lösbarkeit wird das Problem als „teilweise“ verhinderbar beurteilt [1 Pt.]. Dies aus dem Grund, dass es zwar technische Lösungen gibt, aber deren Anwendung

durch soziale Hemmnisse nicht realisiert ist (Bundschuh et al. 2011). Bei der Gewichtung der technischen Seite der Lösbarkeit werden keine Punkte vergeben. Bundschuh et al. (2011) berichten von günstigen, einfach anzuwendenden technischen Lösungen, die relativ effektiv sind. Beispielsweise werden in vielen südamerikanischen Städten genetisch veränderte Wasserpflanzen eingesetzt, die das Arsen in ihren Blättern einlagern und so das Wasser reinigen (Bundschuh et al. 2011:6ff). Diese Methode ist ohne grossen Aufwand zu installieren und hat eine grosse Effektivität [0 Pt.] (Bundschuh et al. 2011:6ff). Im Gegensatz dazu werden bei der sozialen Seite der Lösbarkeit drei Punkte vergeben. Arsen wird in der Bevölkerung nicht als Gefahr wahrgenommen. Dies zeigt der Versuch von Matschullat et al. (2007) der Bevölkerung klar zu machen, dass sie keine Wurzelgemüse mehr anpflanzen sollen. Diese Ratschläge wurden nicht ernst genommen (Matschullat et al. 2007:378f). Auch das Kapital ist ein Problem, obschon die Kosten für die Wasserpflanzen gering sind. Das Problem ist, dass ausserhalb von Städten jede kleine Gesellschaft oder gar jeder Haushalt mit einer eigenen Anlage ausgestattet werden müsste (Bundschuh et al. 2011:17ff). Weiter fehlt der politische Wille diese Problematik anzugehen. Der Fokus der Politik liegt auf den Städten und nicht auf den ruralen Gebieten [3 Pt.] (Bundschuh et al. 2011:6ff).

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	4	
Dauer:	8	
Folgeprobleme:	6	2+2+1+1
Lösbarkeit:	4	0+3+1
Total:	22	Gewichtungswert: 0.69 (22/32)

Tabelle 6: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Arsen in der Hydrosphäre (Eigene Darstellung)

4.7 Arsen in der Pedosphäre

4.7.1 Beschreibung des Problems

Neben der Kontamination der Hydrosphäre kommt es lokal auch zur Verschmutzung der Pedosphäre durch Arsen (Bundschuh et al. 2011/Matschullat et al. 2007). Die Quelle des Arsens ist analog der bei der Hydrosphäre beschriebenen (vgl. Kapitel 4.6.1). Jedoch funktionieren die Verbreitung von der Mine weg und der Eintrag in die Pedosphäre anders.

Einerseits gelangt das Arsen via Hydrosphäre in die Pedosphäre. Beispielsweise wird das Prozesswasser in Teichen gelagert. Verdunstet nun in ariden Gebieten das Wasser bleiben nur noch die Partikel (unter anderem Arsen) zurück und gelangen so in den Boden (Matschullat 2007:366). Ein anderes Beispiel ist der Rio Pilcomayo, bei dem noch in 200 km

Entfernung von der Mine Arsen in den Flusssedimenten nachgewiesen werden kann (Bundschuh et al. 2011:24). Auch Matschullat et al. (2007) haben eine Kontamination entlang von Flüssen beobachtet. Ein weiterer Weg des Arsens in die Pedosphäre via Hydrosphäre ist die Bewässerung der Felder mit kontaminiertem Wasser (Matschullat et al. 2007).

Andererseits wird das Arsen durch den Wind in Form von Aerosolen von der Miene weg getragen und wird auf dem Boden in einiger Entfernung wieder abgelagert (Matschullat et al. 2007:371). Durch anschliessenden Niederschlag wird das Arsen in die Pedosphäre eingewaschen. Dieser äolische Prozess ist aber nur für aride Gebiete relevant und wird deshalb als sekundäre Quelle des Arsens in der Pedosphäre betrachtet (Matschullat et al. 2007:371).

Die Folgen der Arsenverschmutzung sind wiederum analog zu denen der Hydrosphäre (vgl. Kapitel 4.6.1) Jedoch ist der Arsenstaub beim äolischen Transport ein zusätzliches Problem. Dieser wird eingeatmet und verursacht noch mehr Krankheiten (Matschullat et al. 2007:379). Aus diesem Grund empfehlen Matschullat et al. (2007) zumindest die Böden der Minen konstant feucht zu halten, damit der Wind den Staub nicht mobilisieren kann.

4.7.2 Gewichtung des Problems

Die Gewichtung der Ausdehnung ist analog der des Umweltproblems Arsen in der Hydrosphäre. Auch hier wird der Wert von Bundschuh et al. (2011) von 200 km berücksichtigt. Da der äolische Verteilungsprozess als sekundäre Quelle betrachtet wird, wird dieser bei der Gewichtung nicht berücksichtigt. Ausserdem ist eine Transportdistanz von Aerosolen grösser als 200 km unrealistisch [4 Pt.]. Die Einstufung der Dauer ist wiederum gleich wie bei Arsen in der Hydrosphäre und soll nicht erneut erläutert werden [8 Pt.]. Die Begründung ist im Kapitel Gewichtung des Problems Arsen in der Hydrosphäre (4.6.2) zu finden.

Die Gewichtung der Folgeprobleme ergibt einen Wert von sechs Punkten. Bei der allgemeinen Anzahl der Folgeprobleme werden zwei Punkte verteilt, da mehrere ökologische, soziale und ökonomische Folgen entstehen [2 Pt.]. Auf der ökologischen Seite berichten Matschullat et al. (2007), dass sich das Arsen aus der Pedosphäre in Pflanzen einlagert. Werden diese konsumiert, können Krankheiten auftreten (Bundschuh et al. 2011:5f). Diese betreffen nicht nur Menschen, sondern auch Tiere. Aufgrund der Nahrungsketten gelangt Arsen über die Zeit in alle Bereiche der Biosphäre, wodurch die Folgen unüberschaubar viele werden. Somit ist auch die Verteilung von zwei Punkten bei der Beurteilung der Anzahl ökologischer Folgen gerechtfertigt [2 Pt.]. Die Anzahl sozialer Folgen wird als überschaubar eingeschätzt aufgrund der von Bundschuh et al. (2011) beschriebenen gesundheitlichen Folgen von Arsen [1 Pt.]. Es können Krebs, Lungenprobleme und kognitive Beeinträchtigungen bei Kindern entstehen (Bundschuh et al. 2011:5f). Schliesslich ist die Anzahl der ökonomischen Folgen gering [1 Pt.]. Durch Arsen entstehen nebst den Ge-

sundheitskosten, welche nicht Teil der ökonomischen Beurteilung sind, jedoch keine weiteren ökonomischen Einschränkungen (Bundschuh et al. 2011).

Bei der Beurteilung der Lösbarkeit des Problems werden alle möglichen Punkte verteilt. Das Problem ist, dass das Arsen durch Gemüsesorten in die Nahrung des Menschen gerät. Eine Umstellung auf eine andere Gemüsesorte, welche Arsen weniger gut speichert, wäre die einzig bekannte und mögliche Lösung. Eine Reduktion der Anzahl an Krankheitsfällen könnte so erwartet werden. (Matschullat et al. 2007:375). Jedoch wird diese Umstellung der Anbautechnik von der Bevölkerung nicht in Betracht gezogen, da die Gesellschaft das Problem nicht wahrnimmt (Matschullat et al. 2007:379). Solange diese Wahrnehmung fehlt, wird kein Kapital zur Behebung der negativen Folge zur Verfügung stehen und es wird auch keinen politischen Willen geben diese Problematik zu bekämpfen. Dies führt bei der Bewertung dazu, dass bei den sozialen Aspekten drei Punkte vergeben werden [3 Pt.]. Auch auf der technischen Seite wird die volle Punktzahl vergeben. Zurzeit gibt es keine bekannten Techniken um Böden von Arsen zu reinigen. Ausserdem wäre der zeitliche und finanzielle Aufwand enorm, da tausende Kubikmeter Boden gereinigt werden müssten [3 Pt.].

Modul:	Punkte:	Bemerkungen:
Ausdehnung:	4	
Dauer:	8	
Folgeprobleme:	6	2+2+1+1
Lösbarkeit:	8	3+3+2
Total:	26	Gewichtungswert: 0.81 (26/32)

Tabelle 7: Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Arsen in der Pedosphäre (Eigene Darstellung)

5 Ergebnisse

In folgendem Kapitel werden die Ergebnisse aus der Gewichtung der ausgewählten Umweltprobleme besprochen. Im untenstehenden Diagramm (Abb. 9) sind die einzelnen Ergebnisse graphisch dargestellt. Auf der vertikalen Achse ist die Gewichtung aufgetragen, welche die relative Bewertung und Kategorisierung der Ergebnisse in kleine Probleme (Gewichtung nahe der Zahl Null) und in tendenziell grössere Probleme (Gewichtung über 0.5 respektive nahe der Zahl Eins) erlaubt. Diese Einteilung wird durch die dazugehörigen Farben graphisch noch unterlegt. Generell wird sichtbar, dass alle ausgewählten Umweltprobleme über 0.5 Prozentpunkten liegen und mehr als die Hälfte der daraus entstehenden negativen Folgen zu einer tendenziell grossen Problematik zugeordnet werden können. Der Vergleich zwischen den einzelnen Problemen erfolgt nur relativ und im Kontext der Gewichtungskriterien. Die kritische Auseinandersetzung mit der Repräsentativität der Ergebnisse und deren Einbettung in Bezug auf die Methodik werden im nächsten Kapitel aufgegriffen.

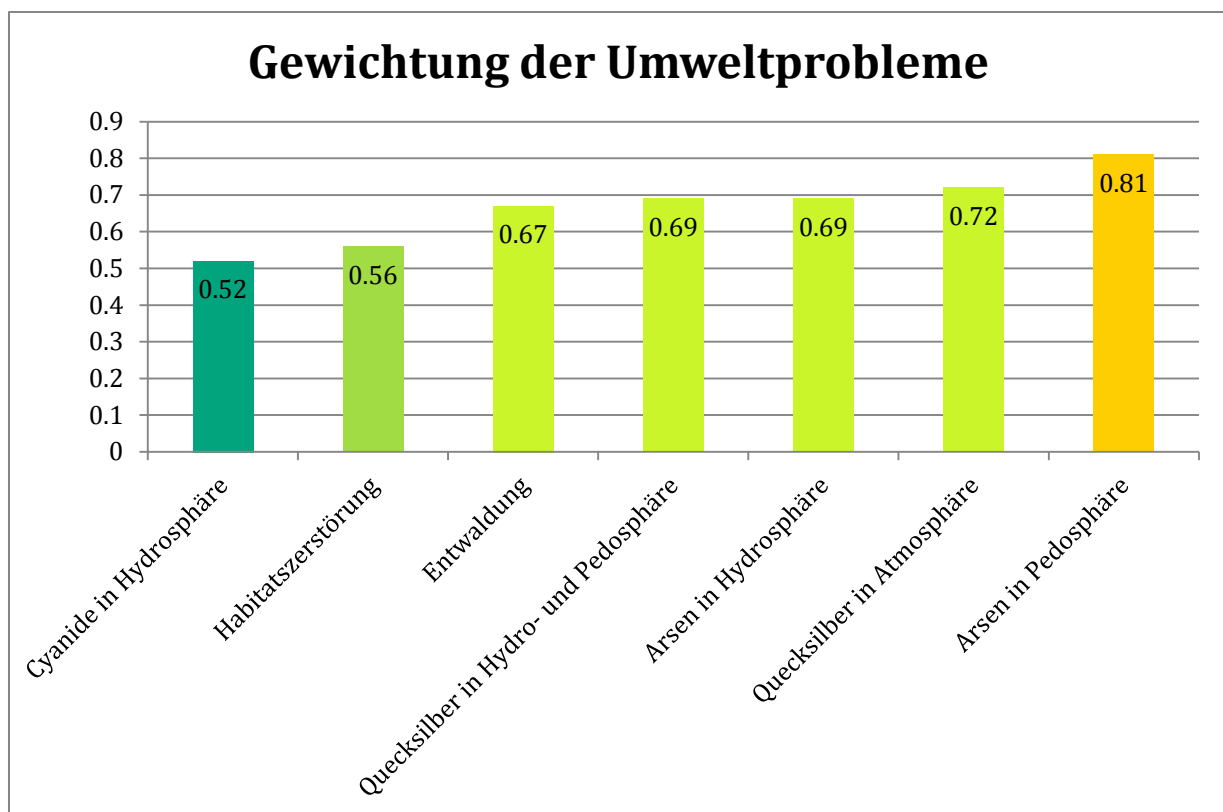


Abbildung 9: Zusammenstellung der Gewichtungsergebnisse der ausgewählten Umweltprobleme (Eigene Darstellung)

Das Problem des Cyanids in der Hydrosphäre wird mit 0.52 Prozentpunkten am geringsten gewichtet. Grund dafür sind beispielsweise die gute Disposition im Bereich Stand der Technik, der mässige Aufwand und die Wirksamkeit, welche die Lösbarkeit des Umweltproblems erhöhen und somit eine Taxierung als grosses oder sehr grosses Problem

verhindern. Danach folgt das Umweltproblem der Habitatszerstörung. Dieses wird wie das Problem der Cyanide in der Hydrosphäre als erheblich taxiert. Die Habitaterstörung ist wie die Entwaldung im Rahmen der räumlichen Ausdehnung ein weniger gravierendes Problem. Die Entwaldung – und alle nachfolgenden Probleme – werden als gross eingestuft. Die Entwaldung sowie die Habitatszerstörung unterscheiden sich aber deutlich im Bereich der Lösbarkeit, in welcher die Entwaldung als nicht lösbar angesehen wird ohne dass die Mine geschlossen wird und bei der Gewichtung nicht als Option in Frage kommt. Es soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Gewichtung der negativen Folgen, welche aus der Entwaldung entstehen, im Bereich ökonomische Folgen aufgrund fehlender Forschungsliteratur nicht vorgenommen werden konnte. Sobald dazu Forschungsergebnisse vorliegen, könnte sich der Wert des Untersuchungsgegenstandes Entwaldung im Gewichtungstool leicht verändern.

Das durch den Goldabbau freigesetzte Quecksilber, einerseits in der Atmosphäre und andererseits in Hydro- und Pedosphäre, erscheint nach der Gewichtung als gravierender Auslöser von Umweltproblemen, das sich etwa in der Mitte des Gewichtungsbereichs befindet. Hier kann vor allem die räumliche Ausdehnung hervorgehoben werden. Die globale Verfrachtung des Quecksilbers in der Atmosphäre führt zu unzähligen Folgeketten und damit zu deren hohen Gewichtung, wie im Kapitel 4.4 beschrieben wird. Bei den entstehenden Umweltproblemen in Hydro- und Pedosphäre sind vor allem die geringe Reversibilität und die mehrheitlich unüberschaubar vielen Folgeprobleme Ursachen für die Gewichtung.

Mit einer ähnlich grossen Punktzahl wurde ebenfalls das Arsen in der Hydrosphäre gewichtet. Im Unterschied zu Quecksilber wirkt sich hier vor allem die Dauer auf das Ergebnis aus, da Arsen in allen Formen schädlich bleibt. Noch schwerwiegender wie in der Hydrosphäre lässt sich Arsen in der Pedosphäre mit 0.81 Prozentpunkten gewichten. Wie vorher ist keine Reversibilität aufgrund der fortwährenden Schädlichkeit des Arsens gegeben. Ein wichtiger Aspekt in der Problematik scheint die fehlende Wahrnehmung des Umweltproblems zu sein, was sich in einer grossen Punktzahl im Bereich der Lösbarkeit widerspiegelt. Deshalb sind die durch Arsen verursachten Umweltprobleme nach unserer Bewertung als gross zu beurteilen.

Fünf der sieben Umweltprobleme verteilen sich in der ganzen Breite von 0.67 bis 0.81 der Kategorie „grosses Umweltproblem“. Der Bereich „grosses Umweltproblem“ deckt die Punkte 0.65 bis 0.85 ab. Somit liegen die Umweltprobleme der Entwaldung an der Grenze zu erheblich und das Problem des Arsens in der Pedosphäre beinahe im Bereich sehr grosser Umweltprobleme.

6 Synthese

Wie in der obigen Tabelle ersichtlich sind die Umweltprobleme, die beim Goldabbau entstehen, sehr vielfältig und mehrheitlich als gross einzustufen. Die Frage nach der Nachhaltigkeit im Bergbau, wie sie in der Einleitung erwähnt wurde, muss an dieser Stelle nochmals aufgerollt werden. Wenn in dieser Arbeit von Sustainable Mining gesprochen wird (mit Bezug auf die in der Einleitung genannte Definition von Nachhaltigkeit), und gleichzeitig die oben genannten Probleme behandelt werden, stellt sich die Frage, wie sich diese beiden Begriffe überhaupt vereinen lassen. Kirsch (2010) spricht dabei von einem Corporate Oxymoron. Corporate Oxymorons vereinen zwei Begriffe, einen positiv konnotierten Deckbegriff sowie den Originalbegriff. Dabei wirkt der Deckbegriff einen positiven Effekt auf den Originalbegriff aus, indem er dessen schädliche Auswirkungen verbirgt (Benson et al. 2010:47f). Solche eigentlich in sich widersprechende Begriffe werden demnach bewusst von Unternehmen strategisch eingesetzt, um den Schaden zu verbergen und Kritik zu neutralisieren (Kirsch 2010:87). So wurde der Begriff der Nachhaltigkeit, der ehemals zur Kritik an der Bergbauindustrie diente, zu einem Werkzeug derselben, um den Bergbau ein Gütesiegel zu verpassen. Dies folgt einer gewissen Logik heutigen Kapitalismus, wobei die Konzerne den Diskurs ihrer Kritiker übernehmen und zu ihren Gunsten drehen (Kirsch 2010:87).

Wenn aus den obigen Überlegungen geschlossen wird, dass nachhaltiger Bergbau nicht vollumfänglich möglich ist, so bestehen jedoch durchaus Möglichkeiten, die Abbauverfahren umweltfreundlicher zu gestalten (vgl. bspw. Becker et al. 2008). Angesichts des heutigen weltweiten Rohstoffverbrauchs und der gleichzeitig bestehenden grossen Umweltproblemen beim Goldabbau, werden geeignete Massnahmen, um die schädlichen Auswirkungen des Goldabbaus einzudämmen, als erforderlich erachtet. Jedoch sind die Bemühungen gerade im informellen Sektor eher gering. Regierungen haben kein Interesse am Small-Scale-Mining, die oftmals als einzige Einnahmequelle in einem „Meer aus Armut“ herausragen (Veiga 1997:14). Das Small-Scale-Mining ist wie bereits erwähnt ein armutgetriebenes Phänomen und deshalb erscheint es darum und wegen den fehlenden finanziellen Mittel schwierig, in diesem Sektor Neuerungen einzuführen. Aus diesem Grunde werden internationale Projekte wie beispielsweise das Global Mercury Project des United Nations Development Program (UNDP) und der United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) als wünschenswert erachtet. Laut Chouinard und Veiga (2008:17) schätzt die UNIDO mittels dieses Projekts bis 2017 eine Reduktion von 50% des Quecksilberverbrauchs zu erreichen.

Allerdings muss bemerkt werden, dass Anstrengungen dieser Art zwar nötig sind, dadurch aber nur die Symptome bekämpft werden. Um auf eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft hinzuwirken, muss der Abbau nicht erneuerbarer Ressourcen stark reduziert oder eliminiert werden (Cowell et al. 1999:278). In Bezug auf den Goldabbau bedeutet das, dass

die in dieser Arbeit hervorgehobenen Umweltprobleme, die beim Goldabbau entstehen, lediglich eingeschränkt werden können, sofern nicht ein globales Umdenken im Goldkonsum stattfindet. Doch auch vorausgesetzt die Minen würden von einem auf den anderen Tag geschlossen, so wären, aufgrund der zum Teil sehr lange anhaltenden Auswirkungen des Goldabbaus auch nach der Schliessung der Minen, die Umweltprobleme noch einige Generationen lang spürbar. Deshalb ist es erforderlich, einerseits nach weiteren Massnahmen zur Reduktion der Umweltprobleme zu forschen und diese auch umzusetzen und andererseits die Bevölkerung bezüglich der Problematik des Goldabbaus zu sensibilisieren.

7 Kritische Betrachtung des Gewichtungstool und der Ergebnisse

Im Folgenden soll die Bewertung der Umweltprobleme beim Goldabbau kritisch reflektiert werden. Insbesondere sollen die Mängel und Grenzen des Gewichtungstool aufgezeigt werden. Aber auch die Grenzen bei der Anwendung des Gewichtungstool sollen erwähnt werden sowie welche Schlüsse aus den Resultaten gezogen werden können, respektive wie repräsentativ diese sind.

7.1 Entwicklung des Gewichtungstool

Die Schwierigkeit bei der Entwicklung des Gewichtungstool bestand einerseits darin, die tatsächlich relevanten Parameter für die Bewertung zu bestimmen. Auf der anderen Seite musste die Gewichtung ausgewogen ausfallen, das heisst keiner der Parameter durfte im Vergleich zu den anderen mehr Gewicht erhalten. Eine Schwierigkeit, die gleichzeitig zu einer Schwäche des Gewichtungstool wurde, war die ganzheitliche Beurteilung eines Problems, falls ein Parameter nicht beantwortet werden konnte. Durch die Reduktion der Gesamtpunktezahl konnte das Problem zwar immer noch im Verhältnis beurteilt werden, eine gewisse Verzerrung des Resultats war allerdings nicht auszuschliessen (bspw. bei dem Umweltproblem Cyanide in der Hydrosphäre).

7.2 Reflexion über die Ergebnisse

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass eine solche Verallgemeinerung der Probleme durchaus problematisch sein kann. Bei der Betrachtung der Resultate entsteht der Eindruck einer klar definierten, unverrückbaren Rangfolge, welche als absolut gültig erscheint.

Im Einzelfall können durchaus andere Ergebnisse entstehen. Es ist schwierig, Rückschlüsse auf einzelne Minen oder Gebiete zu ziehen, da bei einer genaueren Betrachtung der jeweilige Kontext miteinbezogen werden sollte. Betrachtet mensch zudem die knappen Punkteunterschiede der einzelnen Probleme in der Rangliste, stellt sich die Frage nach dem Sinn einer solchen Rangliste. Ist es sinnvoll ein Problem als „ein wenig schlimmer“ als das andere zu bewerten? Zumal eigentlich alle Probleme als mehrheitlich schwerwiegend und als einen Einschnitt in die Umwelt angesehen werden können.

Diese Arbeit hat nicht den Anspruch, dass diese Bewertung als allgemein gültig und unveränderbar zu erklären, sondern sehen sie eher als Richtlinie und Überblick über die vielfältigen Probleme, die beim Goldabbau entstehen.

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Entwaldung	18
Tabelle 2:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Habitatzerstörung	21
Tabelle 3:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Cyanide in der Hydrosphäre	23
Tabelle 4:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Quecksilber in der Atmosphäre	27
Tabelle 5:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Quecksilber in Pedo- und Hydrosphäre.	30
Tabelle 6:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Arsen in der Hydrosphäre	32
Tabelle 7:	Graphische Veranschaulichung der Punkteaufteilung in den verschiedenen Gewichtungszweigen des Umweltproblems Arsen in der Pedosphäre	34

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Open-pit Mine in Peru	8
Abbildung 2:	Gewichtungszweig der räumlichen Ausdehnung eines Umweltproblems	10
Abbildung 3:	Gewichtungszweig der zeitlichen Ausdehnung eines Umweltproblems	11
Abbildung 4:	Gewichtungszweig der Folgeprobleme eines Umweltproblems	13
Abbildung 5:	Gewichtungszweig der Lösbarkeit eines Umweltproblems.....	14
Abbildung 6:	Gesamtes Gewichtungstool	16
Abbildung 7:	Gewichtung der Umweltprobleme	16
Abbildung 8:	Der Quecksilber-Kreislauf (stark vereinfachte Darstellung)	24
Abbildung 9:	Zusammenstellung der Gewichtungsergebnisse ausgewählter Umweltprobleme ...	35

10 Quellenverzeichnis

10.1 Literatur

- Alewel, C., Conen, F. (2008): Globale Stoffkreisläufe und Umweltprobleme: Quecksilber. Vorlesungsunterlagen der Universität Basel. Institut für Umweltgeowissenschaften. Basel.
- Bacher, S., Brandl, R., Nentwig, W. (2012) Ökologie kompakt. Springer Verlag. Heidelberg.
- Bahlmann, E. (2004): Aufklärung der Kinetik des Boden-Luft-Transfers von Hg anhand ausgewählter Umweltparameter. Vom Fachbereich IV Umweltwissenschaften / Institut für Ökologie und Umweltchemie der Universität Lüneburg als Dissertation angenommene Arbeit. Lüneburg.
- Ballard, C., Banks, G. (2003): Resource Wars. The Anthropology of Mining. Annual Review of Anthropology, 32: 287-383.
- Becker, K., Weitkämper, L., Wotruba, H. (2008): Technische Alternative zur Goldamalgamierung im Kleinbergbau. Aachen.
- Behrendt, S., Scharp, M. (2007): Seltene Metalle. Massnahmen und Konzepte zur Lösung des Problems konfliktverschärfender Rohstoffausbeutung am Beispiel Coltan. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktionssicherheit. Dessau.
- Beinhoff, U., Bose-O'Reilly, B., Bose-O'Reilly, S., Lettmeier, R., Matteucci Goethe, C., Siebert, G. (2008): Mercury as a Serious Health Hazard for Children in Gold Mining Areas. Environmental Research, 107: 89-97.
- Benson, P., Kirsch, S. (2010): Corporate Oxymorons. Dialect Anthropol, 34: 45-48.
- Bingcang, J., Briones, J., Burris, P., La Viña, A., Menard, S., Miranda, M., Shearman, P. (2003): Mining and Critical Ecosystems: Mapping the Risks. World Resources Institut. Washington DC.
- Blinov, B. (1982): Experimental evaluation of certain parameters of mercury migration from surface soil. Soviet Meteorology and Hydrology, 5: 43-49.
- Breitkreuz, C., Drebenstedt, C. (2009): Sustainable Mining and Environment. A German-Latin America Perspective. TU Bergakademie. Freiberg.
- Bundschuh, J., Litter, M. I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H. B., Jean, J., Liu, C., López, D., Armienta, M. A., Guilherme, L., Gomez Cuevas, A., Cornejo, L., Cumbal, L., Toujaguez, R. (2011): One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. Science of the Total Environment.
- Bunke, M. (2007): Ausarbeitung, Validierung und Anwendung einer Methode zur simultanen Bestimmung von Monomethylquecksilber und anorganischem Quecksilber in Fischgewebe und Fischembryonen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Fachbereiches Chemie der Universität Hamburg. Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie. Hamburg.
- Chouinard, R., Veiga, M. (2008): Results of the awareness campaign and technology demonstration for artisanal gold miners: summary report. Report to the United Nations Industrial Development Organization.

- Coe, M., Costa, M., Soares-Filho, B. (2009): The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River – Land surface processes and atmospheric feedbacks. *Journal of Hydrology*, 369: 165–174.
- Cowell, S., Wehrmeyer, W., Argust, P., Robertson, J. (1999): Sustainability and the primary extraction industries. Theories and practices. *Resources Policy*, 25: 277-286.
- Demuth, R. (1993): *Chemie und Umweltbelastung*. Diesterweg Verlag. Frankfurt.
- Deuschle, J., Jäger, A., Renn, O., Weimer-Jehle, W. (2007): *Leitbild Nachhaltigkeit. Eine normativ-funktionale Konzeption und ihre Umsetzung*. VS Verlag. Stuttgart.
- Diaz del Castillo, Bernal (1988): *Geschichte der Eroberung von Mexiko*. Suhrkamp. Frankfurt.
- Ebinghaus, R., Kock, H., Temme, C., Einax, J., Lowe, A., Richter, A., Burrows, J., Schroeder, W. (2002): Antarctic springtime depletion of atmospheric mercury. *Environmental Science & Technology*, 36, 6: 1238-1244.
- Grün, R. (2000): *Das Bordbuch von 1492. Leben und Fahrten des Entdeckers der Neuen Welt in Dokumenten und Aufzeichnungen*. Edition Erdmann. Stuttgart.
- Guerra, M., Gondonneau, A., Barrandon, J. (1998): South American precious metals and the European economy: A scientific adventure in the Discoveries time. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*: 875-879.
- Harris, H., Pickering, I., George, G. (2003): The Chemical Form of Mercury in Fish. *Science*, 301: 1203-1203.
- Hentschel, T., Hruschka, F., Priester, M. (2002): Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining. *Mining, Minerals and Sustainable Development*, 70: 2-67.
- Hilson, G. (2005): Abatement of mercury pollution in the small-scale gold mining industry: Restructuring the policy and research agendas. *Science of the Total Environment*, 362: 1–14.
- Kaufmann-Hayoz, R., Di Giulio, A. (Hrsg.) (1996): *Umweltproblem Mensch. Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln*. Haupt. Bern.
- Kirsch, S. (2010): Sustainable Mining. *Dialect Anthropol*, 34: 87-93.
- Luks, F. (1997): *Nachhaltigkeit*, Birkhäuser Verlag. Hamburg.
- Lyman S., Jaffe D. (2012): Formation and fate of oxidized mercury in the upper troposphere and lower stratosphere. *Nature Geoscience*, 5: 114-117.
- Maldener, R. (1998): *Schlaglichter der Chemiegeschichte*. Verlag Harri Deutsch. Thun.
- Malm, O. (1998): Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 77: 73-78.
- Matschullat, J., Birmann, K., Borba, R., Ciminelli, V., Deschamps, E. M., Figueiredo, B. R., Gabrio, T., Haßler, S., Hilscher, A., Junghänel, I., de Oliveira, N., Raßbach, K., Schmidt, H., Schwenk, M., de Oliveira Vilhena, M., Weidner, U. (2007): Long-term environmental impact of arsenic-dispersion in Minas Gerais, Brazil. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*, 9: 365–382.

- Maurice-Bourgoin, L., Quiroga, I., Guyot, J., Malm, O. (1999): Mercury pollution in the upper Beni River basin, Bolivia. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 28, 4: 302-306.
- Meili, M. (1991): *Mercury in Boreal Forest Lake Ecosystems*. Almqvist & Wiksell. Stockholm.
- Mol, J., Ouboter, P. (2004): Downstream Effects of Erosion from Small-Scale Gold Mining on the Instream Habitat and Fish Community of a Small Neotropical Rainforest Stream. *Conservation Biology*, 18, 1: 201-214.
- Norgate, T., Haque, N. (2012): Using life cycle assessment to evaluate some environmental impacts of gold production. *Journal of Cleaner Production*: 29-30, 53-63.
- Pedlowski, M., Dale, V., Matricardi, E., Da Silva Filho, E. (1997): Patterns and impacts of deforestation in Rondonia, Brazil. *Landscape and Urban Planning*, 38: 149-157.
- Peterson, G., Heemskerk, M. (2001): Deforestation and forest regeneration following small-scale gold mining in the Amazon: the case of Suriname. *Environmental Conservation*, 28, 2: 117–126.
- Renn, O., Schweizer, P., Dreyer, M., Klinke, A. (2007): *Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit* Oekom Verlag. München.
- Rosenbrock, R.; Geene, R. (2000): Sozial bedingte Ungleichheit von Gesundheitschancen und Gesundheitspolitik. In: Geene, R., Gold, C. (Hrsg.) (2000): *Gesundheit für alle! Wie können arme Menschen von präventiver und kurativer Gesundheitsversorgung erreicht werden?*, Berlin: 10-26.
- Scheuhammer, A., Meyer, M., Sandheinrich, M., Murray, M. (2007): Effects of Environmental Methylmercury on the Health of Wild Birds, Mammals, and Fish. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36: 12-19.
- Schlüter, K. (1993): Environment and quality of life: The fate of mercury in soil. A review of current knowledge. *Soil and ground water research report IV*.
- Spiegel, S., Veiga, M. (2009): International guidelines on mercury management in small-scale gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 18: 375-385.
- Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Lane, S., Sangfors, O. (2001): Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River basin, southern Ecuador. *The Science of the Total Environment*, 278: 239-261.
- USGS (United States Geological Survey) (2012): *Mineral Commodity Summaries*.
- Veiga, M. (1997): *Introducing New Technologies for Abatement of Global Mercury Pollution in Latin America*. Report prepared for United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Wien.
- Veiga, M., Hinton, J. (2002): Abandoned artisanal gold mines in the Brazilian Amazon: A legacy of mercury pollution. *Natural Resources Forum*, 26: 15-26.
- Veiga, M., Maxson, P., Hylander, L., (2006): Origin and consumption of mercury in small-scale gold mining. *Journal of Cleaner Production*, 14: 436-447.

Veiga, M., Metcalf, S., Baker, R., Klein, B., Davis, G., Bamber, A., Siegel, S., Singo, P. (2006): Manual for training artisanal and smallscale gold miners. Report prepared for United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Wien.

WHO (1991): Inorganic mercury. In: Environmental Health Criteria 118. World Health Organisation. Geneva.

Wiesmann, U. (1998): Sustainable Regional Development in Rural Africa: Conceptual Framework and Case Studies from Kenya. Geographica Bernensia and Geographical society of Berne. Berne.

10.2 Internet

Brockhaus (2012): Gold. Brockhaus Enzyklopädie Online. [05.05.2012].

CHF (Institut Dr. Flad, vormals Chemisches Institut Dr. Flad, CHF)
<http://www.chf.de/chf/index.html>, [07.05.2012].

Europäische Union (1995-2012): Europa. Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebung. Nachhaltige Entwicklung.
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/sustainable_development/index_de.htm, [23.05.2012].

Gründer, H. (2012): Frühkapitalismus und europäische Expansion: Geld regiert die Welt. Brockhaus Enzyklopädie Online. [05.05.2012].

SLF (Schweizerisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung)
http://www.slf.ch/index_DE, [22.3.2014].

Schriftenreihe 'Studentische Arbeiten an der IKAÖ'

Hrsg: Ruth Kaufmann-Hayoz

In dieser Schriftenreihe publiziert die Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) der Universität Bern in loser Folge studentische Projektberichte sowie weitere Arbeiten von Studierenden, die für eine breitere Öffentlichkeit von Interesse sind:

- Nr. 1
ISBN: 3-906456-01-3
Gentechnologie - Recht - Gesellschaft. Gentechnologie an Pflanzen und Tieren (1993) (*vergriffen*)
- Nr. 2
ISBN: 3-906456-02-1
Das 1950er Syndrom. Der Weg in die Verschwendungsgesellschaft (1994) (*vergriffen*)
- Nr. 3
ISBN: 3-906456-03-X
Ausgewählte Verkehrsaspekte in der Gemeinde Köniz (1994) (*vergriffen*)
- Nr. 4
ISBN: 3-906456-04-8
Anforderungen an ein Ökomarketing (1995)
- Nr. 5
ISBN: 3-906456-05-6
Wege zu einer effizienteren Energienutzung. Aktuelle Situation und mögliche Perspektiven für die Gemeindeverwaltung Köniz (1995)
- Nr. 6
ISBN: 3-906456-06-4
Berner Entwurf zu einem Gentechnik-Gesetz. Mit Kommentar (1995) (*vergriffen*)
- Nr. 7
ISBN: 3-906456-07-2
Die Patentierung von Lebewesen im Hinblick auf die Würde der Kreatur (1995) (*vergriffen*)
- Nr. 8
ISBN: 3-906456-09-9
Trennwirkung von Hauptverkehrsstrassen (1996)
- Nr. 9
ISBN 3-906456-10-2
Ökologischer Ausgleich und Landschaftsentwicklung - Müntschemier und Grossaffoltern (1997)
- Nr. 10
ISBN 3-906456-15-3
Fischrückgang in den schweizerischen Fließgewässern (1997)
- Nr. 11
ISBN 3-906456-16-1
Umweltverantwortliches Alltagshandeln beim Global Action Plan: die Bedeutung sozialer Netze (1998)
- Nr. 12
ISBN 3-906456-18-8
Gentechnologisch veränderte Sojabohne: Reflexion der Diskussion und des Bewilligungsverfahrens (1998) (*vergriffen*)
- Nr. 13
ISBN 3-906456-19-6
Die Naturschutzorganisationen im bernischen Seeland (1999)
- Nr. 14
ISBN 3-906456-17-X
Energiesparen im Spital: Pilotprojekt für einen bewussteren Umgang mit Energie am Arbeitsplatz (1999)
- Nr. 15
ISBN 3-906456-20-X
Unser Abfall – der entwertete Rohstoff der kommenden Generation (2000)
- Nr. 16
ISBN 3-906456-21-8
Der Wolf – Wildtier oder wildes Tier? Eine Deutungsmusteranalyse in der Schweizer Bevölkerung (2000) (*vergriffen*)

- Nr. 17
ISBN 3-906456-23-4
Gemeinwerk und gemeinschaftliches Arbeiten im
Landschaftsschutz (2000)
- Nr. 18
ISBN 3-906456-22-6
Menschliches Versagen im Kontext individuellen
umweltverantwortlichen Handelns (2000)
- Nr. 19
ISBN 3-906456-25-0
Nonylphenol in der Schweiz. Eine Abschätzung der
Belastungssituation und der ökologischen Wirkungen (2000)
- Nr. 20
ISBN 3-906456-26-9
Der Verkehrsversuch Spiez: eine Nachuntersuchung (2001)
- Nr. 21
ISBN 3-906456-29-3
Einstellungen, Handlungserfahrung und Kooperation im
Umweltbereich (2001)
- Nr. 22
ISBN 3-906456-30-7
Warum der Bach kam: Ursachendiskurs nach dem Unwetter-
Ereignis in Sachseln 1997 (2001)
- Nr. 23
ISBN 3-906456-31-5
„Stehenbleiben kommt nicht in Frage“. Potenziale der
Gemeinde Eggwil: Wahrnehmung und Bewertung durch
Bevölkerung und Behörden (2001)
- Nr. 24
ISBN 3-906456-32-3
Wer rettet die Belpau? Zur Wahrnehmung und Akzeptanz eines
Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes (2001)
- Nr. 25
ISBN 3-906456-33-1
Frauennetzwerke und Landschaftsentwicklung. Soziale
Restriktionen und Optionen der Mitwirkung von
Frauennetzwerken an nachhaltiger Landschaftsentwicklung
(2002)
- Nr. 26
ISBN 3-906456-34-X
Obstgarten Leuzigen – Chancen und Risiken bei der
Realisierung und Bewirtschaftung (2002)
- Nr. 27
ISBN 3-906456-35-8
Aktive Gestaltungsformen eines zukünftigen
Landschaftsmanagements. Eine Befragung in den Gemeinden
Erlach und Ligerz (2002)
- Nr. 28
ISBN 3-906456-36-6
Durchsetzungsmechanismen im Umweltvölkerrecht. Wahl und
Gestaltungsverhalten im Hinblick auf unterschiedliche
Vertragsziele (2003)
- Nr. 29
ISBN 3-906456-37-4
Die Wirkung eines ökologischen Pilotprojektes im Bereich
Wasserkraft auf die Nachfrage nach "Grünem Strom".
Gegenüberstellung der Gemeinden Aarberg und Büren a.A. -
eine Untersuchung in Fallbeispielen (2003)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>
- Nr. 30
ISBN 3-906456-387-2
Quartierleiste Lyss – Potentiale, Chancen, Probleme (2003)
- Nr. 31
ISBN 3-906456-39-0
Mitnehmende bei Carlos (2003)
- Nr. 32
ISBN 3-906456-40-4
Partizipation in Lokalen Agenda 21-Prozessen. Die Teilnahme
von MigrantInnen (2004)

- Nr. 33
ISBN 3-906456-41-2
Titanic II. Pilot- und Demonstrationsobjekt im Bereich energieeffizienten Bauens (2004)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>
- Nr. 34
ISBN 3-906456-42-0
Lebensqualität im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung in der Stadt Langenthal (2004)
- Nr. 35
ISBN 3-906456-43-9
Die Diffusion von Elektro-Scooters. Untersuchung des Vertriebs von Elektro-Scooters im Raum Bern (2004)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>
- Nr. 36
ISBN 3-906456-44-7
Ozonticker. Evaluation und Neukonzeption einer Kampagne zur Reduktion von Ozon in der Stadt Bern (2004) (*erscheint nicht*)
- Nr. 37
ISBN 3-906456-45-5
Diffusionsschwierigkeiten von E-Bikes. Eine Studie über die Ursachen des Nicht-Kaufs (2005)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>
- Nr. 38
ISBN 3-906456-46-3
Titanic II. Bedingungen für ein erfolgreiches Pilot- und Demonstrationsobjekt (2005)
- Nr. 39
ISBN 3-906456-47-1
Alp-Träume. Wengener Alpkorporationen zwischen Alpwirtschaft, Tourismus und Naturschutz (2005)
- Nr. 40
ISBN 3-906456-48-X
Die Umgestaltung der Inselgärten nach dem Konzept *Healing Garden* (2005) (*vergriffen*)
- Nr. 41
ISBN 3-906456-49-8
Nachhaltige Landschaftsentwicklung und Tourismus. Tourismusanbieter im Prozess einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung in den Gemeinden Erlach und Tschugg (2005) (*vergriffen*)
- Nr. 42
ISBN 3-906456-50-1
Teilbericht der Wirkungsanalyse Zentrumsumgestaltung Köniz (2005)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>
- Nr. 43
ISBN 3-906456-51-X
Charakterisierung der KäuferInnen von gasbetriebenen Fahrzeugen (2005)
- Nr. 44
ISBN 3-906456-52-8
Reblandschaft Bielersee. Nachhaltige Landschaftsentwicklung aus der Sicht der ansässigen Bevölkerung (2005)
- Nr. 45
ISBN 3-906456-55-2
Lern- und Erlebnispfad durch die Moorlandschaft. Ein interdisziplinärer Konzeptvorschlag als innovativer Beitrag an die Besucherlenkung Habkern-Lombachalp (Berner-Oberland) (2006)
- Nr. 46
ISBN 3-906456-56-0
ISBN 978-3-906456-56-0
Institutionelle Steuerung einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung. Die Untersuchung zweier Rebgrüterzusammenlegungen am linken Bielerseeufer (2006)

- Nr. 47
ISBN 3-906456-56-0
ISBN 978-3-906456-56-0
Die Wirkung der New-Ride-Promotionskampagnen. Eine vergleichende Studie zur Förderung von E-Bikes in vier Gemeinden (2006)
<http://www.ikaoe.unibe.ch/publikationen/>

- Nr. 48
ISBN 978-3-906456-60-7
Schlüsselfaktoren energierelevanter Entscheidungen privater Bauherren. Überprüfung eines sozialpsychologischen Handlungsmodells (2009)

- Nr. 49
ISBN 978-3-906456-62-1
Gesellschaftliche Ansprüche an Naherholungsgebiete. Ergebnisse empirischer Studien zum Verhalten und zu den Erwartungen von Naherholungssuchenden in Schweizer Agglomerationen (2010)

- Nr. 50
ISBN 978-3-906456-63-8
Agrotreibstoffe – eine nachhaltige Alternative? Eine Nachhaltigkeitsanalyse der Produktion von Agrotreibstoffen erster Generation in Entwicklungsländern (2010)

- Nr. 51
ISBN 978-3-906456-61-4
Stade de Suisse als Energiewahrzeichen? Absichten beim Bau und Wirkung der Solaranlage (2010)

- Nr. 52
ISBN 978-3-906456-64-5
Fremd, schön, bedrohlich? Der Expertendiskurs zu invasiven Arten in der Schweiz (2010)

- Nr. 53
ISBN 978-3-906456-68-3
Die biologische Landwirtschaft in der Schweiz: Anfänge und Entwicklungen (2010)

- Nr. 54
ISBN 978-3-906456-70-6
Klang versus Lärm. Auto-Tuning und Geräuscherzeugung. Eine explorative Studie zu den Beweggründen von Auto-Tunern (2013)

Die Arbeiten können zum Preis von SFr. 10.- (+ Porto) bei der IKAÖ bezogen werden.

Universität Bern

Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ)

Schanzeneckstr. 1, Postfach 8573, CH-3001 Bern

Telefon +41 (0)31 631 39 57/51

Telefax +41 (0)31 631 87 33

E-Mail ikaoe@ikaoe.unibe.ch / Web www.ikaoe.unibe.ch

ISBN 978-3-906456-71-3