

Stefan Golla

The End of Oil

**Eine Energiewende-Studie für
ein nachhaltiges Ecuador**



Diese Arbeit ist lizenziert unter den Bedingungen von Creative Commons Internationale Lizenz 4.0 zur Weiterverbreitung, Verbesserung und Neuzusammenstellung unter folgenden Restriktionen:

Alle weiterverwendeten Inhalte müssen mit dem Urheber benannt werden.

Alle daraus entstehenden Werke müssen unter der selben Lizenz veröffentlicht werden und nutzbar sein.

Weitere Einschränkungen existieren:

Keine kommerzielle Nutzung der Berechnungen, Fotos und Werkzeuge ohne Freigabe durch den Urheber.

Erstellt mit LibreOffice 5

»Goudy Bookletter 1911« Barry Schwartz License v1.00;

<https://www.fontsquirrel.com/license/Goudy-Bookletter-1911>

»Magra« SIL Open Font License v1.10; Copyright (c) 2011,

FontFuror (info@fontfuror.com); <https://www.fontsquirrel.com/license/magra>

»DejaVu Sans« Fonts License v1.00; Bitstream Vera Fonts Copyright 2006

Arev fonts, Tavmjong Bah; <https://www.fontsquirrel.com/license/dejavu-sans>



ClimatePartner^o
klimateutral

Verlag | ID: 128-50040-1010-1082

Dieses Buch wurde klimaneutral hergestellt. CO₂-Emissionen vermeiden, reduzieren, kompensieren – nach diesem Grundsatz handelt der oekom verlag. Unvermeidbare Emissionen kompensiert der Verlag durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt. Mehr Informationen finden Sie unter www.oekom.de.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2017 oekom, München

oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH,
Waltherstraße 29, 80337 München

Umschlaggestaltung: Elisabeth Fürnstein, oekom verlag

Umschlagabbildungen: Hintergrund: © alejomiranda – Fotolia.com; Grafik: © Vitaliy – Fotolia.com

Bearbeitung: Stefan Golla

Druck: Bosch-Druck GmbH, Ergolding

Dieses Buch wurde auf 100%igem Recyclingpapier gedruckt.

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-96006-030-7

F 1 C D N I 0 7 8 3 9 6 0 0 6 0 3 0 7



Stefan Golla

The End of Oil

**Eine
Energiewende-Studie
für ein nachhaltiges Ecuador**

Für Fabian und Heinrich



Einleitung

Ecuador – ehemals spanische Kolonie – an der nördlichen Westküste Südamerikas sucht einen Ausweg aus dem Neokolonialismus und wird dabei aktuell auf eine harte Probe gestellt. Obwohl das Land, durch seine besonders hohe Biodiversität, den Regenwald im Osten, die vielen Naturvölker, die Galapagosinseln und durch die Aufnahme sowohl der Idee des Buen Vivir als auch erstmalig von Naturrechten in seine moderne Verfassung reich an positiven Grundlagen für ein gutes Leben ausgestattet ist, gibt es aktuell belastende wirtschaftliche und soziale Probleme.

Besonders der Einfluss des globalen Erdölpreises auf den kleinsten OPEC-Staat hat seine Regierung dazu gezwungen eine Staatspleite abzuwenden. Dazu hat sie ausländische Kredite aufgenommen und den damit im Zusammenhang stehenden Extraktivismus weiter vorangetrieben. Hiergegen gehen die betroffenen Naturvölker und größere Teile der Zivilgesellschaft auf die Straßen, weil die Ölförderung und in zunehmenden Maße auch der Kupfertagebau ihre Lebensgrundlage bedroht. Mit dem aktuell verhängten Ausnahmezustand versucht die Regierung unter Zuhilfenahme des Militärs Bergbauprojekte für Investoren, wie in der Amazonas-Provinz Morona Santiago Januar 2017, durchzusetzen – auch mit Gewalt – um den Staatshaushalt zu sichern, u.a. für den Erhalt und Aufbau des Sozialstaats. Diese Situation führt in eine Zwickmühle, in der nachhaltige Alternativen nicht greifbar zu sein scheinen. Es stellt sich die Frage für die Regierung und die naturbewusste Bevölkerung wie sich Ecuador aus dem Neokolonialismus und Neokapitalismus lösen könnte. Ist es möglich auf Extraktivismus und externe Kredite zu verzichten, gleichzeitig seinen wachsenden Hunger nach Energie nachhaltig zu stillen und in der Armutsbekämpfung und Wohlstandsentwicklung weiterhin erfolgreich zu bleiben?

Um diese und weitere Fragen näher zu beleuchten, hierfür konkrete Lösungsansätze aufzuzeigen und diese zu diskutieren, soll diese Studie einladen. Doch bevor diese Fragen beantwortet werden können, wird eine Momentaufnahme mit Blick aus der Vergangenheit – in die Zukunft benötigt, um die Problematik der einzelnen Themenkomplexe in der aktuellen Energieversorgung, Landwirtschaft, Rohstoffnutzung und dem Wirtschaftssystem zu verstehen. Mit einem aktuellen technischen und politischen Verständnis zur globalen Entwicklung kann auch dies in einem nachhaltigen Lösungsvorschlag berücksichtigt werden. Dabei stellte sich im Rahmen dieser Untersuchungen heraus, dass die nationale Energieversorgung der Dreh- und Angelpunkt für die Entwicklung von Ecuador zu sein scheint. Somit kann die Frage nach der Transformation des Landes mit all seinen Besonderheiten und Teilhabern konkretisiert werden:

Ist die Energiewende für Ecuador zu einer 100 % nachhaltigen und erneuerbaren Versorgung möglich und sinnvoll und wenn JA, wie sollte sie konkret umgesetzt werden?

Diese Frage wird im Rahmen der Studie klar beantwortet, indem zuerst das erneuerbare Energiepotenzial von Ecuador ermittelt und aus diesen Resultaten eine Simulation durchgeführt wird, welche eine mögliche optimale Transformation im Detail beschreibt. Weder die Risiken von fossiler, extraktivistischer Ressourcennutzung, noch die der erneuerbaren Technologien werden dabei ausgelassen. Vorschläge zur möglichen wirtschaftlichen und politischen Umsetzung im Sinne des Buen Vivir durch ökologischen Landbau und Kreislaufwirtschaft werden final unterbreitet.

Als Ergebnisse dieser Studie ist grundlegend Folgendes zu resümieren:

Die Fortführung des Extraktivismus, insbesondere der Erdöl- und Erdgasförderung ist unwirtschaftlich. Ein Festhalten an diesen und anderen Formen des Extraktivismus wird das Land in wenigen Jahren an den Rand der Existenz mit heute nicht vorstellbarer Dramatik bringen. Eine Beendigung bis 2020 ist zwingend notwendig!

Die Energiewende, unter Einbezug einer ökologischen Wende in der Landwirtschaft und Transformation der Wirtschaft in ein Kreislaufsystem, das dem Allgemeinwohl dient, ist nicht nur möglich, sondern wirtschaftlich, politisch, humanitär und zur Bewahrung der Natur und Vielfalt notwendig.

Das konservativ-nachhaltige erneuerbare Energiepotenzial von Ecuador beträgt den Analysen und Berechnungen zufolge mindestens 103 GW, von dem nur etwa 60 GW thermisch und elektrisch benötigt werden. Der nationale Bedarf an Treibstoffen und Elektrizität – heute noch durch den Abbau fossiler Brennstoffe und Importe gedeckt – kann bis zum Jahr 2030 vollständig durch erneuerbare und nachhaltige Energiesysteme und ohne den Anbau von Monokulturen gestillt werden. Dabei wird der elektrische Energiebedarf um fast das 10-fache, auf knapp 200 TWh/a steigen, rechnet man das zu erwartende Wohlstand- und Bevölkerungswachstum mit ein.

Während ein optimaler Energiemix hauptsächlich aus der Solar- und Windenergie stammen wird, erfolgt eine gigantische Regelleistungskapazität und Erzeugung von Treibstoffen aus der Power-to-Gas- (PtG-), Gas-to-Liquid (GtL-) und Gas-to-Power-Technologie (GtP) mit 30 GW, die zusammen mit der Solarthermie den Wärmebedarf für Unternehmen und Haushalte durch eine Vielzahl von Effizienz-, Energiespar- und Treibstoffmigrationsmaßnahmen decken werden kann. Dabei wird nur eine Landesfläche von ca. 0,2 % benötigt, die dabei vorwiegend in urbanen Gebieten liegt. Der CO₂-Fußabdruck wird mit diesen Maßnahmen gegen Null gehen. Auch die Energie- und Treibstoffkosten müssen während der gesamten Transformation nicht steigen, sondern würden sich am Ende sogar halbieren. Kredite für die Bewältigung der

Energiewende sind mit den in dieser Studie vorgeschlagenen Steuerinstrumenten nicht notwendig. Es kann sich im Gegenteil sogar eine positive Finanzbilanz von ca. 50 - 90 G.USD bis zum Jahr 2035 ergeben, die der Bevölkerung, den Unternehmen und dem Staat zugute kommen können. 95 % der heutigen Erdölressourcen könnten dabei unter Tage verbleiben, während mindestens 100.000 neue direkte Arbeitskräfte für die Transformation des Landes benötigt werden.

Das Ergebnis einer derartigen Energiewende, verbunden mit der Entfesselung des erheblichen technologischen Potenzials und nachhaltiger Verwirklichung von Umweltschutz, Sozialstaatlichkeit, Demokratie, Wissenschaft, Forschung, Allgemeingesundheit und Bildung folgt dabei dem Konzept des Guten Lebens und der Herstellung gleicher Augenhöhe und Aussöhnung. Die hier vorgestellte Energiewende Ecuador kann eine Bereicherung für alle Akteure werden und zu einer vorbildhaften Leuchtturmwirkung heranwachsen, die Ecuador zu neuer internationaler Anerkennung und Unterstützung verhilft.

Führen wir Ecuador gemeinsam mit fairen und friedlichen Diskussionen sowie raschen Taten in diese Zukunft!

Diese Arbeit ist als Motivation, Handwerkzeug und eindringlicher Aufruf zu verstehen unsere Vertreter und Verantwortlichen in die Pflicht zu nehmen und eine Revolution von unten zu befeuern. Nehmen wir uns selbst als einzelne Person und Menschheit ernst. Der anthropogene Klimawandel und deren Auswirkungen werden uns heute und zukünftig immer stärker betreffen und unsere Nachfahren werden ihn nicht mehr aufhalten können. Wir sind selbst in der Verantwortung die 50:50 Chance für uns zu entscheiden, wenn wir das Wachstum durch Entwicklung und Profit durch Naturrechte und nachhaltige Kreisläufe ersetzen. Nach Einschätzungen der aktuellen Klimaforschung verbleiben nur noch 7 bis 13 Jahre, um 450 ppm CO₂ - Konzentration in der Atmosphäre oder das 1,5 °C - Ziel von Paris nicht zu überschreiten. Ich fordere das Ende der fossilen und nuklearen Rohstoffe - und biete mit diesem Beitrag eine Alternative.

1 Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
1 Inhaltsverzeichnis	11
2 Persönliche Motivation	15
3 Allgemeine Einleitung	17
4 Inhalt	20
5 Ziel	21
6 Fehlerbetrachtung	21
7 Struktur der Arbeit	22
8 Wegweiser	23

Kapitel I - Basisinformation Ecuador

I.1 Geologie und Geographie	25
I.2 Klima	28
I.3 Böden	29
I.4 Biodiversität	30
I.5 Rohstoffe	32
I.6 Bevölkerung	35
I.7 Politik und Wirtschaft in Ecuador	37
I.7.1 Geschichte Ecuador	
I.7.2 Politisches System in Ecuador	
I.7.3 Wirtschaftsverbände der Andenstaaten	
I.7.4 Aktuelle wirtschaftliche Situation Ecuadors	
I.7.5 Interview mit Jorge Jurado	
I.8 Landwirtschaft	44
I.9 Wasserhaushalt	49
I.10 Zusammenfassung	54

Kapitel II - Bestandsaufnahme der Energiewirtschaft

II.1 Erdölwirtschaft	57
II.1.1 Einleitung und Geschichte der Erdölförderung	
II.1.2 Ecuadors Besonderheiten	
II.1.3 Spezifische Erdölförderkosten und Infrastruktur	
II.1.4 Der „Plan V“ der Regierung Correas - Kritik von Albero Acosta	
II.2 Erdgas	74
II.3 Energiewirtschaft	75
II.3.1 Geschichte der Energieversorgung	
II.3.2 aktuelle Energieversorgung	
II.3.3 Verkehr	
II.4 Radioaktivität in der Erdgas- und Erdölförderung	86
II.4.1 physikalische Grundlage und Eigenschaften von TENORM	
II.4.2 Auftreten und Wirkung von TENORM	
II.4.3 technische und politische Grundlagen zu TENORM	
II.4.4 TENORM in Ecuador	
II.4.5 TENORM - Interview mit Jürgen Döschner, WDR	
II.5 Geothermie	96
II.6. Weitere Formen des Extraktivismus	102
II.6.1 Allgemeine Beschreibung von Lagerstätten und Bergbau	

II.6.2 Bergbau für Kupfer und andere Mineralien in Ecuador	
II.6.2 Interview mit Gloria Piedad Chicaiza Aguilar	
II.7 Wasserkraftwerke	112
II.8 Biomasse	116
II.9 Wind	118
II.10 Photovoltaik	119
II.11 Inselsysteme	121
II.12 Nationales Übertragungsnetz	123
II.13 Anschluss an das internationale Transmissionsnetz	124
II.14 Energieversorgung in Ecuador und Klimaziele	124
II.15 Zusammenfassung	127
Kapitel III - Ecuador am Ende des fossilen Zeitalters	
III.1 Erdölpreisentwicklung - Einleitung des „End-of-Oil“	130
III.2 Globale Erdölpreisentwicklung bis 2035	136
III.3 Wachstum	145
III.4 Technische Erdölförderung und deren Niedergang	146
III.5. „Peak Oil, Divestment und PtG“	153
III.5.1 Interview mit Werner Zittel (Energy Watch Group e.V. Berlin)	
III.6. Zusammenfassung	153
Kapitel IV - Status quo Prognosen - Ecuador	
IV.1 Einleitung	155
IV.2 Szenarien-Referenz	156
IV.3 Einleitung in die Szenarien der Status quo Prognosen	158
IV.3.1 Status quo „Szenario A“	
IV.3.2 Status quo „Szenario B“	
IV.3.3 Status quo „Szenario C“	
IV.3.4 Parametereaufbereitung der Status quo Szenarien	
IV.3.5 Quellen für die Datenbasis	
IV.4 Ergebnisse der Status quo Prognosen in den Szenarien A bis C	162
IV.4.1 Beschreibung und Auswertung des „Szenario A“	
IV.4.2 Beschreibung und Auswertung des „Szenario B“	
IV.4.3 Beschreibung und Auswertung des „Szenario C“	
IV.4.4 Ergebnisse aus der Status quo Prognosen	
IV.5 Bezug der Status quo Prognosen zur aktuellen Situation	169
Kapitel V - Nachhaltiges Potenzial Ecuadors	
V.1 Einleitung	171
V.2 Migration der Erdölindustrie und TENORM - Abfallbehandlung	172
V.3 Windenergie	174
V.3.1 Einleitung Windenergiepotenzial	
V.3.2 Datenaufnahme und Auswertung	
V.3.3 Ergebnisse und Zusammenfassung	
V.3.4 Alternativen zur Standortbegrenzungen von WEA: Flug-WEA	
V.4 Solarenergie	187
V.4.1 Einleitung	
V.4.2 Photovoltaik	
V.4.2 Solarthermie	

V.5 Geothermie und Wasserkraft	194
V.6 Ozeanenergie	195
V.7 Bioenergiepotenzial Ecuador vs. industrielle Landwirtschaft	197
V.7.1 Einleitung	
V.7.2 „Böden“ - Interview mit Dr. Fritz Haubold, TU-Dresden	
V.7.3 Palmfrucht Anbau - multiple Gefahren durch Palmöl	
V.7.4 Glyphosat und Gen-Technik	
V.7.5 Ökologischer Landbau und urbane Reststoffkreisläufe	
V.7.6 Zusammenfassung Bioenergie und Landwirtschaft	
V.8 Substitution der Petrochemie - Schlüssel zur Energiewende	228
V.8.1 Einleitung	
V.8.2 technische, energetische und chemische Grundlage von PtG	
V.8.3 Anwendung von PtG & GtL zur Umsetzung der Energiewende	
V.8.4. Zusammenfassung PtG & GtL für die Energiewende in Ecuador	
V.8.5 Interview „Power-to-Gas - Energiewende 100 % erneuerbar“	
V.9 Zusammenfassung - nachhaltiges Energiepotenzial Ecuadors	249
Kapitel VI - Energiewende Szenario Ecuador 2016-2035	
VI.1 Einleitung	257
VI.2 Wahl der Simulationsparameter	258
VI.3 Mathematische Umsetzung	264
VI.4. Quellen	267
VI.5 Ergebnis der Simulation Energiewende Ecuador 2016 - 2035	267
VI.5.1 Kurzauswertung der Überblicksdarstellung	
VI.5.2 Benötigter Energiebedarf und Energieerzeugung in Ecuador	
VI.5.3 Wirkung der Treibstoffmigration und Wärmeerzeugung	
VI.5.4 Aus- und Umbau zum transnationalen Gasnetz	
VI.5.5 Kosten und Einnahmen im Energiewendezeitraum 2016 - 2035	
VI.5.6 Energetisches Endergebnis in 2035 und Zusammenfassung	
Kapitel VII - gesellschaftliche Umsetzung	
VII.1 Persönliche Einleitung	313
VII.1.1 Die YASunidos-Bewegung	
VII.2 Kritik an der Energiewende	316
VII.3 Politische, gesellschaftliche, industrielle und institutionelle Struktur	321
VII.3.1 SGK - Staatlich Gesellschaftlich Kommission	
VII.3.2 MfT - Ministerium für Transition	
VII.3.3 Industrielle Vertretung	
VII.3.4 (Zwei) Vertretung(en) der Bevölkerung	
VII.4 absehbare Aufgaben und Maßnahmen während der Transition	328
VII.4.1 für Investoren	
VII.5 Neue Forschungs- und Entwicklungsziele	335
VII.6 Anschubfinanzierung und Wirkung	336
VII.7 Globaler Kontext und Schlusswort	339
VII.8 Persönliches Schlusswort	343
VII.9 Danksagung	344
Kapitel VIII - Interviews	
VIII.1 Interviews mit dem ehm. Botschafter von Ecuador, Jorge Jurado	347

VIII.1.1 Politik und Wirtschaft Ecuadors- im Kontext der Studie	
VIII.1.2 Radiointerview Pichincha Universal mit Jorge Jurado	
VIII.2 Böden - Dr. Fritz Haubold, TU-Dresden	365
VIII.3 TENORM - Jürgen Döschner (WDR)	368
VIII.4 Peak Oil - Dr. Werner Zittel (Energy Watch Group e.V.)	373
VIII.5 Power-to-Gas - Michael Friedrich (Greenpeace Energie E.G.)	381
VIII.6 Extraktivismus in Ecuador - Gloria Piedad Chicaiza Aguilar	387
Kapitel IX - Abkürzungen, Einheiten, Verzeichnisse	
IX.1 Symbolverzeichnis, Abkürzungen, Synonyme und Einheiten	397
IX.2 Abkürzungen	399
IX.3 Abbildungsverzeichnis	401
IX.4 Quellen- und Literaturverzeichnis	405

2 Persönliche Motivation

Bereits als Kind, aufgewachsen in Borgsdorf, ein anschauliches Dorf im Norden von Berlin, konnte ich viel Zeit in der Natur, den schönen Seen und Wäldern von Brandenburg verbringen. Schon sehr früh war mir bewusst, dass die Menschen der Natur schaden. Deshalb habe ich bereits in der Grundschule eine eigene Umweltgruppe gegründet. Trotz der Abwege im Studium und den ersten Jahren in der Arbeitswelt blieb meine Verbundenheit mit der Natur irgendwie erhalten und der damit verbundene Traum, Umweltschutz und die Transformation der Energieversorgung später zu meinem Beruf zu machen. Die politischen Entwicklungen um 2010 in Deutschland und vor allem viele abenteuerliche Fahrradtouren mit Freunden in und außerhalb von Europa seit 2001 haben mein Engagement in verschiedenen Umweltgruppen in Dresden und Umgebung wieder erweckt.

Auf einer Informationsveranstaltung im Rahmen des Dresdner Umumdu-Festivals 2014 lernte ich Josephine Koch kennen, die einen Vortrag über das Buen Vivir, in Zusammenhang mit der Yasuní-ITT Initiative und der YASunidos-Bewegung in Ecuador hielt. Diese Begegnung weckte das Gefühl endlich meinen Kindheitstraum mit der Rettung des Regenwaldes im fernen Ecuador, dessen Kontinent ich bisher noch nicht betreten hatte, mit konkreten Inhalten zu füllen. Mit vielen anderen InteressentInnen gründeten wir YASunidos Deutschland mit einer recht aktiven Gruppe in Dresden, die schnell ein Leuchtturm außerhalb von Ecuador wurde. Obwohl wir alle in dieser Zeit lernen mussten, uns neben Schule, Studium und Beruf gut zu organisieren, stellten wir Einiges auf die Beine. Neben Pressearbeit, öffentlichen Aktionen, Teilnahme an „Ende-Gelände“, Info-Veranstaltungen, einigen Podiumsdiskussionen mit dem Botschafter Ecuadors in Deutschland, Jorge Jurado und einer vollkommen ausverkauften Kulturveranstaltung zum Buen Vivir mit Alberto Acosta, dem ehem. Energie- und Bergbauminister Ecuadors und Autor, die mit mehr als 250 Besuchern aus allen Nähten platzte. In diesem Zeitraum begann ich mit Recherchen und Analysen über die nationale, europäische und globale Energiepolitik sowie Rohstoffe und erhielt daraufhin auch einige Einladungen zu Vorträgen darüber. Das erlangte Wissen und Erfahrungen aus dieser Arbeit, meiner vielfältigen Berufserfahrung und Ausbildung in Erneuerbare Energien, Smart-Grids, Elektrotechnik, Chemie, Physik, technischer Entwicklung und Projektmanagement flossen in mein Engagement bei den YASunidos in Dresden ein. Mit diesem Vorwissen begann ich mich langsam an die Fragestellung vorzutasten, was die eigentliche Problematik im Konflikt zwischen der Regierung und den NGOs aus rein wissenschaftlicher Perspektive sein könnte. Denn ich war es Leid mitzuerleben wie sich auf den damaligen Diskussionsveranstaltungen in Berlin die Stimmung zwischen den YASunidos-VertreterInnen und der ecuadorianischen Regierungsvertretung zum Buen Vivir und den Extraktivismus hitzig aufschaukelte.

Beide Seiten schienen aus ihren Perspektiven verständlich, aber greifbare Alternativen oder eine gemeinsame Sprache gab es nicht, auf der man sich hätte lösungsorientiert begegnen können. Das beschäftigte mich sehr und so begann ich mich intensiver mit Ecuadors Situation zu befassen. Es mangelte jedoch an konkreten Zahlen, die aufzeigen, dass die Ausbeutung von Erdöl und anderen ökologisch und sozial bedenklichen Rohstoffen nicht notwendig ist. Mit wissenschaftlichen Analysen der ökonomischen und sozialen Situation und einem möglichen vorhandenen Potential dieses vielfältigen Andenlandes, ließen sich ggf. fundierte Prognosen anstellen, wohin Ecuador bei einem „weiter so“ driften würde und wie alternative Wege aussehen könnten. Mit einigen wagen Zahlen als Anhaltspunkte konnte ich erste Simulationen erstellen, um die Grenzwerte des Rohstoff-Wirtschafts-Systems zu orten. Später wurden daraus ein erstes grobes Bild über eine mögliche alternative Strategie, die sowohl den Schutz des Regenwaldes, der Biodiversität, der Naturvölker, der Energieversorgung und der Entwicklung des Landes ohne Extraktivismus vereinen könnte. Hieraus konnte ich eine denkbare gemeinsame alternative „Sprache“ entwickeln. In einer spontanen Vorstellung auf einer der besagten Veranstaltungen stieß dies auf großes Interesse beim damaligen ecuadorianischen Botschafter Jurado, wodurch sich die bisherigen Konfrontationen allmählich zu einem Dialog entwickelten.

Ein Höhepunkt meiner bisherigen Aktivitäten bei den YASunidos war die Fahrt nach Paris zum alternativen COP21, dem Weltklimagipfel im Dezember 2015. Dort trafen sich erstmals einige VertreterInnen von YASunidos Deutschland mit AktivistInnen von YASunidos Ecuador. Bis dahin gab es nur Videokonferenzen per Skype und natürlich die Kommunikation per Mail. Endlich hatten wir die Chance uns persönlich kennenzulernen und direkt als eine Gruppe aufzutreten. Das war für alle ein ergreifender und schöner Moment. Wir verbrachten eine sehr arbeitsreiche, intensive Zeit miteinander, in der wir viele neue internationale Kontakte knüpften und uns mit anderen Organisationen und Bewegungen austauschten. Dabei hatte ich auch die Gelegenheit, in verschiedenen internen und öffentlichen Workshops, erste konkrete Skizzen möglicher Szenarien einer Energiewende in Ecuador vorzustellen und zu diskutieren. Das Interesse war riesengroß und ich erntete viel positives Feedback. Diese Begegnungen entfachten sodann meine Motivation für die vor mir liegende Herausforderung erst so richtig.

Dabei stand ich vor einer gigantischen Herausforderung. Eine Studie, die detaillierte Szenarien für eine Energiewende in Ecuador auf der Grundlage umfassender sozioökonomischer Berechnungen enthält, hat es meines Wissens nach bisher noch nicht gegeben. Der Aufwand schien immens und wuchs inflationär. Zudem hatte ich den Anspruch, dass diese Arbeit sowohl wissenschaftlich ist, als auch für Laien verständlich sein sollte. Ein besonderes Anliegen meiner Arbeit war und ist es die Inhalte und Quellen offen und barrierefrei zugänglich zu halten, sodass andere Menschen Inhalte weiterent-

wickeln. Um diese Aufgabe zu bewältigen, beendete ich meinen Job. Wobei mein damaliger Arbeitgeber Ferchau Engineering in Dresden von meinem Vorhaben so angetan war, dass er mich dennoch ein halbes Jahr finanziell weiter unterstützte, sodass ich intensiv an der Studie arbeiten konnte. Dafür möchte ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank für die großartige Unterstützung aussprechen. Eine besondere Herausforderung in der Erarbeitung dieser Studie war die Beschaffung von Information, der Aufbau und Weiterentwicklung der Simulationen und das Schreiben, inklusive der Organisation der Interviews.

Mit der Veröffentlichung unter der Creative Common Lizenz und der folgenden Übersetzung ins Spanische und Englische hoffe ich möglichst vielen engagierten Menschen, vor allem in Ecuador, mit den entwickelten Werkzeugen, meinen Ergebnissen und Lösungsvorschlägen ein breites hilfreiches Material für ihre Ziele und Motivation zur Verfügung stellen zu können. Diese sollen die weitere Arbeit an alternativen Wegen aus dem Extraktivismus und fossilen Energiewirtschaft, hin zu einer nachhaltigen und verantwortungsvollen Gesellschaft unterstützen. Gleichzeitig hoffe ich, dass andere Menschen diese Studie weiterdenken und nicht nur auf Ecuador, sondern auch auf andere Regionen der Welt anwenden.

3 Allgemeine Einleitung

Frieden und Freiheit sind Grundbedürfnisse jedes Menschen und jeder Gesellschaft. Staaten, die sich aus ihrem Lebensraum und ihrem Selbstbild einer zumeist multikulturellen Gesellschaft definieren und entwickeln, führen in der heutigen Welt fast einen lebensnotwendigen Austausch von Wissen, Gütern und Kultur. Gesellschaften definieren sich aus ihrer Umgebung und dem notwendigen Wandel im Zuge der Anpassung. Jedes einzelne Mitglied einer Gesellschaft trägt mit seinen persönlichen Perspektiven zur Entwicklung einer Gesellschaft aktiv oder über ernannte Vertreter, die unterschiedliche Auffassungen bündeln und behandeln, bei. Kernelement von Zivilisationen ist ein nachhaltiger Umgang mit der naturgegebenen Fruchtbarkeit, natürlichen Besonderheiten, Elemente der Biodiversität, Böden, Gewässern und Rohstoffen. Eine Vernachlässigung, Ausbeutung oder Beschädigung dieser Grundlagen führt unweigerlich immer zur Auslöschung. Mit der Industrialisierung vor etwa 160 Jahren hat sich ein Wertewandel mit der Überversorgung von Energie eindimensional verselbstständigt und die Zivilisationen scheinbar aus der notwendigen Nachhaltigkeit herausgelöst. Als Folge der Manipulation von Menschen für dieses neue Wertesystem wurden unsere Lebensgrundlagen und der meisten anderen Lebewesen entweder durch die Verdrängung des Lebensraums, Vergiftung, den Klimawandel oder der gezielten Jagt stark beschädigt oder zerstört. Doch die Fassade einer fast gelähmten Weltpolitik von Einzelinteressen, in der dem Kapital der rote Teppich ausgerollt wurde, weist deutliche Risse auf. Bilder von Leid und Zerstörung durch Konflikte um

Ressourcen, Hunger, Unterdrückung und Kriegen erreichen uns täglich und bestimmen vielerorts unsere physische Wahrnehmung und die Medien. Deutliche Anzeichen für eine übernutzte und geplünderte Welt – wie es mit einfachen und verständlichen Analysen im Jahr 1974 durch Dennis Meadows im Buch „Grenzen des Wachstums“ erkannt und vorhergesagt wurde. Die Welt, eine dünne, empfindliche Oberfläche und Atmosphäre eines kleinen blauen Planeten in unserem Sonnensystem, ist eben doch endlich. Die Grenzen des Wachstums [1][2] haben uns längst eingeholt und die Menschheit in einem sehr sensiblen Ökosystem muss die drängende Frage nach einem irdischen Lösungsweg beantworten und rechtzeitig umsetzen. Wachstum ist eine sehr begrenzte Illusion in einem abgeschlossenen System auf Kosten anderer. Wir benötigen ein Umdenken und Handeln, das den Extraktivismus als Konsequenz von Konsum, Besitz und Machtstreben überwindet.

Viele große politische Lenker haben sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend von der gesellschaftlichen Verantwortung entkoppelt und handeln im Sinne von Oligarchen und Konzernen deren Maxime unbegrenzte Kontrolle, getrieben von fanatischer Gier und Angst innewohnt. Der Mangel an Rückkopplungen von unmittelbaren Konsequenzen mit einer Externalisierung von negativen Folgen hat das Wertesystem der technisierten Zivilisation in eine finanzkapitalistisch Fantasie verzaubert, das scheinbar keine Grenzen kennt, weil Geld als grenzenloses mathematisches Konstrukt das Mittel zum Zweck in ein Ziel von Reichtum verwandelt hat. Das künstliche, kulturell erzeugte Spannungspotenzial das Neokapitalismus zur Mehrung des Geldes erzeugt einen Fluss, Geld von Vielen zu Wenigen, welche natürlich die Allgemeinwohlinteressen beschränkt. Eine kulturelle Umorientierung zurück zur Nachhaltigkeit des Guten Lebens [3] und Kreislaufwirtschaft trocken diesen erschöpfenden Geld- und Machtfluss aus. Technisch kann dies durch die Nutzung von Erneuerbaren Energie realisiert werden, die sich im natürlichen Energiefluss von unserem Zentralgestirn zur Erdoberfläche direkt dazwischen schaltet. Nicht anders haben es die Menschen und alle anderen Spezies auf der Erde bis vor wenigen Jahrhunderten praktiziert. Nichtsdestotrotz müssen wir uns wegen und mit unseren technischen Hilfsmitteln Gedanken machen, wie eine Übernutzung unserer Ressourcen rückgängig gemacht wird und eine neue Wachstumsphase über unsere anderen Ressourcen daraus wiederum entstehen kann. Ein Abwarten bis der Klimawandel, Kriege, Umweltzerstörung und Krankheiten uns allen ein rigoroses baldiges Ende setzen werden, ist nicht hinnehmbar und kann kaum von emotionalen, vernunftbegabten Wesen zeugen.

Als Kernursache für diese globale fehlgeleitete Entwicklung zur Übernutzung der Erde ist der Extraktivismus. Die Entdeckung und Nutzung von fossilen Energieträgern, die eine selbst beschleunigte Förderung durch Schaffung neuer Technologien hierfür und Abhängigkeiten, haben das 20. Jahrhundert rückwirkend betrachtet wie kein Anderes zuvor geprägt. Das über-

proportionale, eindimensionale Wachstum von Energieverfügbarkeit und Rohstoffhunger im Verhältnis zu anderen Lebensgrundlagen, wie fruchtbare Böden, sauberes Trinkwasser, saubere Luft, der Zugang zu Kultur, Bildung und Aufklärung ist um das Vielfache in ein Missverhältnis geraten. Als logische Konsequenz hieraus folgen unter verschiedenen Motivationen und Gesichtern so genannte Rohstoffkriege wie: der Zweite Weltkrieg, die Irakkriege, Jom-Kippur-Krieg, die Konflikte in Zentral-Afrika, der MENA-Region und nicht zu vergessen, die aktuellen Kriege um und in Syrien [4][5][6][7][8][9].

Insbesondere Erdöl und Erdgas sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (Energiedichte und Phasenzustand) seit 90 Jahren einer der Hauptgründe für Regierungsumstürze, kartellisierende Energie- und Agrarkonzerne und Millionen Flüchtlinge weltweit. Nicht zu vergessen die teilweise irreparable Zerstörung von Ökosystemen und Lebensräumen vieler Meeresbewohner und Wälder durch toxische und kanzerogene aromatische Verbindungen, Schwermetalle und Radiotoxizität, die sich im Laufe der Jahr-millionen ihrer Entstehungen angereichert haben und mit den Fossilen und Mineralien zu Tage gefördert werden [10]. Neben den schädlichen Auswirkungen durch die Verbrennung der Energieträger sind bereits bei der Förderung von Erdöl einige Unfälle wie: Exxon-Valdez ([11] USA, 1989), Chevron-Texaco ([12] Ecuador, bis 1992) und Deepwater-Horizon ([13] Karibik, 2010) im Gedächtnis geblieben, die neben den Langzeitschäden wie in Afrika und Zentralasien durch den Extraktivismus am Augenscheinlichsten sind.

In Zeiten stark schwankender Erdölpreise erkennt man leicht die Zusammenhänge und gefährlichen Abhängigkeiten zwischen Erdölförderstaaten und Erdölverbrauchern, die auch beides sein können. Zumeist kurze Wachstumsphasen mit rasant wachsendem Bedarf an materiell-technisch orientiertem Wohlstand einer wachsenden Bevölkerung, folgen wirtschaftliche und damit einhergehende politische Kapriolen, wenn eine Schrumpfung unkontrolliert einsetzt. Extraktivismus steht somit immer im Zusammenhang mit mittelfristig instabilen politischen Systemen. Die aktuellen politischen Umbrüche mit Sprüngen am Finanzmarkt sind Vorboten für den Übergang wieder zurück in eine stabilisierte Phase im Weltgeschehen. Wie und wie lang diese Transition benötigt, haben die Menschen zu großen Teilen noch selbst in der Hand – doch die konfliktfreien Optionen schrumpfen dramatisch. Dabei ist der Prozess vom Öl-Ausstieg bereits im Gange und wird durch den Abzug großer Kapitalmengen von fossilen Energieträgern, wie bei den Rockefeller, den Pensionsfonds in den USA, Norwegen und Europa, sowie den Investitionen in erneuerbare Energieanlagen in China und Saudi-Arabien weiter zementiert. Der Eintritt in die Phase des Postwachstums folgt den physikalischen gesetzten Grenzen, und nicht den virtuellen Werten.

Der Titel dieses Buches „The End of Oil“ ist daher nicht als Drohung, sondern als Chance und Prozess anzusehen, sich selbst als Gesellschaft und Staat den

nahezu unbeeinflussbarem Erdölmarkt der stärkeren anderen Förderern und Verbrauchern geordnet und schnellstmöglich zu entziehen.

Die bereits erwähnte Deckung der urbanisierten Notwendigkeit nach günstiger Energie aus anderen, nicht einmaligen Energiequellen, kann im Gegensatz zur Annahme zum Anfang der 80er Jahre, nunmehr großtechnisch durch Erneuerbare Energieformen gedeckt werden. Ecuador kann diese Gunst der Stunde ideal auf seinem derzeitigen Scheideweg positiv nutzen. Die Betrachtung der bisherigen Wirtschaftspolitik, Rohstoffgewinnung, Landwirtschaft und den alternativen Potenzialen hierzu sind Anliegen dieser Studie und werden im globalen Zusammenhang thematisiert [14][15].

4 Inhalt

Die vorliegende Studie behandelt die Zusammenhänge der erdölabhängigen Wirtschaft Ecuadors, der Problematik des Extraktivismus in Zusammenhang mit der denkbaren zukünftigen energetischen globalen Entwicklung sowie deren rückkoppelnden gesellschaftlichen und ökologischen Effekte bis in das Jahr 2035. Nach einer kurzen Bestandsaufnahme der Besonderheiten von Ecuador wird auf die energetische Situation und deren Entwicklung eingegangen. Um ein besseres Verständnis der zukünftigen Entwicklung des globalen Energiemarktes zu erhalten wird eine grobe Analyse und Prognose für den Welterdölpreis unter der Berücksichtigung des Ausbaus von Erneuerbaren Energien erstellt. In Zusammenhang von Ecuadors gegenwärtigen Situation und absehbarer Entwicklung werden, unter drei möglichen Ölpreisentwicklungen, wirtschaftliche und energetische Prognosen mit breiter Varianz in drei Szenarien untersucht. Aus diesen Status quo Prognosen wird deren wahrscheinliche Entwicklung und negativen Folgen skizziert. Unter besonderer Beachtung der speziellen geographischen und klimatischen Besonderheiten von Ecuador und den realen und greifbaren technischen Möglichkeiten und Risiken wird ein möglichst realistisches und nachhaltiges Potenzial für Erneuerbaren Energien und der Landwirtschaft untersucht. Mithilfe dieser Aussagen wird als Kernstück der Studie ein möglicher Transformationsprozess für Ecuador unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten simuliert und ein Optimum daraus vorgeschlagen. Diese finale Simulation berücksichtigt sowohl die begrenzten Rahmenbedingungen aus den Status quo Prognosen, als auch die Machbarkeit anhand von vergleichbaren Transformationen weltweit. Hierdurch kann anhand von realistischen Wertannahmen gezeigt werden, dass die Energiewende mit 100 % erneuerbarer und nachhaltiger Energieversorgung von Elektrizität und Primärenergie wirtschaftlich sinnvoll, machbar und notwendig ist. Konkrete Lösungsansätze mit politischem Charakter werden in Zusammenhang mit den gewonnenen Ergebnissen für die ganzheitliche Bewältigung der aktuellen und zukünftigen Herausforderung für eine Energie-, Landwirtschafts- und Wirtschaftswende für Ecuador vorgeschlagen. Durch Interviews mit bekannten Experten aus Technik, Wirtschaft,

Landbau, Energie und Politik werden die in der Studie getroffenen Annahmen, Aussagen und Vorgehen hochaktuelle in Beziehung gesetzt.

5 Ziel

Ziel der Studie ist es eine möglichst objektive und multidimensionale Betrachtung der aktuellen energetischen Versorgungsstruktur im Kontext des Weltgeschehens, der Bevölkerung, der Regierung, der Wirtschaft und der Umwelt Ecuadors aufzuzeigen und daraus eine mögliche Transformation in eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu konstruieren. Darauf aufbauend wird, unter Berücksichtigung der ökonomischen, physikalischen und naturbedingten Grenzen die Notwendigkeit der Transformation und nachhaltigen Möglichkeiten zu einer post-fossilen Gesellschaft aufgezeigt. Die Studie kann somit als wissenschaftliches, argumentatives und visionäres Fundament für einen konstruktiven Dialog zwischen den Parteien verstanden werden. Mit dem Ziel eine gerechte, transparente und geordnete Transformation der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft in Hinblick auf ein Gutes Leben in das Postfossile und Postwachstums - Zeitalter friedlich zu finden. Unverkennbar ist auch die offene Kritik und die Aufklärungsarbeit zu den einzelnen Themengebieten. Die erzeugten Informationen, Grafiken und Diagramme sind insbesondere für die Weiterverwendung für Informationsmaterial für Printmedien, Vorträge, Internetplattformen und Investitionsvorhaben gedacht. Freigegeben Berechnungstools sollen ähnliche Arbeiten zu anderen Regionen unterstützen und motivieren.

6 Fehlerbetrachtung

Es ist nicht Ziel dieser Studie alle Fachgebiete und Problematiken vollständig zu erfassen oder zu beschreiben, dennoch wird versucht dem interessierten Leser ein Überblick mit einigen Details über die betreffenden und berührenden Themenkomplexe zu verschaffen. Wenngleich auf einige Themen, wie der Erdölwirtschaft und ihre Risiken, Wirtschaftsdaten, Potenziale der Erneuerbaren Energieerzeugung in Ecuador sowie der Landwirtschaft verstärkt eingegangen wird, sind andere Themen nicht minderwertiger. Hierzu zählen: Verkehr, Smart-Grids und Halbinselnetze, Umstrukturierungsmaßnahmen, internationale Beziehungen, natürliche Lebensräume und Schutzgebiete an Land und zu Wasser, Kreislaufwirtschaft, Gesundheits- und Bildungssektor, Politik, Menschen- und Naturrechte und alternative Lebens- und Wirtschaftskonzepte. Diese Arbeit soll als Ermutigung für die Vertiefung und Verknüpfung mit diesen Themen dienen. Es wird darauf ausdrücklich hingewiesen, das aufgrund der hohen Komplexität und nicht vollständig aktuellen und gesicherter Datenbasis mit nennenswerten Ungenauigkeiten der Quellen oder Beachtungen geringerer Tiefe von Zusammenhängen und Details andere Sichtweise offen bleiben könnten. Diese sind jedoch nicht beabsichtigt oder absichtlich manipuliert. Es wurden nach bestem Fachwissen und Sachverstand abgewo-

gen und dazu sinnvolle Näherungen getroffen, um auftretende mögliche Fehler gering zu halten. Die mathematischen Simulationen waren in ihrer Komplexität sinnvoll zu begrenzt. Dies war der vorhanden zeitlichen Ressource geschuldet, um den aktuellen Kontext zu gewährleisten. Sollten dennoch Fehler und Ungereimtheiten auffallen so bitte ich ausdrücklich nicht nur um den Hinweis, sondern auch um die Mithilfe Methode oder Datenbasis zu verbessern und ggf. daraus andere Schlüsse zu ziehen.

7 Struktur der Arbeit

Abhängig vom Interesse, Zeit und Fachwissen des Lesers soll hier die Struktur der Arbeit kurz vorgestellt werden, damit jeder Interessierte möglichst schnell fündig werden kann. Die Studie ist in mehrere Stufen aufgebaut, die behutsam in die Tiefe führen sollen. Nachdem allgemeine Informationen vermittelt werden, geht es tiefer in die aktuelle Bestandsaufnahme der Energieversorgung, Rohstoffe und der Landwirtschaft. Folgend wird dann im Kapitel II unter der Annahme von verschiedenen realistischen Randbedingungen die wirtschaftliche und damit auch verbundene politische Lage und mögliche Entwicklung Ecuadors untersucht. Um aus diesen Rahmenbedingungen mögliche späteren Entwicklungen abzuleiten, ist in Kapitel III der Blick auf die globale energetische Entwicklung unter Einbezug der fossilen Energieträger und der Erneuerbaren Energien, anhand von Beispielen ähnlicher Regionen, fokussiert. Mit einer rein physikalischen Prognose über eine mögliche Ölpreisentwicklung bis zum Jahr 2035, kann in Kapitel VI eine Status quo Prognosen mögliche Entwicklungen von Ecuador, durch Verknüpfung von verschiedenen Abhängigkeiten beschrieben werden. Mit Blick auf den internationalen Wandel, Anpassungsmaßnahmen anderer Staaten, politisches Geschehen und der Auswertung anderen Studien und Technologie wird das energetische Potenzial, Bedarf und Risiken in der Nutzung von Erneuerbaren Energie und Speichern in Kapitel V für Ecuador zu ermitteln. Aus den gesammelten Annahmen und Daten werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, wie eine Transformation des Landes aus der Abhängigkeit heraus, zurück in eine nachhaltige moderne Kreislaufwirtschaft mit den besten dafür zugeschnittenen Lösungsansätzen und Alternativen umgesetzt werden könnte. Als Ergebnis dieser Studie werden diese Informationen und alternative Lösungsansätze in einer finalen Simulation der Energiewende bis in das Jahr 2035 in Kapitel VI vorgestellt und diskutiert. Hieraus können die für eine Transformation Ecuadors notwendigen Rahmenbedingungen und Resultate wie: Ausbauziele von erneuerbaren Energieanlagen und Infrastruktur, Ausbaugeschwindigkeit, Kapitalfluss und vieles mehr ermittelt und ausgewertet werden. Im letzten Kapitel VII wird versucht aus den technischen Anforderungen ein politischer Maßnahmenkatalog abzuleiten und auf deren Umsetzung umfassend Bezug genommen. Die getroffenen wegweisenden Empfehlungen konkretisieren mit den technischen Berechnungen und wirtschaftlichen, politischen Maßnahmen die Vision von

einem unabhängigen, nachhaltigen und aufblühenden Ecuadors. Ergänzend zu dieser Studie konnten eine Reihe von Interviews aufgenommen werden, die die Problematiken in den verschiedenen Kategorien differenzierter beleuchten. Sie sind ein kritischer Bestandteil der Studie, die frei für sich stehen.

8 Wegweiser

Kapitel I stellt kurz das Land Ecuador mit seinen allgemeinen Besonderheit vor. Wer Ecuador gut kennt kann dieses Kapitel getrost hinter sich lassen. Interessant sind hier ggf. für spätere Kapitel die Abbildungen zu den Böden, der Landwirtschaft, Wasser, Erdölförderung und Geologie.

Kapitel II ist für jeden von Interesse, der wissen möchte, was state of the art in allen Energiebereichen Ecuador ist. Hauptquellen hierfür waren hunderte Seiten aus staatlichen Quellen und der Erdölbranche sowie aktuellste Berichte. Es gibt wohl keine kompaktere und umfangreichere Zusammenstellung, auch wenn diese noch verbessert werden könnte. Wagemutig sind die Passagen zur Radioaktivität in der Erdölförderung. Ein Muss für jeden, der schon immer wissen wollte, wie Extraktivismus und der Markt funktioniert. Es ist hilfreich diese Zusammenhänge für die Folgekapitel zu verstehen.

Kapitel III beinhaltet den Zusammenhang von Erdöl mit dem energiepolitischen Weltgeschehen und der Frage: Welchen Einfluss hat der Ausbau von EEA auf die fossile Energiewirtschaft? Hierdurch kann dem Leser die resultierende Problematik und sich darauf aufbauende Dramatik dieses Themas vermittelt werden. An dieser Stelle sollte man spätestens einsteigen, um zu verstehen, warum dieser Studie den Beinamen „End of Oil“ trägt und neben den Ursachen von aktuellen Konflikten auch vielleicht Hoffnung am Ende des fossilen Zeitalters zu finden.

Kapitel IV erläutert anfangs kurz eingefleischten mathematisch begeisterten Lesern, wie sich die Simulationen der Status quo Prognosen entwickelten. Hauptsächlich befasst sich dieser Abschnitt mit den Zusammenhängen und Abhängigkeiten einer energetisch-wirtschaftlichen Entwicklung von Ecuador in verschiedenen leicht gekoppelten Dimensionen. So kann ein Verständnis davon Vermittelt werden, wie sich Ecuador unter verschiedenen Welterdölmarktpreisen und Wachstumsprognosen entwickeln wird – oder auch nicht. Die drei beschriebenen Status quo Szenarien A bis C bieten einen abstrahierten Blick in die wirtschaftliche und politische Zukunft Ecuadors. Eine Grundvoraussetzung für das Verständnis und Motivation zu diese Studie und warum ein dringendes Umsteuern so wichtig für Ecuador ist.

Kapitel V geht an den konkreten Kern der Studie, denn hier wird das erste Mal ausführlich und unter verschiedenen Gesichtspunkten im aktuellen globalen Kontext speziell für Ecuador das Erneuerbare Energiepotenzial realistisch ermittelt. Dabei wird den Fragen nach den geeignetsten Technologien, deren Entwicklung, Risiken, Markt nachgegangen und gegeneinander abgewogen. Ziel ist nicht ein chaotischer Wildwuchs nach Masse, der ggf. einen zu großen Fußabdruck bedeutet, sondern die nachhaltigsten Lösungen in einem Gesamtbild geordnet abzuschätzen. Der Abschnitt zur Bioenergie, der den direkten Bezug von Mensch und Natur wieder herstellt, nimmt darin eine gesonderte, aber berechnete Rolle ein. Kein Leser sollte den Abschnitt „Substitution der Petrochemie“ auslassen, weil dieser absolut notwendig für das Verständnis ist, warum und wie die Energiewende in Ecuador nicht nur im Elektrizitätssektor vollständig gelingen kann. Kritiker der Energiewende werden ernsthaft mit ihrer bisherigen Argumentation ins Schwitzen kommen. Abschließend werden die Ergebnisse mit andere Studie gegenübergestellt und in einer Karte die Nutzungspotenziale in Ecuador dargestellt.

Kapitel VI ist die Königsdisziplin. Nach einer kurzen Einführung in die Simulationsbedingungen folgen die Simulationsergebnisse, als mögliches Szenario für die optimale Energiewende in Ecuador. Anhand von mühevollen Erläuterungen der komplexen graphisch Darstellung beantwortet dieses Kapitel die Frage, wie die Energiewende im Zeitraum 2016 - 2035 gestaltet und umgesetzt werden kann.

Kapitel VII bringt die Ergebnisse der Simulation und der Potenziale für Ecuador zusammen in einem gemeinsamen gesellschaftlichen und politischen Maßnahmenkatalog, der alle Beteiligten auf politischer Ebene inkludiert und konkrete mögliche Lösungsansätze für eine notwendige Transformation vorschlägt – gefolgt von einem Schlusswort.

Kapitel VIII beinhaltet die geführten Interviews zu den Expertisen der InterviewpartnerInnen, die von einem persönlichen Statement über die Einschätzung der Entwicklung der globalen Situation abgerundet sind.

Kapitel IX beinhaltet das Einheiten-, Abkürzungs-, Abbildungs- und Quellverzeichnis.

Kapitel I – Basisinformation Ecuador

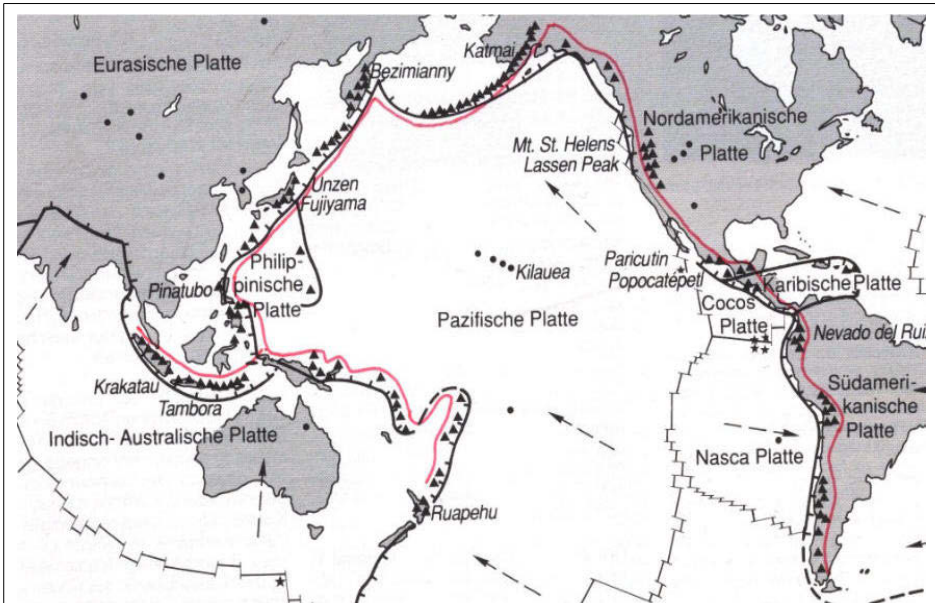
Kapitel I unternimmt einen Einstieg in die Grundaspekte der Studie zu Ecuador. Aus verschiedenen Themengebieten werden einführend Basisdaten über Geographie, Demographie, Landwirtschaft, Politik, Geschichte, Wirtschaft und Energieversorgung genannt. Sie sollen helfen, ein faktisches Gefühl für Ecuador, seiner Dimension und Verhältnis zu bekommen, um sich leichter in die folgenden Kapitel zu einzufinden. Für Ecuador-Kenner ist dies sicher nur eine Auffrischung, jedoch mit den aktuellsten Zahlen.

I.1 Geologie und Geographie

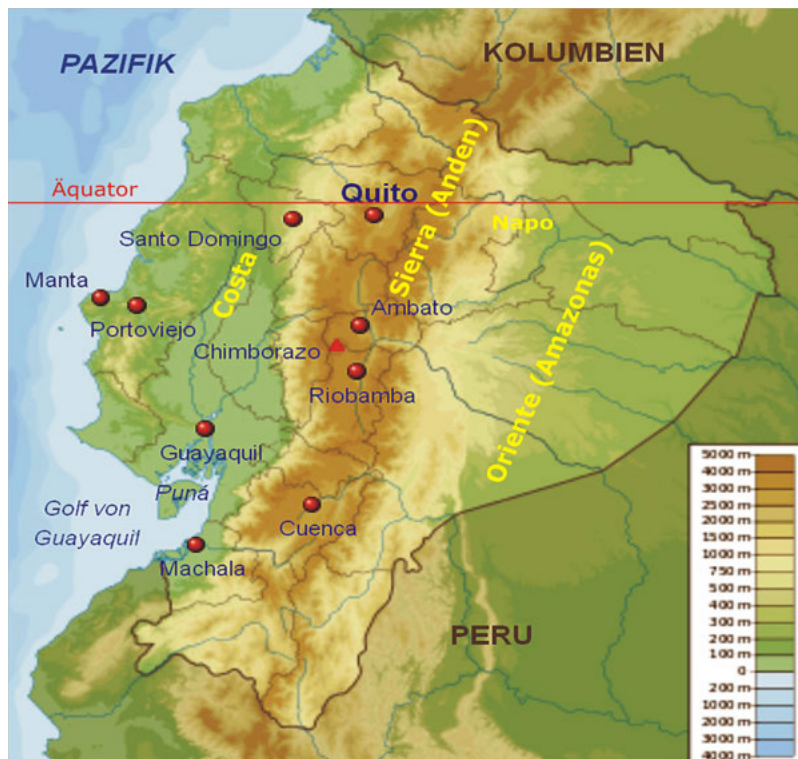
Das Gebiet, auf dem Ecuador konstituiert ist, weist eine Vielzahl geologischer und geographischer Besonderheiten auf. Die Anden (Karte I.1.2) teilen das Land von Nord nach Süd. Das rechtsseitige östlichste Gebiet ist der westliche Rand des Amazonasbeckens (< 400 Hm). Dieser 118.282 km² große Teil des Landes, Oriente genannt, ist fast vollständig von Regenwald bedeckt. Linksseitig der Anden breitet sich das küstennahe Tiefland der Costa zum Pazifischen Ozean mit bis zu 1.000 Hm auf einer Fläche von 66.760 km² aus. Hinzu kommt die ca. 1.000 km weiter östlich liegende Galapagos-Inselgruppe mit 8.218 km². Die Landfläche Ecuadors umfasst somit 256.370 km² [16][17][18]. Durch Subduktion der Nazca-Platten von ca. 9 cm/a haben sich die Anden an dieser Stelle bis auf über 6.267 Hm (Vulkan Chimburazo) [19] aufgetürmt. Dabei schiebt sich die Nazca-Platte mit ca. 4 - 5 cm/a ostwärts unter die südamerikanische Platte (Karte I.1.1, [20]) [21][22]. Das Gebiet des Hochlandes der Anden – Sierra – mit 55 Vulkanen umfasst eine Fläche von 63.110 km² und ist von Vulkanismus geprägt [23]. Diese geologisch sehr aktive Region ist teil des sogenannten „Feuerring“, der zwischen Neuseeland, Japan, USA, der Arktis und der Antarktis „aufgehängt“ ist. Während die ozeanische Pazifische Platte an der Antarktischen Platte noch stabilisiert wird, hat die Klimaerwärmung zunehmenden Einfluss auf die Druckverhältnisse in der Arktis (Nordamerikanische Platte). Gigantische Eismassen verlagern sich durch den stark beschleunigten Abtauvorgang vom Grönlandeisschild und verteilen sich durch den anthropogenen Klimawandel global in alle Meere [24]. Durch die Hebung Grönlands verändern sich die seit Jahrtausenden stabilen Kräfteverhältnisse. Dies beeinflusst die Bewegung am Feuerring in den Subduktionszonen. Damit könnten sich die zunehmende Häufung und Stärke der Erdbeben in Teilen von Indonesien und Singapur, aber vor allem in Japan 2011 und aktuell am 21. April 2016 in Ecuador in Zusammenhang bringen lassen. Im Abstand von zwei Tagen ereigneten sich schwere Erdbeben in Japan (7,3 Mag.) [25] und Ecuador (7,8 Mag.) [26]. Somit ist ein akuter Zusammenhang zwischen Klimawandel und geologischer Aktivität nicht mehr auszuschließen, der zudem messbare Auswirkungen auf Erdmagnetfeld und Erd-Rotationsachse hat [27]. Es ist anzunehmen, dass bei weiterem Anstieg der globalen Temperaturen von Luft

und Wassers zunehmend erhebliche Massenverschiebungen über dem antarktischen Eisschild in Gang setzen, wiederum die Regionen am Feuerring destabilisieren [28]. Die Zunahme der Häufigkeit und Stärke von Erdbeben und Vulkanismus in der Andenregion entlang der Westküste Südamerikas hat bereits jetzt spürbare Auswirkungen auch auf Ecuador, Peru und Chile. Diese geologische Besonderheit gibt Hinweise auf eine mögliche Nutzung von geothermischem Potenzial, das sich für Ecuador ergeben könnte. Die Nutzung wird jedoch dadurch erschwert, da dass mehrere Kilometer dicke Bergmassiv der Anden sich über den magmatischen Hot Spots aufgetürmt hat. Die aktive Tektonik erklärt das hohe Erdbebenrisiko mit Stärken von $> 0,5g$ in der gesamten Costa, einem 200 km Breite Streifen von Ecuador. Dies gilt ebenso für die nördliche Sierra. Nicht nur Gebäude, sondern auch fossile Kraftwerke, Wasserkraftwerke und Versorgungsnetze können direkt oder indirekt z.B. durch Erdbeben beschädigt werden. Elf aktive Vulkane stellen mit austretenden Lavaströmen und Ascheregen eine erhebliche Gefahr für die Versorgungssysteme und das Leben im Einzugsgebiet der nördlichen Sierra dar.[29] Grund hierfür ist der Verlauf der tektonischen Grenze zwischen der Südamerikanischen Platte und der kleineren Nördlichen Anden Platte direkt darunter. Diese verläuft unter den Anden von Kolumbien aus beginnend, über Guayaquil und endet im Golf von Guayaquil im spitzen Winkel an der Nazca Platte [30].

Kurz über der Hauptstadt Quito (Karte I.1.2) verläuft die Äquatorallinie, von der das Land auch seinen Namen erhalten hat. Daraus folgt, dass Ecuador einer der höchsten Leistung durch Sonneneinstrahlung von bis zu 1250 W/m^2 (Anden, Jan., 12 Uhr) aufweist. Die Tagesdurchschnittsstrahlungsleistung liegt bei $735,8 (+15, -10 \%) \text{ W/m}^2$ (auf N.N.) [31][32][33][34][35] und einer fast ganzjährigen Tag-Nacht-Gleiche mit nur maximal 3 Minuten Differenz in Quito (12h07' Tag) und 20 Minuten Differenz in Cuenca (12h12' Tag) Ende März und September [36].



Karte I.1.1: pazifischer Feuerring (rot), Antarktische Platte südlich davon,
Quelle: Wiki-User: Galileia CC BY-SA 3.0



Karte I.1.2: Ecuador: Topologie mit Höhenprofil, Einteilung und geographische Lage,
Quelle: Wikipedia OSM CC 3.0 [30], Stefan Golla 2016

I.2 Klima

Das Klima ist ganzjährig tropisch-humid, besonders in den Anden und im Amazonas, jedoch kalt-tropisch im Bergland und semi-humid im östlichen Tiefland mit Temperaturen bis 30 °C. Im Süden und an den Küsten regnet es nur 250 mm im Jahr, während im Norden das tropische Monsunklima bis zu 5.000 mm/a an den Westhängen der Anden und bis 6.000 mm/a an den Osthängen abregnen lässt. Im Hochland über 3.000 Hm ist es meist mit 250 mm/a und in Tallagen 2.000 mm/a Niederschlag trockener. Die Regenzeit ist vornehmlich im Winter von November/Januar bis Mai, mit geringen Niederschlägen an der nördlichen Westküste [37][38]. Verantwortlich dafür ist im Pazifik der dann beginnende Südostpassat [39] und der Humboldtstrom [40]. Sie bringen kalte Luft und Wassermassen aus der Antarktis an der Küste entlang zum Äquator, die von dort aus weiter nach Westen geschaufelt werden. In den Sommermonaten ist es daher eher im Nord-Osten feucht, während es ganzjährig eher kühl für die Äquatorialregion bleibt. Von Osten drückt der Südäquatorialstrom und Nord- und Südostpassat im Atlantik dagegen warm-feuchte Luftmassen über Brasilien an die Ostseiten der Anden, die sich ganzjährig hier abregnen. Neu sind, die sich verstärkenden Klimaereignisse des *El Nino* und *La Niña*, die im Herbst beginnend einen gigantischen Warmwasserstrom mit bis zu 1,5 °C wärmeren Wasser entlang des Äquators Richtung Südamerikas-Westküste im mehrjährigen Abstand drückt. Globale Auswirkungen bis ins Folgejahr mit katastrophalen Überschwemmungen, Dürren und Korallenbleiche sind die augenscheinlichsten Folgen. Diese Ereignisse haben einen erheblichen Einfluss auf Ecuadors Energie- und Landwirtschaft. Starkregen an der Costa und Dürren im Amazonas in den Jahren 1982/83, 1990 - 1994, 1997/98, 2002, 2009/2010, 2015/16 zeugen davon. Ebenso ist die Fischerei davon betroffen, da bei *El Nino* zu wenig kaltes Wasser mit Plankton aus der Antarktis, als Nahrungsgrundlage der Fische, durch den Meeresstrom nordwärts gefördert wird [41].

Die auftretenden starken Niederschläge sind vor allem an den Hängen im Norden der Sierra, dem nördlichen Amazonasgebiet und in der südlichen Costa-Region um die größte Stadt Guayaquil eine erhöhte Gefahr von Überschwemmungen und Erdbeben, die Infrastruktur wie Straßen, Gebäude, Kraftwerke, Pipelines und Stromtrassen beschädigen [17].